

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННОЙ ВОДОРОСЛИ *ENTEROMORPHA INTESTINALIS* (L.) LINK ИЗ ОБРАСТАНИЙ ПРИЧАЛОВ СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Изучена сезонная динамика химического состава зеленой водоросли *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link (белок, аминокислоты, свободные нуклеотиды, РНК, ДНК, кислоторастворимые, щелочерастворимые, трудногидролизующие углеводы, моносахариды и полисахариды, липиды, углеводороды, хлорофиллы "а" и "в", каротиноиды) из двух бухт Севастополя (Черное море) - Нефтегавани (загрязненный район) и Казачьей (условно чистой). Энтероморфа из Нефтегавани во все сезоны содержит больше свободных нуклеотидов, ДНК, РНК, липидов, углеводородов и пигментов, но отличается меньшим содержанием углеводов по сравнению с водорослями из б. Казачьей.

Зелёная водоросль *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link – один из массовых видов макрофитов, характерных для изолированных, загрязнённых и опреснённых участков моря, успешно развивающихся как на естественных грунтах - скалах, камнях, так и на искусственных сооружениях [4, 5, 7, 11, 13]. В последние десятилетия среда обитания морских водорослей испытывает значительную антропогенную нагрузку в виде загрязнений различной природы. Известно, что химический состав водорослей в течение года претерпевает заметные количественные изменения [2], однако в литературе нет сведений о сезонных изменениях комплекса органических веществ *E. intestinalis*. Целью работы явилось изучение сезонной динамики химического состава энтероморфы из бухт разной степени загрязнения.

Материал и методы. Материал (20 проб) собран в 1990 – 1991 гг., но только в настоящее время появилась возможность опубликовать полученные результаты. Ежемесячный отбор проб водорослей проводился из обрастаний причалов Нефтегавани (V уровень загрязнения донных осадков нефтепродуктами) и б. Казачьей (условно чистой) [10] в приповерхностном слое 0 - 30 см скребком с борта фелюги. Схема комплексного биохимического анализа гидробионтов, разработанная в отделе морской санитарной гидробиологии [8], позволяет из одной навески сухой ткани водоросли определить белковые соединения (БС) - белок, свободные аминокислоты, РНК, ДНК, свободные нуклеотиды; углеводные соединения (УС) – кислоторастворимые, щелочерастворимые, трудногидролизующие углеводы, моно- и полисахариды; липидно-углеводородный комплекс (ЛУВ) – липиды и углеводороды; сумму пигментов (ПИГ) – хлорофиллы "а" и "в", каротиноиды. Результаты статистически обработаны по критерию Стьюдента ($p=0,05$).

Результаты и обсуждение. Относительный состав суммарного органического вещества (СОВ) энтероморфы из двух бухт представлен в табл.1.

Таблица 1. Процентное содержание компонентов химического состава *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link из Нефтегавани (Н) и Казачьей (К) бухт

Table 1. Chemical components relative content of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link from Nefttegavan (H) and Kazachya (K) Bays

Компоненты	Лето 1990 г.		Осень 1990 г.		Зима 1990 - 1991 гг.		Весна 1991 г.	
	Н	К	Н	К	Н	К	Н	К
БС	41,5	43	54,6	30,4	43,9	52,2	48,9	36,1
УС	53,1	54	37,6	63,3	46,8	42,1	40,5	58,5
ЛУВ	4,9	2,8	6,6	5,5	7,8	5	10	5
ПИГ	0,5	0,2	1,2	0,8	1,5	0,7	0,6	0,4

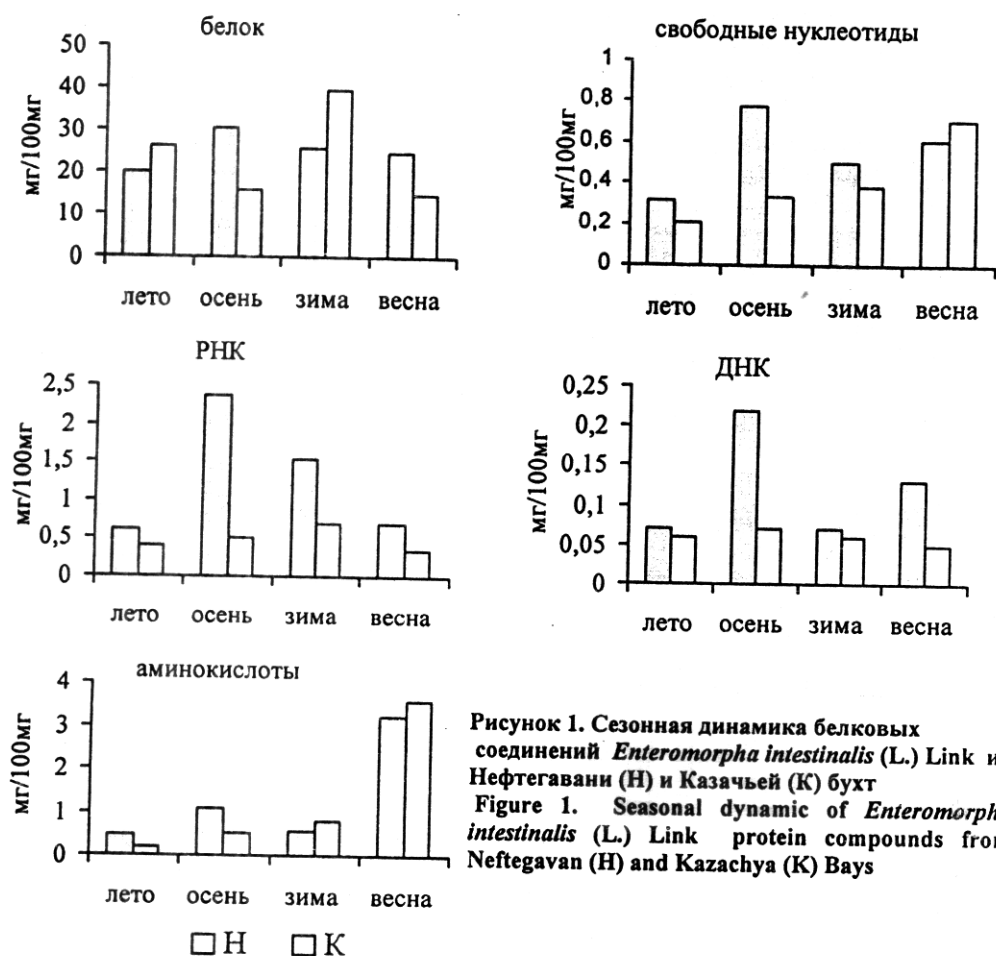
Доля БС в СОВ энтероморфы из Нефтегавани максимальна осенью – 54,6 %, из б. Казачьей – зимой 52,2 %. Характер сезонных изменений БС энтероморфы различен (рис.1). Количество аминокислот резко возрастает весной в водорослях из обеих бухт, что ранее было показано для зеленой водоросли *Ulva rigida* Ag. [12]. В энтероморфе из

условно чистой бухты белка летом в 1,3 раза, а зимой в 1,5 раза больше, чем из загрязненного района. В водорослях из Нефтегавани количество белка осенью увеличилось в 2 раза по сравнению с б. Казачьей. Осенью в энтероморфе из Нефтегавани наблюдалось максимальное количество свободных нуклеотидов, РНК и ДНК ($0,77 \pm 0,05$, $2,37 \pm 0,11$ и $0,22 \pm 0,05$ мг/100 мг сухого веса соответственно). В водорослях из б. Казачьей количество нуклеиновых кислот на протяжении сезонов практически не изменялось, также как и у ульвы [12]. Показатель РНК/ДНК, характеризующий интенсивность биосинтетических процессов и указывающий на токсическое воздействие на организм [9], имеет повышенные значения в водорослях из загрязненной бухты во все сезоны, за исключением весеннего периода (табл.2). В целом можно отметить, что в энтероморфе из загрязненной бухты содержится больше свободных нуклеотидов и нуклеиновых кислот.

Таблица 2. Сезонные изменения показателя РНК/ДНК *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link из Нефтегавани (Н) и Казачьей (К) бухт

Table 2. Seasonal changes of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link index RNA/DNA from Neftegavan (H) and Kazachya (K) Bays

Бухты	Лето 1990 г.	Осень 1990 г.	Зима 1990-1991 гг.	Весна 1991 г.
Н	8,9	10,8	21,9	5,3
К	6,7	7,4	11,8	7,2



В СОВ зеленых макроводорослей преобладают углеводы [1, 2, 12], что мы наблюдали в энтероморфе из условно чистой бухты. В талломах водорослей из загрязненного района углеводов больше только в летний и зимний периоды. Сезонные изменения отдельных фракций УС энтероморфы из двух бухт имеют схожий характер (рис.2). Наибольшее количество защитных углеводов (кислотная, щелочная и трудногидролизуемая фракции) содержится летом - 87 % от суммы углеводов в энтероморфе из Нефтегавани и 94,5 % из б. Казачьей. Количество углеводов, легко вступающих в обменные процессы (моно- и полисахариды), летом больше в энтероморфе из Нефтегавани, чем у водорослей из б. Казачьей (13 % суммы углеводов и 5,5 % соответственно). Подобную картину в содержании углеводов, выполняющих защитную и запасную функции, мы отметили ранее у ульвы [12]. В энтероморфе из загрязненного района наблюдается пониженное содержание углеводов по сравнению с водорослями из условно чистой бухты.

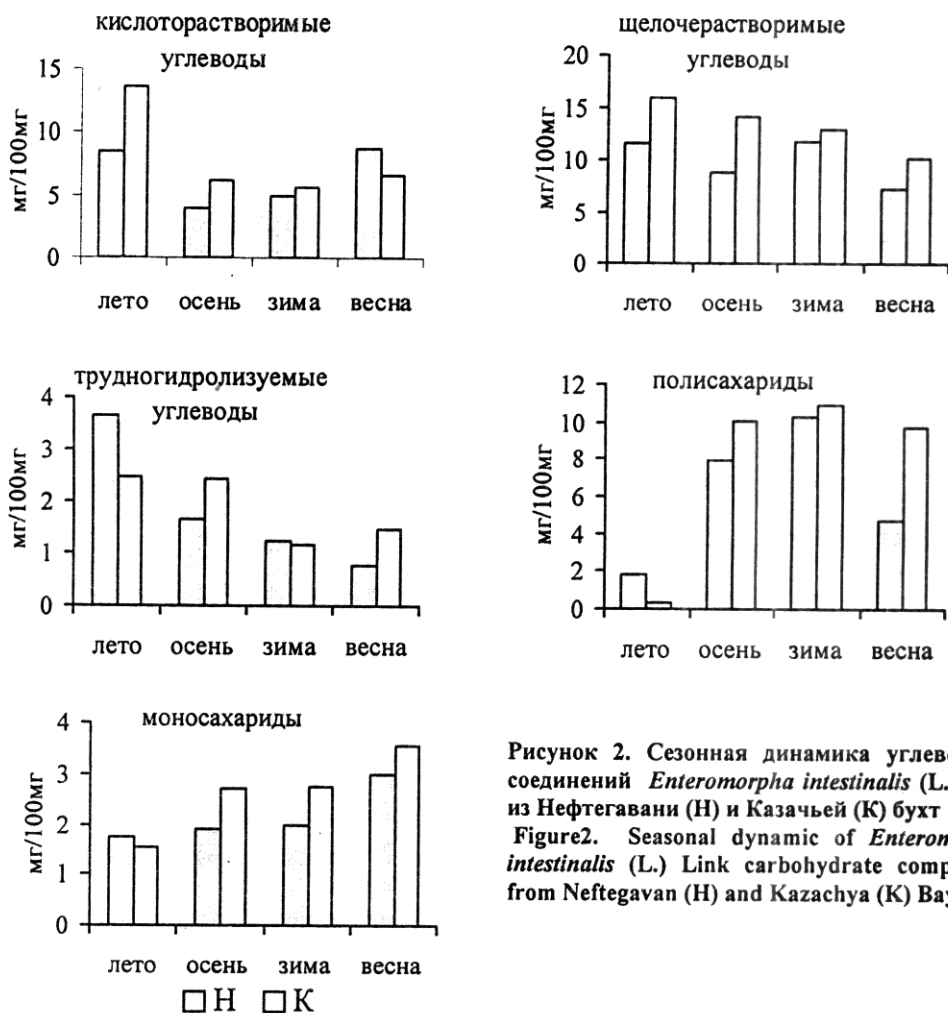


Рисунок 2. Сезонная динамика углеводных соединений *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link из Нефтегавани (Н) и Казачьей (К) бухт
Figure 2. Seasonal dynamic of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link carbohydrate compounds from Neftegavan (H) and Kazachya (K) Bays

ЛУВ составляет небольшую долю СОВ энтероморфы: от 2,8 до 5,5 % из условно чистой бухты и от 4,9 до 10 % из загрязненного района. Изменения количества липидов и углеводов по сезонам в водорослях из двух бухт имеют схожий характер (рис.3). Количество липидов в энтероморфе из Нефтегавани изменялось от $2,29 \pm 0,29$ летом до $4,21 \pm 0,40$ мг/100 мг сухого веса зимой, в водорослях из б. Казачьей - от $1,55 \pm 0,11$ до $3,30 \pm 0,23$ мг/100 мг сухого веса. Минимальное содержание углеводов в водорослях из обеих бухт отмечено летом, максимальное - весной (из Нефтегавани в 3,5 раза больше, чем из б. Казачьей). Известно, что водоросли в весенний период имеют

повышенную концентрацию углеводов, а виды водорослей, обитающие в чистых и загрязненных местах, существенно отличаются по содержанию и составу углеводов [3, 12]. В целом, во все сезоны в энтероморфе из загрязненной бухты количество липидов и углеводов больше, чем из условно чистой бухты.

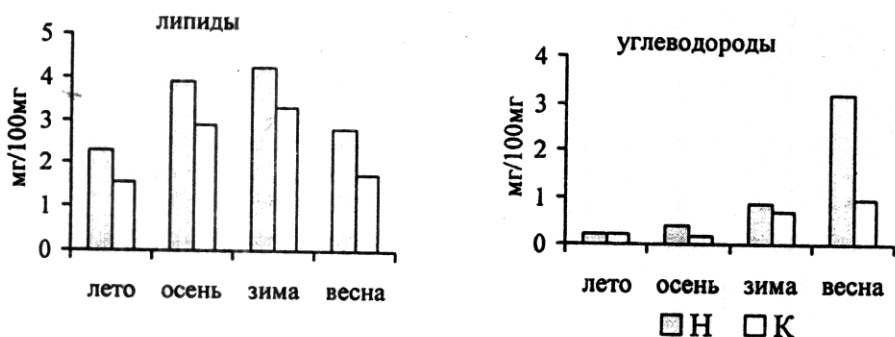


Рисунок 3. Сезонная динамика липидов и углеводов *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link из Нефтегавани (Н) и Казачьей (К) бухт

Figure 3. Seasonal dynamic of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link lipids and hydrocarbons quantity from Neftegavan (H) and Kazachya (K) Bays

Доля ПИГ в СОВ энтероморфы невелика - от 0,2 до 1,5 %. Количество хлорофилла "а" в водорослях из Нефтегавани изменялось от $0,11 \pm 0,01$ мг/100 мг сухого веса летом до $0,43 \pm 0,001$ зимой, из б. Казачьей от $0,05 \pm 0,01$ мг/100 мг сухого веса летом до $0,25 \pm 0,01$ зимой (рис. 4). Содержание хлорофилла "а" выше зимой, вероятно, как адаптация к пониженной интенсивности света [6, 12]. Характер сезонных изменений хлорофилла "в" и каротиноидов подобен таковому хлорофилла "а". Количество пигментов в водорослях из загрязненного района больше по сравнению с условно чистой бухтой.

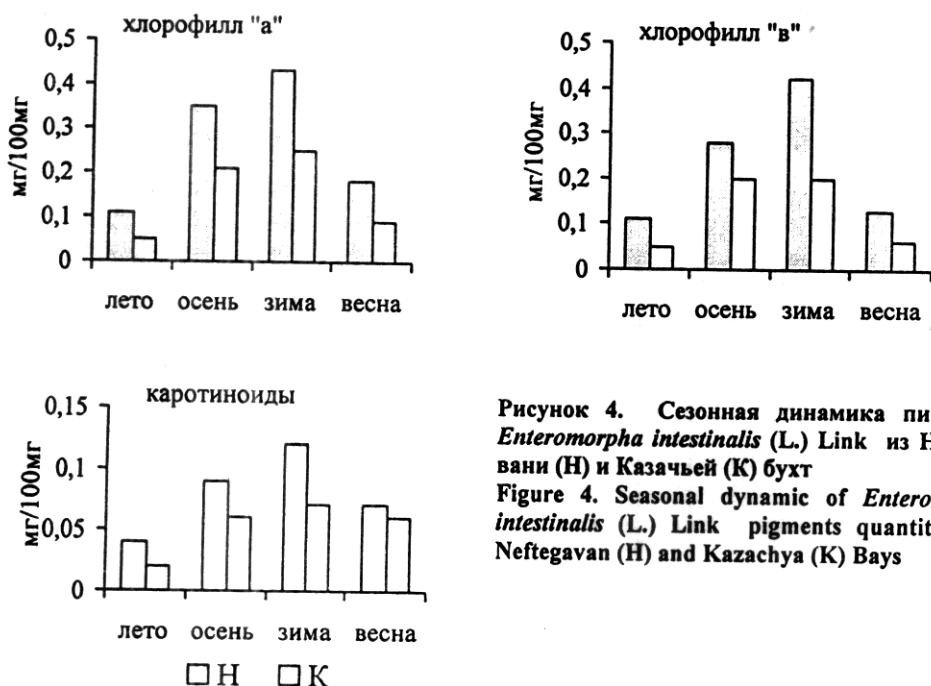


Рисунок 4. Сезонная динамика пигментов *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link из Нефтегавани (Н) и Казачьей (К) бухт

Figure 4. Seasonal dynamic of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link pigments quantity from Neftegavan (H) and Kazachya (K) Bays

Закключение. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии степени загрязнения акватории на химический состав энтероморфы. Так, в энтероморфе из загрязненного района во все сезоны отмечено повышенное содержание свободных нуклеотидов, РНК, ДНК, липидов, углеводов, хлорофиллов "а" и "в", каротиноидов. В летний период, когда обменные процессы в водорослях направлены на синтез углеводов, обеспечивающих их энергетические потребности, в энтероморфе из загрязненной бухты углеводов накапливается больше, чем в водорослях из условно чистой акватории - 13 % суммы углеводов из Нефтегавани, 5,5 % из б. Казачьей. Показатель РНК/ДНК имел повышенные значения в энтероморфе из загрязненного района, что может свидетельствовать об углеводородной интоксикации организма.

1. Алфимов Н. Н. Материалы к биохимии некоторых макрофитов Черного моря // Ботанический журн. - 1963. - 48, №1. - С. 132 - 135.
2. Барашков Г. К. Химия водорослей. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. - 142 с.
3. Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды / Под ред. О. Г. Миронова - Киев: Наук. думка, 1988. - 246 с.
4. Виноградова К. Л. Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР. - Л. Наука, 1974. - 165 с.
5. Евстигнеева И. К., Гринцов В. А. Количественное развитие и видовое разнообразие макроводорослей на искусственном субстрате в Черном море // Экология моря. - 2001. - Вып. 55. - С. 11 - 17.
6. Звалинский В. И., Лелеткин В. А. Нативное состояние фотосинтетических пигментов и фотосинтез в морских растениях / 1 съезд сов. океанологов: Тез. докл. - М., 1977. - Вып. 2. - С. 91.
7. Калугина - Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. - Киев: Наук. думка, 1975. - 248 с.
8. Копытов Ю. П., Дивавин И. А., Цымбал И. М. Схема комплексного биохимического анализа гидробионтов / Рациональное использование ресурсов моря - важный вклад в реализацию продовольственной программы: Материалы конф. Севастополь, 10 - 11 дек. 1984 г. - Севастополь, ч. 2. - 1984. - С. 227 - 231.
9. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Дивавин И. А. Санитарно-биологические исследования в Черном море. - С.-Пб.: Гидрометеонаиздат, 1992. - 115 с.
10. Миронов О. Г., Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. О предельно-допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Черного моря // Гидробиол. журн. - 1986. - 22, № 6. - С. 76 - 78.
11. Муравьева И. П. Особенности сезонной динамики макрофитообрастаний на причалах в бухтах Казачья, Артиллерийская и Нефтегавань / Морская санитарная гидробиология. Под ред. О. Г. Миронова. - Севастополь, ЭКОСИ - Гидрофизика, 1995. - С. 13 - 20.
12. Муравьева И. П. Химический состав *Ulva rigida* Ag из акваторий Севастополя (Черное море) разной степени загрязнения // Экология моря, 2002. - Вып. 59. - С. 74 - 79.
13. Kamer K., Fong P. A fluctuating salinity regime mitigates the negative effects of reduced salinity on the estuarine macroalga, *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. - 2000. - 254, 1. - P. 53 - 69.

Институт биологии южных морей НАН Украины,
г. Севастополь

Получено 06.02.2002

I. P. MURAVYOVA

CHEMICAL COMPOSITION OF GREEN ALGA *ENTEROMORPHA INTESTINALIS* (L.) LINK FROM THE SEVASTOPOL BAYS PIERS FOULINGS (THE BLACK SEA)

Summary

Seasonal changes of chemical structure (protein and carbohydrates fractions, lipids, hydrocarbons, pigments) of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link inhabiting Neftogavan and Kazachiya Bays (Sevastopol) are described. *E. intestinalis* from Neftogavan (polluted bay) contains more quantity of free nucleotides, DNA, RNA, lipids, hydrocarbons, pigments, but less quantity of carbohydrates in comparison with samples from Kazachya Bay (clean bay) during all seasons.