



УДК 574.587:574.21:577.118

В. Ф. Теюбова, биолог

Новороссийский учебный научно-исследовательский морской биологический центр в г. Новороссийске – филиал ГОУ ВПО «Кубанский Государственный Университет», г. Новороссийск, Россия

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ТАЛЛОМАХ ЦИСТОЗИРЫ (НОВОРОССИЙСКАЯ БУХТА, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Изучено содержание тяжёлых металлов (Pb, Zn и Cu) в разновозрастных талломах черноморских бурых водорослей *Cystoseira barbata* C. Ag. и *C. crinita* (Desf.) Vory из верхней сублиторальной зоны Новороссийской бухты. В талломах цистозеры до одного года обнаружены максимальные концентрации свинца, цинка и меди, в морфоструктурных элементах растений от 2 до 5 лет содержание тяжёлых металлов в среднем вдвое ниже и слабо варьирует. В ветвях цистозеры содержится больше свинца, в стволах – меди и цинка. Содержание Pb, Zn и Cu у обоих видов цистозеры уменьшается в градиенте хозяйственно-бытового загрязнения – от сильно загрязнённых акваторий к условно чистым. В качестве объектов-мониторов загрязнения прибрежных акваторий Чёрного моря тяжёлыми металлами рекомендовано использовать виды цистозеры с учётом их морфоструктурной организации и возраста талломов.

Ключевые слова: *Cystoseira barbata*, *C. crinita*, возраст, объект-монитор, тяжёлые металлы, Чёрное море.

В последние десятилетия наблюдается интенсификация освоения береговой зоны Чёрного моря, что способствует увеличению антропогенного пресса на прибрежную экосистему [22, 27]. В разных регионах черноморского бассейна, включая его северо-восточную часть, регистрируется повышение концентрации различных загрязнителей и тяжёлых металлов, что приводит к увеличению токсического воздействия на макроводоросли. Тем не менее, данные о содержании тяжёлых металлов в морских макрофитах и их концентрациях в воде и донных осадках малочисленны и отрывочны [1, 2, 3, 14, 15, 24, 25, 27]. Очевидно, что выявление видов-маркёров загрязнения акваторий тяжёлыми металлами является актуальным. Известно, что бурые водоросли – *Cystoseira barbata* C. Ag. и *C. crinita* (Desf.) Vory соответствуют требованиям, предъявляемым к таким организмам [4 – 7, 32, 33]. Их отличают широкий ареал и диапазон глубины произрастания, круглогодичная вегетация, высокая толерантность по отношению к воздействию ионов тяжёлых металлов, накопление которых в талломах водорослей прямо пропорционально их концентрации в воде, и, наконец, доступность сбора. Сведения о закономерностях накопления тяжёлых металлов цистозерой практически отсутствуют, при этом од-

ни авторы [17] рекомендуют при мониторинговых исследованиях использовать ветви цистозеры без учёта возраста таллома, а другие [5] – только стволы 3-4-летних талломов (например, *C. crinita*).

Целью настоящей работы явилось изучение содержания Pb, Zn и Cu в разновозрастных частях таллома черноморских видов *Cystoseira barbata* и *C. crinita*, выявление возможности их использования в биомониторинге прибрежных акваторий. Виды *Cystoseira* имеют высокий охранный статус в Европе [9, 18], что придаёт проведённым исследованиям, помимо экологического, ещё и природоохранное значение.

Материал и методы. Исследования выполнены в Новороссийской бухте на 4 участках с разным типом и уровнем антропогенной нагрузки (рис. 1). Отбор *C. barbata* и *C. crinita*, возраст которых варьировал от 6 мес. до 5 лет, проводили на глубине 0.5 м в весенний и летний периоды 2005 г. Содержание тяжёлых металлов (Pb, Cu и Zn) определяли в стволах и морфоструктурных элементах талломов обоих видов цистозеры.

В лабораторных условиях ствол и ветви последних порядков цистозеры сушили до воздушно-сухой массы, а затем в течение 1 ч доводили до

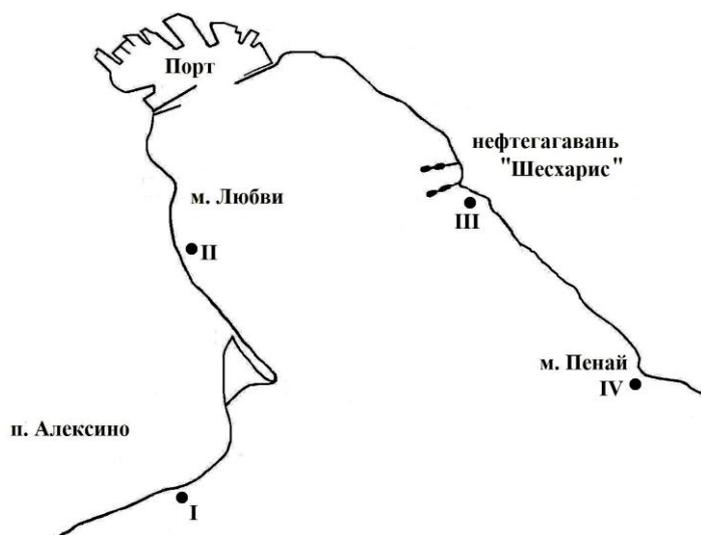


Рис. 1 Схема станций отбора проб *Cystoseira barbata* и *C. crinita* в прибрежной зоне Новороссийской бухты (глубина 0.5 м, 2005 г.). Участки: I – район глубоководного выпуска городского коллектора, II – зона стока городских неочищенных хозяйственно-бытовых и ливневых вод, III – у глубоководного выпуска очищенных сточных вод нефтебазы «Шеххарис», IV – условно чистая акватория

Fig. 1 Scheme of stations of sampling *Cystoseira barbata* and *C. crinita* in a coastal zone of the Novorossiysk bay (depth of 0.5 m, 2005).

Sites: I – area of deep-water exhaust of urban collector, II – urban area runoff of a untreated municipal and storm water, III – at deep-water exhaust of the cleared waste water of a tank farm «Shezharis», IV – relatively clean water area

абсолютно сухой массы при 100°C. После этого сразу отбирали навеску массой около 1 г с погрешностью 0.001 г. Пробы для анализа готовили методом сухой минерализации [26] в течение 6.5 ч при ступенчатом подъеме температуры до 500°C с последующим растворением и дожиганием при 130°C в концентрированной HNO₃ и 30 % H₂O₂. Определение содержания тяжелых металлов проводили методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на «Shimadzu AA660» с использованием эталонов ГСО 7877-2000, 7836-2000 и 7837-2000. Концентрации Pb, Cu и Zn рассчитывали в микрограммах на 1 г сухой массы цистозеры. Проанализировано 44 образца *C. barbata* и 56 – *C. crinita*.

Результаты. Оба вида цистозеры произрастают в Новороссийской бухте на глубинах от 0.3 – 0.5 до 15 – 20 м, наиболее плотные заросли характерны для верхней сублиторали – от 0.5 до 3 м [2, 12, 28]. Встречаемость, биомасса и численность, а также возрастной спектр ценопопуляций *C. crinita* значительно выше, чем у *C. barbata* [12, 29]. Оба вида цистозеры вегетируют круглый год с выраженным пиком в весенне-летний период и меньшим – осенью [12]. Вблизи верхней границы произрастания (глубина 0.5 м) встречаются преимущественно растения цистозеры, возраст которых колеблется от нескольких месяцев до 5 лет [2].

Черноморские виды цистозеры *C. barbata* и *C. crinita* относятся к многолетним и характеризуются сложной морфоструктурой.

Их таллом состоит из многолетнего ствола, возраст которого может превышать 20 лет, а также адвентивных и боковых ветвей 1 – 6 порядков, чей возраст варьирует от одного до 5 – 7 мес. [12, 13]. Ветви обычно полностью сменяются раз в год или чаще, в зависимости от экологических условий [31].

Рассмотрим особенности накопления тяжелых металлов в частях разновозрастных талломов исследуемых видов цистозеры.

Pb. Содержание свинца в стволах и ветвях *C. barbata* в апреле составляет 0.50 – 2.26 и 1.22 – 2.81, в июле – 0.17 – 3.51 и 0.10 – 27.52 мкг г⁻¹ сухой массы соответственно. В тех же морфоэлементах *C. crinita* содержание Pb составляет весной 0.11 – 1.80 и 0.74 – 3.28, летом – 0.73 – 5.05 и 0.74 – 10.54 мкг г⁻¹.

Максимальное содержание свинца отмечено в талломах цистозеры первого года жизни (рис. 2). У растений, возраст которых варьирует от 2 до 5 лет, оно в среднем вдвое ниже. В ветвях обоих видов накопление свинца выше, чем в стволах (в апреле – в 1.2 – 1.6 раза, а в июле – вдвое). Летом, в целом, концентрация Pb в талломах цистозеры выше в 1.5 – 2 раза, чем весной. Более высокое содержание свинца наблюдается в растениях из зоны хозяйственно-бытового загрязнения (I и II участки), в других районах оно более чем вдвое ниже (рис. 2, табл. 1).

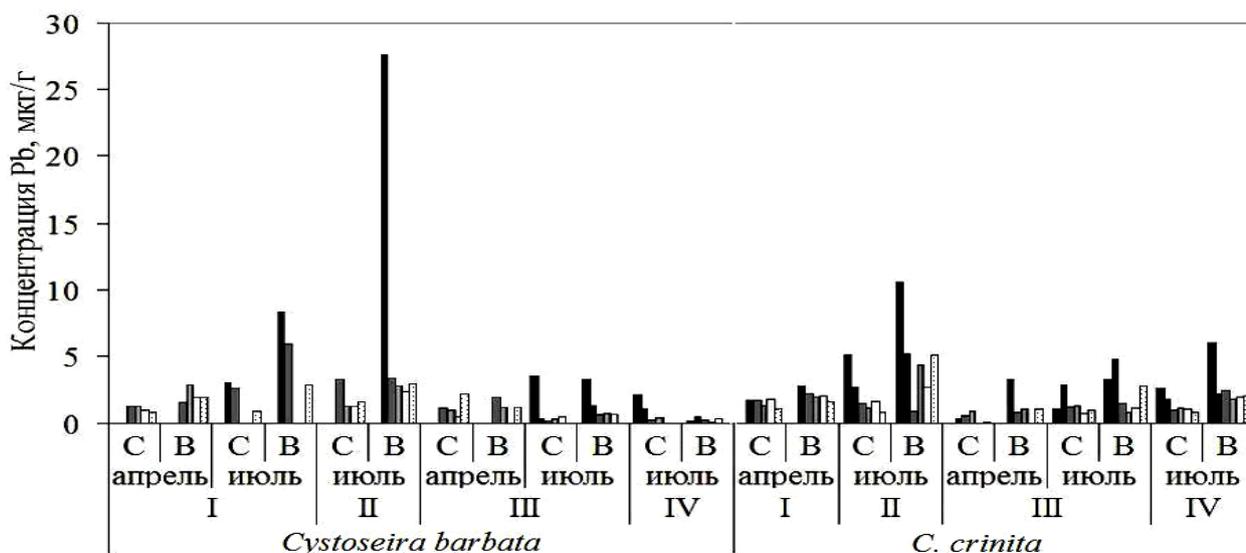


Рис. 2 Содержание Pb в талломах *Cystoseira barbata* и *C. crinita* в прибрежной зоне Новороссийской бухты (глубина 0.5 м, весна – лето 2005): С – ствол, В – ветви; I, II, III, IV – участки отбора проб (см. рис. 1); возраст таллома: ■ - 0,5, ■ - 1, ■ - 2, ■ - 3, □ - 4, □ - 5

Fig. 2 Pb contents in thalli *Cystoseira barbata* and *C. crinita* in a coastal zone of the Novorossiysk bay (depth of 0.5 m, spring – summer 2005): С - steam, В - branches; I, II, III, IV - sites of sampling (see fig. 1); age of thalli: ■ - 0,5, ■ - 1, ■ - 2, ■ - 3, □ - 4, □ - 5.

Табл. 1 Средние значения содержания Pb, Cu и Zn ($\text{мкг} \cdot \text{г}^{-1}$) в частях талломов *Cystoseira barbata* и *C. crinita* из разных районов Новороссийской бухты (глубина 0.5 м, июль 2005 г.)

Table 1 Average values of Pb, Cu and Zn contents ($\text{mkg} \cdot \text{g}^{-1}$) in parts of *Cystoseira barbata* and *C. crinita* thalli from different areas of the Novorossiysk Bay (depth of 0.5 m, July, 2005)

Металл	Части таллома	<i>Cystoseira barbata</i>				<i>Cystoseira crinita</i>		
		I*	II	III	IV	II	III	IV
Pb	ствол	1.76±0.88	1.87±0.48	0.30±0.07	0.20±0.12	1.25±0.19	1.06±0.13	0.99±0.08
	ветви	4.35±1.54	2.86±0.21	0.63±0.02	0.19±0.05	3.25±0.94	1.52±0.44	2.08±0.15
Cu	ствол	6.28±0.58	9.79±0.82	5.36±0.41	2.72±0.44	11.28±1.6	7.62±0.87	4.28±0.91
	ветви	9.78±2.65	9.09±1.22	2.15±0.38	2.42±0.03	6.37±1.9	3.64±1.15	3.89±1.09
Zn	ствол	31.7±0.8	45.7±1.9	768.1±478.9	95.0±51.1	81.4±6.4	57.9±7.6	39.3±8.4
	ветви	25.3±1.5	43.5±5.7	935.6±478.5	212.2±114.7	35.5±4.9	24.2±2.8	32.8±6.6

Примечание: участки I – IV как на рис. 1.

Cu. Концентрация меди в стволах и ветвях *C. barbata* в апреле изменяется от 3.87 до 7.47 и от 2.92 до 4.36, а в июле – от 2.08 до 45.59 и от 1.43 до 11.95 $\text{мкг} \cdot \text{г}^{-1}$ соответственно. Для *C. crinita* диапазон содержания Cu в стволах и ветвях колеблется весной от 3.06 до 11.85 и от 2.12 до 13.59, летом – от 2.97 до 66.2 и от 2.05 до 17.91 $\text{мкг} \cdot \text{г}^{-1}$ соответственно.

Максимальная концентрация меди, как и свинца, зарегистрирована в морфоструктурных элементах цистозеры первого года жизни (рис. 3). Её содержание в растениях от 2 до 5

лет почти вдвое ниже. При этом в стволах обоих видов цистозеры отмечено наибольшее накопление Cu, в ветвях оно меньше: в 1.3 – 1.5 раза весной и в 1.5 – 2 раза летом (рис. 3). Анализ полученных данных по распределению меди в талломах *C. barbata* и *C. crinita* в весенне-летний период показал, что в стволах 2-5-летних растений оно отличается незначительно, а в ветвях существенно варьирует: летом по сравнению с весной вдвое выше на I участке и в 1.5 раза ниже на III. В целом, содержание Cu в обоих видах цистозеры уменьшается по

направлению от загрязнённых акваторий к условно чистым (рис. 3, табл. 1).

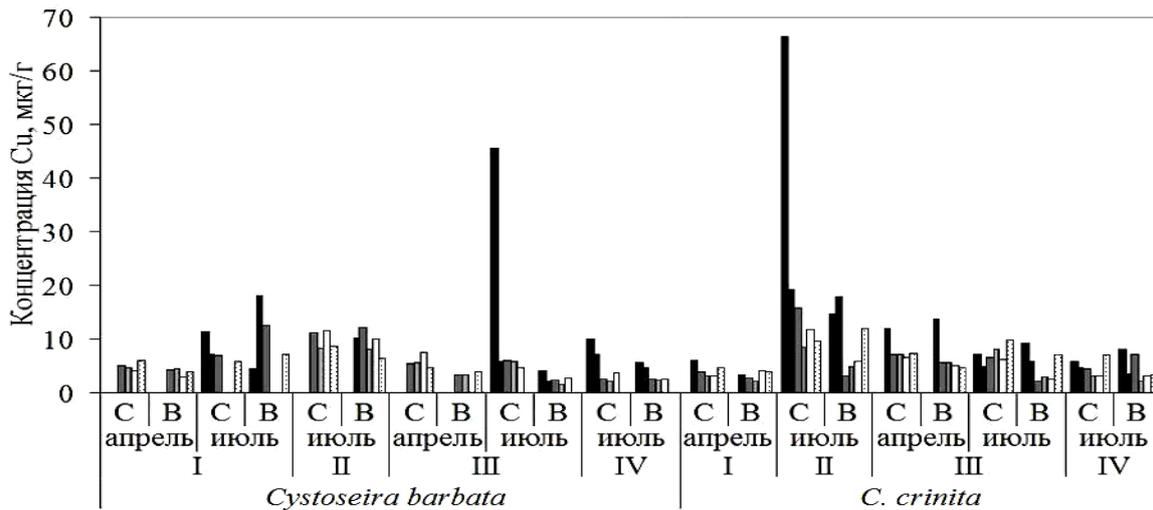


Рис. 3 Содержание Cu в талломах *Cystoseira barbata* и *C. crinita* в прибрежной зоне Новороссийской бухты (глубина 0.5 м, весна – лето 2005). Условные обозначения как на рис. 2

Fig. 3 Cu contents in *Cystoseira barbata* and *C. crinita* thalli along coastal zone of the Novorossiysk Bay (depth of 0.5 m, spring – summer 2005). Symbols as in fig. 2

Zn. Значения концентрации цинка в стволах и ветвях *C. barbata* варьируют в апреле от 31.74 до 142.23 и от 22.25 до 188.16 мкг г⁻¹ соответственно, в июле – от 13.57 до 2464.6 и от 19.96 до 1805.11 мкг г⁻¹. В стволах и ветвях *C. crinita* изменение содержания Zn менее выражено как весной, так и летом, – 25.91 – 163.1 мкг г⁻¹. Наиболее высокое содержание цинка выявлено, в основном, у растений одного года и 5 лет.

Если в апреле в частях талломов обоих видов цистозире концентрация Zn сходна, то в

июле в ветвях отмечено её снижение в среднем в 1.5 – 2 раза при слабоизменяющейся в стволах (рис. 4). В морфоструктурных элементах разновозрастных талломов *C. crinita* наблюдается тенденция к уменьшению накопления цинка в направлении от загрязнённых акваторий к условно чистым. У *C. barbata* такая закономерность отсутствует, поскольку выявлены аномально высокие значения Zn в некоторых пробах на III и IV участках (рис. 4, табл. 1).

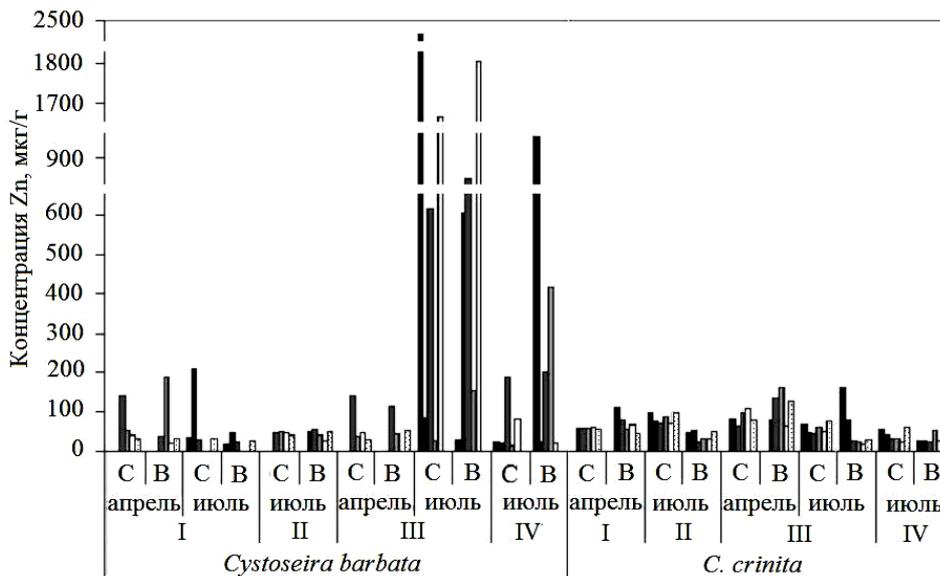


Рис. 4 Содержание Zn в талломах *Cystoseira barbata* и *C. crinita* в прибрежной зоне Новороссийской бухты (глубина 0.5 м, весна - лето 2005). Условные обозначения как на рис. 2

Fig. 4 Zn in thalli of *Cystoseira barbata* and *C. crinita* in a coastal zone of the Novorossiysk Bay (depth of 0.5 m, spring - summer 2005). Symbols as in fig. 2

Обсуждение. Анализ полученных данных показал, что изменение концентрации тяжёлых металлов в стволах и ветвях обоих видов цистозеры выражено следующей закономерностью $Pb < Cu < Zn$. Наибольшее содержание свинца и меди, реже цинка, отмечено в талломах возрастом до 1 года независимо от района произрастания. В ветвях и стволах растений от двух до пяти лет концентрация металлов в среднем в 2 – 3 раза ниже и её варьирование невелико (рис. 2 – 4). Сходная закономерность выявлена ранее для разновозрастных слоевищ *C. crinita* у берегов Кавказа и Крыма [5]. Возможно, высокое содержание Pb, Cu и Zn в талломах цистозеры первого года жизни обусловлено более высокой долей углеводов, среди которых преобладают легкогидролизуемые (63 % общего количества углеводов), тогда как в растениях более старшего возраста – трудногидролизуемые (55 – 68 %) [8].

Сходное содержание тяжёлых металлов в морфоструктурных элементах талломов цистозеры от 2 до 5 лет отражает, по-видимому, их концентрацию в водной среде. При этом коэффициент биологического накопления тяжёлых металлов в макроводорослях зависит от многих параметров, таких как метаболическая активность и скорость роста водорослей, биохимический состав морфоструктурных элементов таллома и т.п. [32, 33].

Согласно полученным нами данным, в разных частях талломов видов *Cystoseira* накопление тяжёлых металлов существенно варьирует. Так, содержание Pb обычно выше в ветвях цистозеры, а Cu и Zn – в стволах, причём наибольшее различие наблюдается в июле (в 1.5 – 2 раза), а в апреле оно менее выражено (в 1.1 – 1.3 раза). Корреляционный анализ между содержанием тяжёлых металлов в стволах и ветвях *C. barbata* и *C. crinita* показал различную степень взаимосвязи. Значимые коэффициенты корреляции (при $p = 0.05$) выявлены для Pb в обоих видах цистозеры летом ($r = 0.74 - 0.82$) и для Cu в *C. crinita* в апреле и июле ($r = 0.90$ и 0.58 соответственно).

В целом, накопление тяжёлых металлов незначительно выше у *C. crinita* по сравнению с *C. barbata* (рис. 2 – 4).

Особенности накопления тяжёлых металлов в разновозрастных частях таллома цистозеры, вероятно, обусловлены, помимо сезонных отличий их роста, неодинаковым биохимическим составом морфоструктурных элементов. Эту гипотезу косвенно подтверждают данные по неоднородному распределению тяжёлых металлов в различных биохимических фракциях таллома цистозеры [16, 23, 30]. Так, основное количество Pb, Cu и Zn у *C. barbata* связано с полисахаридами (90, 38 и 76 % соответственно); довольно высокое содержание Cu и Zn обнаружено также в липофильной фракции (35 и 14 %), а меди – помимо этого, и в белковой (14 %) [30].

Анализ содержания Pb, Cu и Zn в черноморских видах цистозеры из различных участков Новороссийской бухты показал, что закономерности их накопления в разновозрастных талломах и морфоструктурных элементах сходны, но концентрация зависит от типа и степени комплексного загрязнения акваторий. Так, в стволах и ветвях *C. crinita* обнаружена тенденция к снижению содержания металлов по направлению от загрязнённых участков к условно чистым, а у *C. barbata* эта особенность выявлена только для Pb и Cu. Известно, что Zn и Cu относятся к жизненно важным для живых организмов, в том числе и морских, микроэлементам, тогда как Pb к таковым не относится [10, 11, 34]. При этом считается, что наиболее выраженное токсическое воздействие на гидробионты оказывают соединения меди, а наименее – свинца [34].

В талломах *C. barbata* зафиксированы аномально высокие концентрации Zn, что вероятно, является артефактом. По нашему мнению, это может быть связано со строением и особенностями корового слоя ствола и ветвей *C. barbata*, их более выраженной шероховатостью по сравнению с *C. crinita* [13], что, в свою очередь, благоприятствует оседанию взвеси,

прикреплению и развитию эпифитирующих микро- и макроводорослей, эпибентоса и других гидробионтов. При этом взвесь, диатомовая плёнка и мелкие обрастатели, которых практически невозможно отделить от таллома, способствуют концентрированию цинка в *C. barbata* путём сорбции [6, 32]. Повышение концентраций Zn в цистозире может быть также результатом вторичного загрязнения из-за взмучивания грунтов. Во всяком случае, на участках, где выявлены аномальные концентрации цинка в цистозире, его содержание в донных отложениях выше, чем в других районах, в 7 – 170 раз, достигая $1687.5 \text{ мкг г}^{-1}$ [15].

Выявленные особенности накопления тяжёлых металлов в разновозрастных морфоструктурных частях цистозеры дополняют полученные ранее данные [5, 17, 21] и расширяют наши представления об их функциональной роли. Сравнение абсолютных значений концентраций тяжёлых металлов в талломах *C. barbata* и *C. crinita* с данными других исследователей затруднено, поскольку сведения об их содержании приведены в основном без учёта возраста растений. Тем не менее, диапазон варьирования и средние значения концентрации тяжёлых металлов, обнаруженные в цистозире из Новороссийской бухты, сходны с таковыми, зарегистрированными у берегов Турции, Болгарии, Румынии и Крыма за последние 10 – 15 лет [20, 35 – 38]. У берегов Крыма около 25 лет назад в талломах цистозеры было выявлено более высокое содержание Pb и Cu (в 1.5 и 2 – 5 раза соответственно) [7, 16, 17, 19], чем нами у растений из Новороссийской бухты. Аномально высокие концентрации Zn, обнаруженные нами в *C. barbata* ($416 – 2464 \text{ мкг г}^{-1}$), в других районах Чёрного моря не зафиксированы. Так, накопление цинка у *C. barbata*, произрастающей на азиатском побережье в районе Синопской бухты, на порядок ниже (191.5 мкг г^{-1} сухой массы) [37, 38], чем у растений из Новороссийской бухты.

Если причиной упомянутой выше аномально высокой концентрации Zn в талломах

C. barbata послужила взвесь, то этот вид может, вероятно, может служить индикатором содержания тяжёлых металлов во взвешенной форме в том случае, если их накопление значительно выше, чем у *C. crinita*.

Таким образом, при мониторинге загрязнения прибрежных акваторий Чёрного моря тяжёлыми металлами с использованием видов цистозеры в качестве объект-мониторов для получения более точных результатов необходимо отдельно исследовать растения первого года жизни, а также стволы и ветви последних порядков растений 2-5-летнего возраста. Предпочтительным объектом биомониторинга тяжёлых металлов в прибрежных акваториях является *C. crinita*, поскольку этот вид обладает рядом свойств по сравнению *C. barbata*: доминирование в верхней сублиторальной зоне, менее выраженное эпифитирование, полночленная структура ценопопуляций и более высокая способность к накоплению тяжёлых металлов.

Выводы. 1. Накопление тяжёлых металлов в разновозрастных растениях, в том числе в стволах и ветвях, черноморских бурых водорослей *Cystoseira barbata* и *C. crinita*, произрастающих в верхней сублиторали Новороссийской бухты на глубине 0.5 м, существенно различается и описывается закономерностью $\text{Pb} < \text{Cu} < \text{Zn}$. **2.** Максимальные концентрации Pb и Cu, реже Zn, выявлены у *C. barbata* и *C. crinita* первого года жизни, по сравнению с талломами от 2 до 5 лет, для которых характерно сходное накопление тяжёлых металлов. Накопление свинца выше в ветвях, а меди и цинка – в стволах, что, вероятно, связано с особенностями биохимического состава видов цистозеры. **3.** Наибольшее варьирование значений концентраций Pb, Cu и Zn в различных морфоструктурных элементах выявлено летом по сравнению с весенним периодом. **4.** Концентрация тяжёлых металлов в талломах обоих видов цистозеры отличается незначительно. Её более высокие значения отмечены в *C. crinita*, за исключением аномальных значений Zn в *C. barbata* из некоторых участков бухты.

5. Для *C. crinita* выявлена тенденция к снижению содержания всех исследуемых металлов в стволах и ветвях по направлению от загрязнённых участков Новороссийской бухты к условно чистым, тогда как у *C. barbata* такая закономерность обнаружена только для цинка и меди.

6. При биомониторинге состояния прибрежных акваторий Чёрного моря с применением в качестве объект-мониторинга видов цистозире рекомендовано использовать растения 2-5-

летнего возраста, включая их морфоструктурные элементы (ствол и ветви последних порядков). Предпочтительным объектом-мониторингом является *C. crinita*, по сравнению с *C. barbata*, что обусловлено её превалированием в верхней сублиторальной зоне, менее выраженным эпифитированием, полночленной структурой ценопопуляций и более высокой способностью к накоплению тяжёлых металлов.

1. Алексеев В. А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка: Монография. – М.: Унив-ская книга, Логос. 2006. – 520 с.
2. Афанасьев Д. Ф. Структура и продуктивность макрофитобентоса северо-кавказского шельфа Черного моря: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2004. – 25 с.
3. Афанасьев Д. Ф., Корпакова И. Г. Макрофитобентос российского Азово-Черноморья. – Ростов н/Д: ФГУП АЗНИИРХ, 2008. – 291 с.
4. Бурдин К. С. Основы биологического мониторинга. – М.: МГУ, 1985. – 158 с.
5. Бурдин К. С., Гусев М. В., Крупина М. В. и др. Изучение возможности использования макроводоросли *Cystoseira crinita* в качестве организмов-мониторинга загрязнения Черного моря тяжелыми металлами // Вестник Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. – 1980. – № 3. – С. 3 – 10.
6. Бурдин К. С., Золотухина Е. Ю. Тяжелые металлы в водных растениях (аккумуляция и токсичность). – М.: Диалог МГУ, 1998. – 202 с.
7. Бурдин К. С., Крупина М. В., Савельев И. Б. Макроводоросли Черного моря как объекты для биогеохимического мониторинга тяжелых металлов / В.Д. Федоров. Человек и биосфера. – 1982. – Вып. 7 – С. 139 – 149.
8. Довгань И. В., Медведева Е. И. Гистохимическое изучение бурой водоросли *Cystoseira barbata* Good et Wood Ag. различного возраста // Гидробиол. журн. – 1982. – 17, № 5. – С. 95 – 99.
9. Заика В. Е., Болтачев А. Р., Зуев Г. В. и др. Флористические и фаунистические изменения на Крымском шельфе Черного моря после 1995-1998 гг. // Морск. экол. журн. – 2004. – 3, № 2. – С. 37 – 44.
10. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов. Справочник. Книга 3. Редкие p-элементы. – М.: Недра, 1996. – 353 с.
11. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов. Справочник. Книга 4. Главные d-элементы. – М.: Экология, 1996. – 409 с.
12. Калугина-Гутник А. А. Макрофитобентос Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1974. – 248 с.
13. Калугина-Гутник А. А. Некоторые особенности развития черноморской цистозире (*Cystoseira barbata* и *C. crinita*) // Ботан. журнал. – 1973. – 58, № 1. – С. 20 – 32.
14. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник. 2005. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2008. – 166 с.
15. Круглякова Р. П., Курилов П. И. Тяжелые металлы в воде и донных осадках Новороссийской бухты / Геоэкологические исследования и охрана недр. Научн.-техн. информ. сб. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. – Вып. 2. – С. 20 – 30.
16. Лазоренко Г. Е., Празукин А. В., Хайлов К. М. Влияние бытовых сточных вод на распределение ряда металлов в черноморской бурой водоросли *Cystoseira crinita* (Desf.) Bory // Экология. – 1985. – № 2. – С. 82 – 85.
17. Маслов И. И. Донная растительность Южного берега Крыма, ее рациональное использование и охрана: автореф. дис... канд. биол. наук. – Ялта, 1985. – 22 с.
18. Мильчакова Н. А. Региональные аспекты разнообразия флоры черноморских макрофитов // Морск. экол. журн. – 2007. – 6, № 1. – С. 44 – 54.
19. Молчанов Е. Ф., Маслов И. И., Ткаченко Ф. П. Влияние загрязнения моря на содержание поливалентных металлов у массовых видов водорослей-макрофитов Черного моря // Влияние антропогенных изменений окружающей среды на наземные и морские экосистемы Крыма. Сб. науч. трудов / Под ред. Е.Ф. Молчанова. – Ялта, 1988. – 104. – С. 83 – 92.
20. Остроумов С. А., Демина Л. Л. Экологическая биогеохимия и элементы (As, Co, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Cr) в цистозире и биогенном детрите в морской модельной экосистеме: определение методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) // Экологические системы и приборы. – 2009. – № 9. – С. 42 – 45.
21. Парчевский В. П., Празукин А. В., Попов А. С. и др. Изучение влияния городских сточных вод на популяционные и организменные параметры черноморской бурой водоросли *Cystoseira crinita*

- ta* (Desf.) Vory // Вестник Моск. ун-та. Сер. 16, Биология. – 1985. – № 2. – С. 32 – 38.
22. Патин С. А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. – М.: Изд-во ВНИРО, 1997. – 350 с.
 23. Рындина Д. Д., Поликарпов Г. Г. Распределение ряда химических элементов в биохимических фракциях черноморской бурой водоросли *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.) Ag. // Гидробиол. журн. – 1983. – 19, № 15. – С. 79 – 84.
 24. Сабурин М. Ю. Фитоценозы черноморской цистозир: структура, восстановление и перспективы использования: автореф. дисс... канд. биол. наук. – М., 2004. – 20 с.
 25. Сапожников В. В., Горюнова В. Б., Старцева А. И. и др. Опыт совместного анализа загрязняющих веществ и распределения гидрохимических параметров (на примере шельфовых вод Черного моря) // Океанология. – 2002. – 42, № 3. – С. 378 – 383.
 26. Сырье и продукты пищевые. Методы определения токсичных элементов. ГОСТ 26929-86, ГОСТ 26927-86, ГОСТ 26928-86, ГОСТ 26930-86, ГОСТ 26935-86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 87 с.
 27. Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря / Под ред. И. Ф. Глумова, М. В. Кочеткова. – М.: Недра, 1996. – 502 с.
 28. Теюбова В. Ф. Макрофитобентос Новороссийской бухты Черного моря в условиях антропогенного воздействия // Современные проблемы альгологии: Мат. межд. научн. конф. и VII школы по морской биологии (Ростов-на-Дону, 9-13 июня, 2008). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – С. 362 – 364.
 29. Теюбова В. Ф. Особенности межгодовой динамики видового состава и структуры макрофитобентоса в бухте Новороссийская (Черное море) // Экология моря. – 2005. – Вып. 69. – С. 53 – 57.
 30. Тропин И. В. Таксономические и экологические закономерности распределения металлов в биохимических фракциях талломов бурых водорослей Phaeophyta // Океанология. – 1996. – 36, № 1. – С. 86 – 92.
 31. Хайлов К. М. Комплексная адаптация цистозир к градиентным условиям: научные и прикладные проблемы. – Киев: Наук. думка, 1985. – 216 с.
 32. Христофорова Н. К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. – Л: Наука, 1989. – 192 с.
 33. Христофорова Н. К. Подбор основных параметров при использовании макрофитов как индикаторов состояния среды // III Всесоюз. совещ. по морской альгологии-макрофитобентосу (Киев, октябрь, 1979 г.). – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 125 – 126.
 34. Эйхенбергер Э. Взаимосвязь между необходимостью и токсичностью металлов в водных экосистемах / Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 1993. – С. 62-87.
 35. Lupsor S., Stanciu G., Epure D. etc. Heavy metals and pesticides analysis from Black sea algae // Exposure and Risk Assessment of Chemical Pollution – Contemporary Methodology. Springer Netherlands, 1999. – P. 431 – 437.
 36. Strezov A., Nonova S. Monitoring of Fe, Mn, Cu, Pb and Cd levels in two brown macroalgae from the Bulgarian Black sea coast // Intern. J. Environ. Anal. Chem. – 2003. – 83, № 12. – P. 1045 – 1054.
 37. Topcuoğlu S., Güven K.C., Balkis N. etc. Heavy metal monitoring of marine algae from the Turkish coast of the Black sea, 1998-2000 // Chemosphere. – 2003. – № 52. – P. 1683 – 1688.
 38. Topcuoğlu S., Kirbaşoğlu Ç., Balkis Nuray. Heavy metal concentrations in marine algae from the Turkish Coast of the Black Sea, during 1979-2001 // J. Black Sea Mediterranean Environment. – 2004. – 10. – P. 21 – 44.

Поступила 29 марта 2011 г.

Особливості накопиченні важких металів в різновікових таломіх цистозіри (новоросійська бухта, Чорне море). В. Ф. Теюбова. Вивчено вміст важких металів (Pb, Zn і Cu) у різновікових таломіх чорноморських бурих водоростей *Cystoseira barbata* С. Ag. і *C. crinita* (Desf.) Vory, які ростуть у верхній субліторальній зоні Новоросійської бухти. В таломі цистозіри до одного року виявлені максимальні концентрації свинцю, цинку і міді, а в морфоструктурних елементах рослин від 2 до 5 років вміст важких металом в середньому вдвічі нижче й слабо варіює. В гілках цистозіри міститься більше свинцю, тоді як в стовбурах - міді та цинку. Відзначено тенденцію зменшення вмісту Pb, Zn і Cu у обох видів цистозіри в градієнті господарсько-побутового забруднення - від сильно забруднених акваторій до умовно чистих. В якості об'єктів-моніторів забруднення прибережних акваторій Чорного моря важкими металами рекомендовано використовувати види цистозіри з урахуванням їх морфоструктурної організації та віку таломів.

Ключові слова: *Cystoseira barbata*, *C. crinita*, вік, об'єкт-монітори, важкі метали, Чорне море

Features of the accumulation of heavy metals in thalli of different ages of species *Cystoseira* (the Novorossiysk Bay, the Black Sea). V. F. Teyubova. The contents of heavy metals (Pb, Zn and Cu) in different age thalli of brown algae *Cystoseira barbata* C. Ag. and *C. crinita* (Desf.) Bory, growing in the upper sublittoral zone of the Novorossiysk Bay are studied. In thalli of *Cystoseira* till one year the maximal concentration of lead, zinc and copper are found out. In morphostructural elements of plants from 2 till 5 years the content of heavy metal on the average twice below and slightly varies. In branches of *Cystoseira* contains more lead, in trunks contains more copper and zinc. The tendency of decrease of content Pb, Zn and Cu at both species of algae in a gradient from highly polluted to clean water areas is noted. As objects-monitors of pollution of coastal water areas of the Black sea with heavy metals is recommended to use species of algae in view of their morphostructural organizations and age of thalli.

Keywords: *Cystoseira barbata*, *C. crinita*, age, object-monitors, heavy metals, Black Sea

ВЫШЛА ИЗ ПЕЧАТИ МОНОГРАФИЯ

Определитель амфипод Чёрного моря / В. Гринцов, М. Сезгин. – Севастополь: DigitPrint, 2011. — 151 с., 379 илл. (на англ. яз.)

В определителе представлены морфологические, таксономические и экологические особенности 80 видов амфипод, относящихся к 41 роду из 28 семейств, населяющих Чёрное море. Для каждого вида имеются таксономические ключи, приведены иллюстрации, а также данные о синонимии, биотопах обитания. Список цитируемой литературы включает 42 источника.

Для зоологов, систематиков, таксономистов, морских биологов, а также преподавателей и студентов различных учебных заведений.