

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



13
—
1983

8. Firsov Yu. K., Khailov K. M. Morphophysiological analysis of the Hierarchicae structure of *Cystoseira barbata* Thalli.— Bot. Mar., 1979, 22, p. 333—345.
9. Khailov K. M., Firsov Yu. K. The relationships between weight, length, age and intensity of photosynthesis and organotrophy in the thallus of *Cystoseira barbata* from the Black sea.— Bot. Mar., 1976, 19, p. 329—339.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редакцию
27.10.81

A. V. PRAZUKIN

A PHENOMENOLOGICAL DESCRIPTION OF CYSTOSEIRA BARBATA BRANCHES GROWTH AS A BASIS OF THEIR ONTOGENY DIVISION INTO PERIODS

Summary

During the ontogeny of a morphologically complex hierarchically organized branch certain changes occur in individual parameters of elementary structures (axes, receptacles), in cumulative parameters (sum of elementary structures), in the ratios of cumulative parameters, in rates of elementary structure new formation. On the basis of analysis of these changes age periodization of *C. barbata* branch ontogeny is done with four periods distinguished.

Individual parameters undergo monotonic variations and are of little use for division of the branch ontogeny into periods. Cumulative parameters vary in one-peak curves permitting early and completing stages of ontogeny to be distinguished, in particular. The relationship of cumulative parameters gives a good evidence for ontogeny stabilization reflecting the maturity period. Rates of the elementary structure new formation characterize well all stages of the branch ontogeny.

УДК 577.391:582.232/27

Д. Д. РЫНДИНА

РОЛЬ ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ CYSTOSEIRA BARBATA В КОНЦЕНТРИРОВАНИИ РАДИОАКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ НУКЛИДОВ МАРГАНЦА, ЦИНКА И СТРОНЦИЯ ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ

При изучении процессов концентрирования марганца, кобальта, цинка, стронция морскими растениями обнаружено отличие в величинах коэффициентов накопления радионуклидов в экспериментальных условиях и их изотопных носителей в природе и высказано предположение о возможном влиянии на эти процессы различных форм существования в морской воде исследуемых изотопов [3, 9, 15, 17].

Распределение стабильных и радиоактивных изотопов одного и того же элемента в морских водорослях, а также прочность их фиксации биохимическими компонентами клеток изучались немногими авторами [4—7, 9—11, 13]. Необходимо углубление существующих знаний о путях поступления радионуклидов и их стабильных носителей в гидробионты и механизмах извлечения их водорослями из морской воды.

Поэтому мы провели ряд экспериментальных исследований, чтобы выяснить участие свободных α -аминокислот, белков, углеводов и липидов черноморской бурой водоросли *Cystoseira barbata* в процессах концентрирования ^{54}Mn , ^{65}Zn и ^{90}Sr из окружающей среды. Одновременно было выявлено распределение соответствующих стабильных элементов в биохимических компонентах клеток.

Материалы и методика. Опыты проводили с образцами водорослей, собранных в районе Херсонесской бухты в апреле 1976 и 1978 гг.

Коэффициенты накопления ^{54}Mn , ^{65}Zn и ^{90}Sr в живых и мертвых растениях определяли по описанной методике [7]. Для экспериментов использовали радионуклиды, характеристика которых представлена в табл. 1. Водоросли, содержащие один из изучаемых радионуклидов, ополаскивали чистой морской

Таблица 1. Характеристика радионуклидов, используемых в экспериментах (кислотность 1 н. HCl)

Радионуклид	Хлористое соединение (безносителя)	Характеристика примесей		Солевые загрязнения	Радиоактивные примеси
		мг/мл			
⁵⁴ Mn	Марганец	Ba — 0,003; Ca — 0,01; Cr — 0,015; Na — 0,06; Cu — 0,003; Al — 0,015; Si — 0,02; Mg — 0,02; Mn — 0,02;		0,03 (без учета Mn и анионов)	⁵⁵ Fe и ¹²⁴ Sb — 1%
⁶⁵ Zn	Цинк	Fe — 0,01; Na — 0,006 Mn — 0,03; Si — 0,02; Fe — 0,04; Al — 0,03; Cu — 0,003; Ca — 0,09; Ba — 0,02; Ni — 0,03; Zn — 0,04		0,13 (без учета Zn и анионов)	Радиоактивная чистота 99,9% До 1%
⁹⁰ Sr	Стронций	Mn — 0,005; Ba — 0,6; Ca — 0,16; Al — 0,003; Cr — 0,09; Fe — 0,04		0,08	

Таблица 2. Изменение величин коэффициентов накопления ⁵⁴Mn, ⁶⁵Zn и ⁹⁰Sr в живых и мертвых бурых водорослях *Cystoseira barbata*

Время от начала опыта, сут	⁵⁴ Mn		⁹⁰ Sr		⁶⁵ Zn
	Живые — детрит	Мертвые — детрит	Живые — детрит	Мертвые — детрит	Живые — детрит
3	21,9 ± 1,6	3,3 ± 0,2	47,2 ± 2,1	34,2 ± 2,8	138,1 ± 13,8
5	211,8 ± 11,2	3,8 ± 0,2	45,7 ± 5,7	28,2 ± 4,1	267,9 ± 13,4
7	318,1 ± 20,6	3,2 ± 0,3	39,3 ± 4,0	21,4 ± 3,6	479,0 ± 26,1
9	1710,2 ± 39,5	2,5 ± 0,2	33,2 ± 3,4	14,1 ± 0,6	559,9 ± 23,4
15	1200,2 ± 60,7	1,8 ± 0,1	23,4 ± 2,1	12,9 ± 0,3	444,1 ± 20,6
18	141,1 ± 5,4	8,1 ± 1,2	12,9 ± 0,5	5,9 ± 0,5	660,8 ± 23,7
21	1246,3 ± 50,6	11,0 ± 1,7	9,3 ± 0,8	6,3 ± 0,3	1076,9 ± 47,6
24	1178,2 ± 38,3	9,0 ± 2,0	7,1 ± 0,5	5,1 ± 0,4	1486,2 ± 61,3
28	1250,0 ± 46,1	3,2 ± 0,2	4,3 ± 0,3	4,9 ± 0,9	1390,0 ± 72,1

Таблица 3. Коэффициенты накопления ⁵⁴Mn и ⁹⁰Sr в отдельных фракциях *Cystoseira barbata*

Фракция	Условия получения фракций	⁵⁴ Mn	⁹⁰ Sr
1-я	Длительная обработка высушенных при 60° С и измельченных водорослей 95%, 50%- и 25%-ным растворами этилового спирта		
2-я	1-ю фракцию заливали 1%-ным раствором углекислого натрия с 0,02% SDS, нагревали при 40 и 90° С, промывали дистиллированной водой (до pH 7), этиловым спиртом и диэтиловым эфиром. Сушили при 60° С	5,27 ± 0,68 (7,5)	25,54 ± 1,05 (7,9)
3-я	2-ю фракцию обрабатывали 1%-ным раствором соляной кислоты на кипящей водяной бане (в течение 1 ч) промывали дистиллированной водой, этиловым спиртом, диэтиловым эфиром и сушили при 60° С	3,16 ± 0,13 (7,6)	2,33 ± 0,08 (7,8)
4-я	3-ю фракцию кипятили в течение 1 ч в 4%-ном растворе гидроксида натрия, промывали дистиллированной водой, этиловым спиртом, диэтиловым эфиром и сушили при 60° С	2,91 ± 0,12 (6,5)	0,16 ± 0,01 (7,6)
5-я	4-ю фракцию обрабатывали реактивом Швейцера, промывали слабым раствором аммиака, соляной кислотой, дистиллированной водой, этиловым эфиром и сушили при 60° С	0,20 ± 0,03 (7,4)	0,10 ± 0,00 (8,2)
		0,11 ± 0,01 (7,5)	0,08 ± 0,01 (7,6)

Фракция	Условия получения фракций	^{54}Mn	^{90}Sr
6-я	5-ю фракцию заливали 40%-ным раствором соляной кислоты и оставляли на ночь при 40° С, промывали дистиллированной водой, спиртом, диэтиловым эфиром и сушили при 60° С	0,41 ± 0,07 (7,3)	0,01 ± 0,00 (7,3)
7-я	6-ю фракцию заливали на 4 ч муравьиной кислотой, промывали дистиллированной водой, этиловым спиртом, диэтиловым эфиром и сушили при 60° С	0,40 ± 0,06 (7,8)	0,40 ± 0,00 (7,8)
8-я	Водоросли, высушенные при 60° С, не обрабатывали	4,12 ± 0,80 (7,5)	45,11 ± 0,61 (7,8)
9-я	8-ю фракцию растирали в фарфоровой ступке и обрабатывали спирто-хлороформенной смесью (2 ч CHCl_3 + 1 ч $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	2,15 ± 0,09 (8,2)	37,6 ± 0,93 (8,0)
10-я	Сухие водоросли заливали 0,2 н. раствором соляной кислоты и тщательно перемешивали в течение 10 ч (дважды), а затем промывали дистиллированной водой (до pH 7), этиловым спиртом, диэтиловым эфиром и — сушили при 60° С	0,14 ± 0,00 (7,6)	9,34 ± 0,12 (7,6)
11-я	Измельченные водоросли обрабатывали 80%-ным раствором этилового спирта (при кипячении), затем (после удаления влаги безводным сульфатом натрия) спирто-хлороформенной смесью (2 ч CHCl_3 + 1 ч $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	5,70 ± 0,70 (8,2)	23,88 ± 1,17 (8,2)

водой, обсушивали фильтровальной бумагой и сушили в специальном шкафу до постоянной массы при 60° С, растирали в фарфоровой ступке, а затем использовали для последовательной обработки 96%- , 50%- и 25%-ными растворами этилового спирта, 1%-ным — углекислого натрия с добавками 0,2% Sodium dodecyl sulphate (SDS), 1%-ным — соляной кислоты и 4%-ным — гидроксида натрия. Условия обработки представлены в табл. 2. В экстрактах определяли содержание исследуемых радионуклидов. Из об-

Таблица 4. Экстракция радиоактивных и стабильных нуклидов

Последовательность воздействия реагентов	Условия проведения эксперимента	Марганец	
		^{54}Mn	Стабильный
Этиловый спирт: 95%-ный 50%-ный 25%-ный	Длительная обработка при 20° С (проведена трижды)	6,66 ± 0,71 5,32 ± 0,42 2,36 ± 0,35	21,68 ± 1,51 20,61 ± 1,44 11,91 ± 0,77
1%-ный раствор углекислого натрия с 0,02% SDS	Нагревание при 90° С в течение 1 ч (проведено дважды), промывка бидистиллированной водой до pH 7	27,70 ± 3,76	29,70 ± 2,07
1%-ный раствор соляной кислоты	Кипячение в течение 1 ч, промывка бидистиллированной водой	43,08 ± 5,34	12,98 ± 0,19
4%-ный раствор гидроксида натрия	Кипячение в течение 1 ч (проведено дважды), промывка бидистиллированной водой до pH 7	5,62 ± 1,25 Нет	0,11 ± 0,00 Нет
Нерастворимый остаток			

разцов, взятых в опытах, экстрагировали растворимые α -аминокислоты (80%-ным этиловым спиртом при кипячении на водяной бане в течение 30 мин) и липиды (спирто-хлороформенной смесью $\text{CH}_3\text{OH}—\text{CHCl}_3$). Образцы водорослей, собранные в природе, сушили до постоянной массы (при 60°C) и подвергали обработке, описанной в табл. 3. Полученные фракции использовали при изучении сорбции ^{64}Mn и ^{90}Sr из морской воды по методике, опубликованной ранее [5].

В экстрактах водорослей проводили качественное и количественное определение органических веществ (свободных α -аминокислот, белков), углеводов (фукоидана, альгиновых кислот, альгулезы, липидов) и содержания исследуемых стабильных химических элементов. Нерастворимые остатки обрабатывали сначала 40%-ным раствором соляной кислоты (для извлечения хитина с последующей отмыкой дистиллированной водой до нейтральной реакции), а затем муравьиной кислотой. Из экстрактов осаждали хитин и каллозу [11]. Из образцов, взятых в опытах, экстрагировали альгиновые кислоты и фукоидан, которые наряду с каллозой, хитином и альгулезой использовали для изучения механизмов концентрирования радионуклидов морскими водорослями.

Альгиновые кислоты в экстрактах определяли по видоизмененной методике В. А. Евтушенко [2]. Для этого растворимые соли этих кислот осаждали ионами Ca^{+2} . Полученные осадки тщательно промывали дистиллированной водой до исчезновения в промывных водах ионов Cl^{-1} и OH^{-1} , обрабатывали сначала 0,1 н. раствором соляной кислоты, а затем избытком 0,1 н. раствора гидроксида натрия и оттитровывали 0,1 н. раствором соляной кислоты. Фукоидан определяли по методике Е. Перцивэл [14]. Количественный и качественный анализ органических веществ в изучаемых фракциях осуществляли по общепринятым методикам [8]. Высушенные экстракты и остатки водорослей использовали для определения в них стабильных Mn, Zn и Sr. Для этого исследуемые образцы высушивали до постоянной массы при 60°C, озоляли в муфельной печи при 450°C, а затем обрабатывали при нагревании концентрированной азотной кислотой до исчезновения окислов азота и растворяли в 0,1 н. растворе соляной кислоты. Zn и Mn измеряли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Сатурн». Пламя создавали сжиганием воздушно-ацетиленовой смеси. Погрешность определений составляла 2,0—2,5%. При определении элементов использовали серию стандартных

марганца, цинка и стронция из буровой водоросли *Cystoseira barbata*

Цинк		Стронций	
^{65}Zn	Стабильный	^{88}Sr	Стабильный
$3,12 \pm 0,65$	$5,87 \pm 0,07$	$0,17 \pm 0,02$	Отсутств.
$4,46 \pm 0,75$	$14,71 \pm 1,44$	$0,27 \pm 0,03$	$8,56 \pm 4,28$
$5,09 \pm 0,53$	$16,99 \pm 0,25$	$0,38 \pm 0,01$	$5,17 \pm 0,42$
$15,64 \pm 0,55$	$30,99 \pm 2,25$	$64,51 \pm 0,23$	$48,97 \pm 3,17$
$54,60 \pm 4,59$	$28,03 \pm 0,47$	$27,95 \pm 0,95$	$27,14 \pm 1,89$
$4,07 \pm 0,20$ Нет	$0,44 \pm 0,00$ Нет	$2,44 \pm 0,16$ $2,86 \pm 0,54$	$10,15 \pm 0,66$ Нет

Таблица 5. Содержание отдельных групп органических соединений в остатках водорослей *Cystoseira barbata*, %

Последовательность воздействия реагентов	Липиды	α -аминокислоты	Фукоид	Альгиновые кислоты	Альгулеза
Этиловый спирт:					
95%-ный	1,19 ± 0,11	Нет	1,74 ± 0,20	27,70 ± 3,01	7,12 ± 0,65
50%-ный	0,71 ± 0,04	2,12 ± 0,20	1,30 ± 0,01	27,70 ± 2,98	7,15 ± 0,70
25%-ный	0,19 ± 0,01	Нет	0,28 ± 0,05	25,18 ± 1,91	7,11 ± 0,68
1%-ный раствор углекислого натрия с SDS	0,03 ± 0,01	»	Нет	2,50 ± 0,30	7,10 ± 0,70
1%-ный раствор соляной кислоты	Нет	»	»	0,04 ± 0,00	7,10 ± 0,60
4%-ный раствор гидроксида натрия	»	»	»	Нет	2,93 ± 0,62
Необработанные водоросли	2,31 ± 0,20	2,11 ± 0,18	1,74 ± 0,2	27,70 ± 3,6	7,10 ± 0,70

растворов, pH которых соответствовало pH анализируемых проб. Для приготовления стандартных растворов использовали вещества марки «осч». Sr в исследуемых растворах определяли на пламенном спектрофотометре по опубликованным методикам [1]. Радиометрические измерения осуществляли по β -частицам на установке Б-2 со счетчиком МСТ-17 и по γ -излучению на установке, в которую входили ААДО-1, ВС-22, ПП-8 с датчиком УСД-1. pH растворов измеряли на pH-метре 121-М.

Результаты и их обсуждение. Исследуемые радионуклиды не в одинаковой степени извлекаются живыми и разлагающимися талломами *C. barbata*. Если величины коэффициентов накопления ^{54}Mn и ^{65}Zn в живых талломах достигают соответственно 1710 и 560 ед., то у ^{90}Sr они значительно ниже. При гибели организмов ^{90}Sr выделяется в окружающую среду и, наоборот, ^{65}Zn поглощается (табл. 2). К концу эксперимента величины коэффициентов накопления ^{65}Zn в цистозире возрастают в 2,64 раза, что, по-видимому, связано с изменением pH внутриклеточных растворов цистозир и биохимического состава ее структуры [7]. Обработка водорослей из опытов различными реагентами (табл. 4) и анализ полученных фракций (табл. 5) позволили составить общую картину участия отдельных групп органических соединений в этих процессах (табл. 6). Основная часть ^{90}Sr в цистозире связана с полисахаридами. Их роль в процессах концентрирования ^{54}Mn и ^{65}Zn уменьшается, а значение свободных α -аминокислот, белков и липидов увеличивается. Аналогичные выводы напрашиваются при анализе результатов изучения сорбции ^{90}Sr отдельными фракциями, полученными при обработке высушенных при 60°С нерадиоактивных водорослей (табл. 3). Из этой таблицы видно, что живые и мертвые водоросли (8-я фракция) имеют сходные величины коэффициентов накопления ^{90}Sr (в расчете на сырью массу). Удаление альгиновых кислот и фукоидана снижает их сорбционную способность (2-я и 3-я фракции). Извлечение липидов (9-я фракция), белков (4-я), аминокислот (11-я), альгулезы (5-я) и хитиноподобных веществ такого влияния не оказывает. Концентрирующая способность выделенных из цистозир веществ (альгулезы, хитина и каллозы) в отношении ^{90}Sr также невелика (соответственно 11,20 ± 1,80; 16,95 ± 1,60 и 31,05 ± 0,20).

В мертвых образцах водорослей ^{54}Mn вступает в химические связи с легкорастворимыми в растворах спиртов соединениями (свободными α -аминокислотами, фукоиданом и маннитом), величины коэффициентов его накопления в 1-й и 8-й фракциях различны. Полное удаление из образцов липидов (9-я фракция), фукоидана (10-я) и альгиновых кислот (2-я, 4-я и 10-я) также заметно влияет на уменьшение их сорбционных свойств по отношению к ^{54}Mn . Стабильные и радиоактивные изотопы исследуемых элементов в биохимических компонентах клеток распределяются неодинаково. В условиях

Таблица 6. Количество ^{54}Mn , ^{65}Zn и ^{90}Sr , поглощенных различными группами органических соединений *Cystoseira barbata*, %

Соединения	^{54}Mn	^{65}Zn	^{90}Sr	
			Живые	Мертвые
Растворимые α -аминокислоты	$7,70 \pm 0,98$	Не обнаружен	$1,84 \pm 0,21$	$0,39 \pm 0,05$
Белки	$5,62 \pm 1,25$	$4,07 \pm 0,20$	$2,44 \pm 0,16$	$2,98 \pm 0,10$
Липиды	$5,27 \pm 0,63$	$2,13 \pm 0,53$	$0,49 \pm 0,12$	Не обнаружен
Альгиновые кислоты	$27,7 \pm 3,75$	$15,64 \pm 0,55$	$64,51 \pm 0,23$	$54,08 \pm 4,80$
Белковоуглеводные комплексы	$43,08 \pm 5,34$	$54,60 \pm 4,59$	$27,95 \pm 0,93$	$30,85 \pm 0,56$
Спиртовые экстракты	$14,34 \pm 1,48$	$12,64 \pm 1,29$	$0,82 \pm 0,06$	$0,62 \pm 0,05$
Нерастворимые соединения, содержащие альгулезу, хитиноподобные вещества и соединения неизвестной природы	Не обнаружен	Не обнаружен	$2,86 \pm 0,54$	$0,06 \pm 0,00$

эксперимента $40\% \ ^{54}\text{Mn}$, $24\% \ ^{65}\text{Zn}$ и $13\% \ ^{90}\text{Sr}$ не вступают в сложные биохимические процессы, в которых участвуют соединения, легко переходящие в растворы спиртов различной концентрации. Происходит обогащение кислотных и щелочных экстрактов ^{65}Zn и ^{54}Mn , а спиртовых растворов — соответствующими стабильными элементами. Содержание различных изотопов цинка в содовых экстрактах цистозиры сходно. ^{90}Sr имеет большее химическое сродство к высокомолекулярным соединениям, обогащающим содовые экстракты. Содержание его в полисахаридных фракциях на $15,51\%$ выше стабильного Sr. Это дает основание предполагать, что по крайней мере $30\% \ ^{54}\text{Mn}$ и $16\% \ ^{65}\text{Zn}$ извлекаются из морской воды цистозирой (в экспериментальных и природных условиях) в сходных физико-химических формах. По-видимому, ионообменные реакции, происходящие в системе морская вода — гидробионт, можно рассматривать как один из путей поступления стабильных и радиоактивных изотопов марганца, цинка и стронция в морские водоросли.

Выводы. 1. В условиях эксперимента $40\% \ ^{54}\text{Mn}$, $24\% \ ^{65}\text{Zn}$ и $13\% \ ^{90}\text{Sr}$ не вступают в сложные биохимические процессы, в которых участвуют соединения, переходящие в растворы спиртов различной концентрации (маннит, растворимые α -аминокислоты, липиды, фукоидан). Происходит обогащение кислотных и щелочных экстрактов ^{65}Zn и ^{54}Mn , а спиртовых растворов их стабильными элементами Zn и Mn.

2. $30\% \ ^{54}\text{Mn}$ и $16\% \ ^{65}\text{Zn}$ извлекаются в экспериментальных условиях цистозирой в сходных с их стабильными изотопными носителями физико-химических формах.

3. Ионообменные реакции, происходящие в системе морская вода — гидробионт, можно рассматривать как один из путей поступления марганца, цинка и стронция в бурые водоросли.

4. Основная часть ^{90}Sr связана в талломах цистозиры с полисахаридами (альгиновыми кислотами и фукоиданом). Роль последних в процессах концентрирования ^{54}Mn и ^{65}Zn уменьшается, однако увеличивается значение свободных α -аминокислот, белков и липидов. Нерастворимые фракции, содержащие альгулезу, каллозу и хитиноподобные вещества, сорбируют лишь незначительные количества ^{90}Sr (3%). В этих фракциях не удалось обнаружить даже следов ^{54}Mn и ^{65}Zn .

1. Парчевский В. П., Поликарпов Г. Г., Забурунова И. С. Некоторые закономерности накопления иттрия и стронция морскими организмами — Докл. АН СССР, 1965, 164, вып. 4, с. 913—916.

2. Кизеветтер И. В., Грюнер В. С., Евтушенко В. А. Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений.— М. : Пищ. пром-сть, 1967.— 415 с.
3. Рожанская Л. И. Формы марганца и цинка в морской воде.— В кн.: Формы элементов и радионуклидов в морской воде. М. : Наука, 1974, с. 81—85.
4. Рындина Д. Д. Содержание и накопление стронция в морских грунтах и растениях.— Тр. Ин-та экологии растений и животных, 1971, вып. 78, с. 40—47.
5. Рындина Д. Д. Накопление и фиксация радионуклидов водорослевыми полисахаридами.— Гидробиол. журн., 1976, 12, № 2, с. 45—48.
6. Рындина Д. Д., Рожанская Л. И. Роль полисахаридов буровой водоросли *Cystoseira barbata* в извлечении марганца из морской воды.— Биология моря, Владивосток, 1975, № 3, с. 65—68.
7. Рындина Д. Д., Лазоренко Г. Е. Изучение процессов концентрирования радионуклидов морскими водорослями и роль полисахаридов в этих процессах.— В кн.: Радиохемо-экология Черного моря. Киев : Наук. думка, 1977, с. 176—187.
8. Сиренко Л. А., Сакевич А. И., Осипов Л. Ф. и др. Методы физиолого-биохимических исследований водорослей в гидробиологической практике.— Киев : Наук. думка, 1975.— 246 с.
9. Соколова И. А., Парчевский В. П. О различии коэффициентов накопления стронция-90 из радиоактивных выпадений и природного стронция в организмах Черного моря.— Докл. АН СССР, 1971, 199, № 4, с. 956—958.
10. Bryan G. W. The absorption of Zinc and other metals by the Brown seaweed *Laminaria digitata*.— Q. Mar. Biol. Assoc., 1969, 49, N 1, p. 225—243.
11. Hampson M. A. Uptake of radioactivity by aquatic plants and location in the cells.— J. Exp. Bot., 1969, 18, N 54, p. 17—33.
12. Kameda K., Shimuzu M., Hiyama Y. On the uptake of ^{65}Zn and concentration factor Zn in the marine organisms.— J. Radiat. Res., 1970, 11, N 1, p. 44—52.
13. Nakamura R., Nakahara M., Ishii T. et al. Combining of radionuclides with constituent materialis of marine Algae.— Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 1979, 45, N 6, p. 757—762.
14. Percival F., Mc Dowell R. H. Chemistry and enzymology of marine algae Polysaccharides. London ; New York : Acad. press, 1967, p. 1—218.
15. Polikarpov G. G. Radioecology of aquatic organisms.— Amsterdam ; New York : North — Holland (Publ. co. Reinhold Book Div.), 1966, p. 1—314.
16. Young G. Chemical nature of the insoluble residue after severe extraction in some Phodophyceal and Phaeophyceal.— In : Proc. Fifth Intern. seaweed symp. Halifax, Canada : Oxford etc., 1966, p. 337—346.
17. Zirino A., Heau M. L. Inorganic zinc complexes in seawater.— Limnol. and Oceanogr., 1970, N 6, p. 956—958.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редакцию
28.08.8

D. D. RYNDINA

THE ROLE OF CERTAIN GROUPS OF CYSTOSEIRA BARBATA ORGANIC COMPOUNDS IN ACCUMULATING RADIOACTIVE AND STABLE MANGANESE, ZINK AND STRONTIUM NUCLIDES FROM SEA WATER

Summary

The paper presents results of a study concerned with mechanisms of manganese, zink and strontium accumulation by the Black Sea alga *Cystoseira barbata*. Difference is found in distribution of stable and radioactive isotopes in biochemical cell components.