

« АКАДЕМИК А. КОВАЛЕВСКИЙ »

РАДИОХЕМО – ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СРЕДИЗЕМНОМ МОРЕ

МАЙ–ИЮЛЬ 1972 г.

70-й РЕЙС НИС



ПРОВ 2010

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ
МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

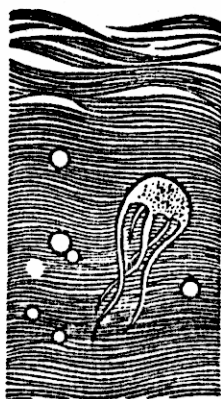
А. КОВАЛЕВСКИЙ»

РАДИОХЕМО – ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СРЕДИЗЕМНОМ МОРЕ

МАЙ–ИЮЛЬ 1972г.

70-й РЕЙС НИС «АКАДЕМИК

« НАУКОВА ДУМКА »
КИЕВ - 1975



Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 25812

УДК 557.472 (26)

Ответственный редактор
чл.-кор. АН УССР Г.Г.ПОЛИКАРПОВ

Радиохемозкологические исследования в Средиземном море
(70-й рейс яхт "Академик А.Ковалевский"
май-июль, 1972 г.)

Печатается по постановлению ученого совета Института
биологии южных морей им. А.О.Ковалевского АН УССР

Редакция информационных изданий

Редактор В.А.Булкина. Художественный редактор Н.И.Возный.
Технический редактор Т.М.Зубрицкая. Корректор Л.И.Пузанкова

Р 21009 - 522
М221(04) - 75

© Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского
АН УССР, 1975 г.

Подписано к печати 10.1 1975 г. БФ 01911. Бумага офс. № 2, 60x84 1/16.
Усл. печ. листов 5, 23. Уч.-изд. листов 5, 53. Тираж 500.
Зак. № 5-71. Изд. № 723И. Цена 33 коп.

Издательство "Наукова думка". Киев, Репина, 3.
Киевская типография научной книги республиканского производ-
ственного объединения "Полиграфкнига" Госкомиздата УССР.
Киев, Репина, 4.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Возросшая за последние годы острота проблемы загрязнения биосферы, в том числе морей и океанов, послужила основанием для быстрого развития радиационной и химической экологии морских организмов, в задачу которой входит изучение закономерностей взаимодействия радиоэкологического и хемотреологического факторов друг с другом и с морскими экосистемами.

В 1968 г. была проведена специализированная средиземноморская экспедиция, итоги которой освещены в книге "Радиоэкологические исследования Средиземного моря" ("Наукова думка", К., 1970).

Публикуемые в настоящем сборнике материалы - результаты средиземноморских радиохемотреологических исследований специализированной экспедиции на нис "Академик А.Ковалевский" в 1972 г. по международной программе СИСМ. Во время этой экспедиции были продолжены исследования радиоактивной загрязненности и синхронно проведены анализы загрязнения средиземноморского бассейна пестицидами и нефтяными агрегатами. Как в первой, так и во второй экспедиции принимали участие специалисты по нейстону и планктону, которые плодотворно работали по общей программе.

Проведенные экспедиционные исследования представляют собой вклад Советского Союза в международное изучение радиоактивной и химической загрязненности Средиземного моря, которым занимаются также ученые Франции, Италии, Югославии и многих других стран средиземноморского бассейна. Большое значение в этом плане имеют работы Международной лаборатории МАГАТЭ в Монако (Radioactive marine, Rep. et Proces-verbaux des reunions, v. XX1, fasc. 6, 1972).

Для сравнения радиохемотреологических процессов в Черном море и других морях Средиземноморского бассейна в книгу включены две работы, выполненные на черноморских организмах.

Сборник рассчитан на широкие круги гидробиологов, океанологов, радиоэкологов, хемотреологов, биогеоценологов, специалистов по охране живой природы морей и океанов.

Г.Г.Поликарпов

Л.Г.Кулебакина

ИССЛЕДОВАНИЯ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ МОРЕЙ АН УССР
В 70-м РЕЙСЕ НИС "АКАДЕМИК А.КОВАЛЕВСКИЙ"

Искусственные радиоактивные и химические вещества (хлорорганические пестициды типа ДДТ, детергенты и др.) приобрели в морях и океанах характер постоянно действующего созданного человеком экологического фактора среды. Их значение как загрязнителей среды для живых организмов гидросферы определяется, с одной стороны, устойчивостью этих веществ во внешней среде и, с другой — большой степенью накопления этих веществ многими организмами, которые в свою очередь служат источником питания для человека.

Наибольшая плотность выпадения стронция-90 из атмосферы на нашей планете отмечается на широте бассейна Средиземного моря. Возможно, что и другие аэрозоли (например, пестициды), поступающие с атмосферными выпадениями, также имеют аналогичную картину распределения. Комплексные радио- и хемотроэкологические исследования в бассейне Средиземного моря ранее не проводились.

Очередная 70-я экспедиция нис "Академик А.Ковалевский" была посвящена радио- и хемотроэкологическим исследованиям в Черном, Эгейском, Ионическом, Адриатическом, Тирренском, Лигурийском, Альборанском морях и в западной части Средиземного моря.

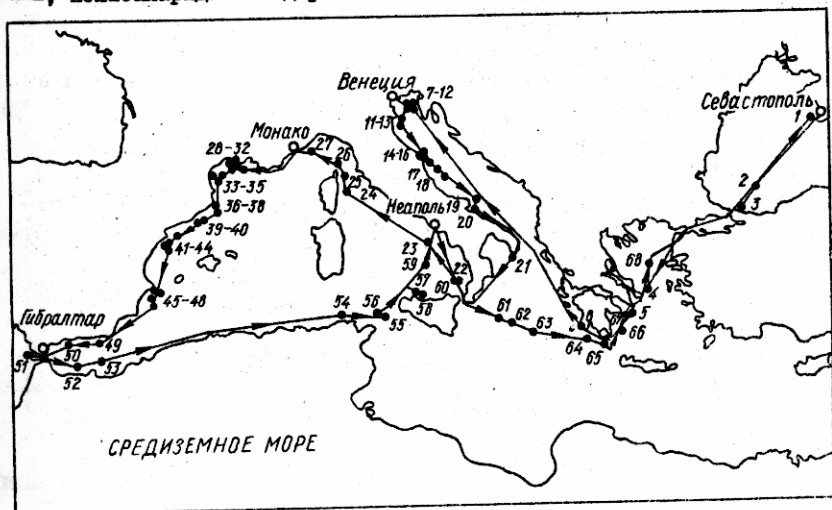
Экспедиция проходила по международной программе СИСМ и была посвящена 50-летию образования СССР. В связи с этим научный состав экспедиции и экипаж судна приняли решение взять на себя ряд повышенных обязательств. В частности, экспедиция решила сверх программы провести исследование по загрязненности акватории Средиземного моря нефтяными агрегатами, выполнить ряд суточных станций по изучению вертикальных миграций зоопланктона, собрать пробы рыб, водорослей и планктона для своих коллег и, несмотря на сокращенный срок экспедиции (70 суток вместо 100), выполнить все экспериментальные работы.

Комплексные радио- и хемотроэкологические исследования в Средиземном море проводятся впервые на базе проведенных ранее радиоэкологических исследований в специализированном радиоэкологическом 63-м

рейсе нис "Академик А.Ковалевский" и работ отдельных сотрудников отдела радиобиологии в 1967, 1968 и 1970 гг. в 61, 62 и 65-м рейсах нис "Академик А.Ковалевский".

В состав экспедиции входило 9 человек: Л.Г.Кулебакина (начальник), А.Г.Бенжипий (зам.начальника), Л.И.Сажина (ученый секретарь), Г.Е.Лазоренко, Д.Д.Рындина, В.В.Андрющенко, С.А.Осипенко, Н.А.Филиппов и М.М.Шевченко.

За время экспедиции с 7 мая по 16 июля 1972 г. пройдено 7100 миль (рисунок), сделано 68 станций (см.приложение), на которых отобрано 16 проб воды и 19 проб организмов на определение в них гамма-радионуклидов, стронция-90 и его изотопного и неизотопного носителей - стронция и кальция; 10 проб воды и 49 проб гидробионтов для определения в них хлорорганических пестицидов типа ДДТ; 130 проб МНТ на 37 станциях для определения количества нефтяных агрегатов; определена биомасса гипонейстона на 19 станциях; сделано 7 суточных станций по изучению вертикальных миграций зоопланктона; взято 10 проб глубоководного планктона, 8 проб фитопланктона для культивирования, 11 проб планктона на определение микроэлементов; из традов отбирались образцы рыб для ихтиологов, выловлено 104 кальмара; поставлено 47 опытов по определению плодовитости и продолжительности развития копепод и 97 опытов по изучению накопления и выведения радионуклидов и меченого по C^{14} ДДТ средиземноморскими организмами, полисахаридами водорослей и взвешенным веществом.



Маршрут 70-й экспедиции нис "Академик А.Ковалевский".

Всего на полевые работы ушло 242 часа, т.е. 10 суток, на стоянки в портах — 13 суток; 20 суток были штормовыми, однако экспериментальные работы велись непрерывно.

Радиоэкологические исследования Средиземного моря Институт биологии южных морей начал проводить с 1960 г. [1, 4]. Наиболее широкие исследования радиоактивной загрязненности проведены в 1968 г. в специализированном радиоэкологическом рейсе нис "Академик А.Ковалевский" [3, 7]. В этом рейсе была сделана густая сеть станций по определению стронция-90 в воде и организмах из разных мест Средиземного моря.

В настоящем рейсе необходимо было сравнить радиоэкологическую ситуацию 1968 г. с 1972 г.

Определение стронция-90 в морской воде проводилось по методике, описанной в работах Попова, Орлова и др. [6] и Кулебакиной [2]. Выделение стронция по этой методике осуществляется осаждением карбонатов в присутствии хлористого аммония. Для выделения радиоактивного стронция из золы организмов использовали оксалатную методику с выделением иттрия на гидроксиде железа или в виде оксидов [3]. Стабильные элементы стронций, кальций, натрий и калий определяли на пламенном спектрофотометре методом добавок [5].

В табл. I представлены результаты определений стронция-90 и стабильных элементов Sr, Ca, K, Na в воде. Сравнивая полученные данные по концентрации стронция-90 в воде с данными за 1968 г., следует отметить, что в Черном море концентрация стронция-90 осталась на том же уровне (0,60–0,74 pC/l), тогда как в Средиземном море она возросла с 0,15–0,54 pC/l в 1968 г. до 0,53–1,20 pC/l в 1972 г. При этом резко выделяются величины концентрации стронция-90 в Эгейском море (1,70–2,70 pC/l), которые отмечены в начальный период рейса на обратном пути, примерно через месяц, в Эгейском море отмечена концентрация стронция-90 — 0,70 pC/l (табл. 2). Концентрация стронция-90 в организмах составляла от 37–40 pC/kg сырого веса (в губках и ежах) и до 232–558 pC/kg (в моллюсках).

Вычисленные коэффициенты накопления (табл. 3) позволяют судить о концентрирующей способности гидробионтов. Сравнивая коэффициенты накопления стронция и кальция, можно сказать, что из рассматриваемых организмов красные водоросли *Lithorhynchus* *gammus* и *Pseudolithorhynchus* *expansus* и на одной станции планктон служат концентраторами стронция, тогда как другие изученные организмы больше концентрируют кальций. Коэффициенты накопления радиостронция

Т а б л и ц а I
Концентрация стронция-90 и некоторых стабильных
элементов в воде Средиземного моря

Номер стан- ций*	Район взятия проб	S, ‰	Концентрация				
			Na, г/л	K, мг/л	Ca, мг/л	Bг, мг/л	Bг ⁹⁰ , рС/л
I	Черное море, мис Херсонас	18,44	5,00	148	300	6,43	0,74
2	Черное море, цен- тральная часть	18,68	5,52	150	280	5,62	0,60
4	Эгейское море	35,93	10,00	240	420	7,73	2,70
5	—	41,18	10,64	250	450	7,74	1,70
6	Ионическое море	39,78	10,80	246	430	7,21	0,70
II	Адриатическое мо- ре, р-н реки По	27,54	8,04	189	350	7,00	1,09
15	Адриатическое мо- ре	35,64	10,00	230	650	6,07	0,90
21	Ионическое море	39,22	10,64	254	600	7,73	1,20
22	Тирренское море	41,55	10,88	265	550	7,55	0,85
25	Лигурийское море	38,71	10,30	260	500	6,49	0,63
32	Лионский залив	38,74	10,10	246	500	7,03	—
43	Альборанское мо- ре	38,80	10,30	246	450	8,04	0,53
51	Атлантический океан	36,55	10,00	236	450	7,16	0,74
55	Тунисский про- лив	37,25	10,00	240	350	8,25	0,75
68	Эгейское море	36,73	10,00	246	400	7,14	0,70

* Координаты станций см. в приложении к настоящему сборнику.

почти во всех случаях меньше коэффициентов накопления стабильного стронция, за исключением цистозир. Необходимо отметить, что цистозира собиралась с поверхности Ионического моря сачком, тогда как было показано, что в поверхностном слое воды концентрация стронция-90 выше, чем в слое лежащем ниже 0,5 м [7]. Мы же брали воду интегрально от поверхности до глубины 0,5 м, при перемешивании. К концентраторам калия можно отнести водоросли (коэффициенты накопления 10-43). Натрий гидробионтами дискриминируется (коэффициенты накопления меньше 1), как это было установлено ранее.

На анализаторе АИ-128 проведена γ -спектрометрическая обработка 17 проб гидробионтов. Измерения проводились в сентябре и в октябре 1972 г. Среднее время измерения отдельной пробы составляло 12 часов. В 9 пробах предполагается (планктон - ст. 47 и 68, шпрот-ст. 17 и 24, морские лилии - ст. 18, губки - ст. 19 и 29, ежи - ст. 25 и пистозира - ст. 21) присутствие Zr^{95} - Nb^{95} . Другие искусственные γ -излучающие радионуклиды не обнаружены.

Т а б л и ц а 2

Накопление стронция-90, стронция, кальция, калия и натрия некоторыми средиземноморскими организмами
(на сырой вес)

Номер станций	Вид организма	Концентрация				
		Sr^{90} , ДК/кг	Na, мг/кг	K, мг/кг	Ca, мг/кг	Sr, мг/кг
Algae						
21	<i>Cystoseira abrotanifolia</i>	59,0	4,30	5,8	0,726	0,143
25	<i>Corallina officinalis</i>	93,4	4,32	11,28	177,6	1,72
55	<i>Lithophyllum racemosum</i>	90,6	3,50	11,02	3,1	2,0
25	<i>Pseudolithophyllum expansum</i>	150,0	2,80	2,67	151,0	4,44
55	"-" "	83,1	3,08	4,68	133,9	1,20
Invertebratae						
47	Plankton	-	5,64	0,813	0,118	0,056
68	"-"	-	6,18	0,572	0,477	0,516
7	Spongia	37,0	5,21	1,20	19,2	0,113
52	<i>Antedon mediterranea</i>	-	-	-	5,69	0,0156
51	<i>Arbacia lixula</i>	40,3	5,1	0,408	91,8	0,522
9	Pectinidae	232,0	4,75	0,452	254,5	1,6
55	"-"	558,0	3,2	7,06	152,1	0,715
Pisces						
12	Шпрот <i>Sprattus sprattus</i>	-	3,488	0,425	1,74	0,045
22	Цемза	-	0,10	0,03	0,40	Следы

Таким образом, радиоэкологические исследования 1972 г. в Средиземном море показали, что в поверхностном слое воды возросло

содержание стронция-90 по сравнению с 1968 г., при этом отмечены районы с резко повышенным содержанием стронция-90 в воде (Прибосфорский район Черного моря, Эгейское море), что, возможно, имеет эпизодический характер.

Следовательно, целесообразно систематически проверять содержание стронция-90 в Прибосфорском районе Черного моря, Эгейском и Ионическом морях, Тунисском и Гибралтарском проливах, а также других акваториях Средиземного моря.

Т а б л и ц а 3

Коэффициенты накопления стронция-90, стронция и кальция в средиземноморских организмах (на сырой вес)

Номер станций	Вид гидробионта	Коэффициент накопления				
		Sr ⁹⁰	Sr	Ca	Na	K
Algae						
21	Cystoseira abrotanifolia	49	22,4	113	0,4	39,2
25	Corallina officinalis	144	265	355	0,4	43,4
55	Lithophyllum racemus	121	242	9,0	0,35	41,8
25	Pseudolithophyllum expansum	238	684	302	0,3	10,0
55	" " "	111	145	382	0,3	19,5
Invertebratae						
47	Plankton	-	7,0	0,2	0,5	3,3
67	" "	-	72	1,2	0,6	2,3
7	Spongia	34	16	55,8	0,6	6,3
52	Antedon mediterranea	-	7,8	12,6	0,03	0,24
57	Arbacia lixula	54	73	204	0,5	1,7
9	Pecten	213	229	727	0,5	2,4
55	" "	74,4	87	434	0,3	30
Pisces						
12	Sprattus sprattus	-	6,4	5,0	0,3	2,2

Радиоэкологические исследования, проведенные в 70-м рейсе нис "Академик А.Ковалевский", показали, что содержание стронция-90 в воде и организмах Средиземного моря по сравнению с исследованиями предыдущих лет не уменьшается, а остается на прежнем уровне и даже несколько увеличивается (Д.Г.Кулебакина).

В воде и организмах в значительных количествах обнаружены хлорорганические пестициды (ДДТ и его производные) (В.В.Андрющенко). Во многих районах отмечено чрезвычайное загрязнение поверхностной акватории нефтяными агрегатами (А.Г.Бенжикский).

Исследованиями (Л.И.Сажина, А.Г.Бенжицкий) установлено, что в районах с загрязнением поверхности моря нефтепродуктами уменьшается биомасса сестона.

Полученные данные свидетельствуют о все возрастающем загрязнении бассейна Средиземного моря, что обуславливает необходимость принятия всеми средиземноморскими странами действенных мер по защите и охране Средиземного моря от загрязнения.

Экспериментальные работы, проведенные на борту корабля, осветили некоторые стороны механизмов накопления и выведения меченых соединений средиземноморскими организмами, выяснили биологию развития отдельных средиземноморских видов *Soropoda* и другие вопросы.

Взвешенное вещество морской воды может играть заметную роль в перераспределении таких радионуклидов, как Mn^{54} , Fe^{55} и Co^{57} , что следует из экспериментов, проведенных в рейсе с этими радионуклидами на взвесьях различного происхождения (из речных стоков, центральной части Средиземного моря, близ вулкана Стромболи). Во всех случаях получены высокие коэффициенты накопления (на сухой вес): $1,2 \cdot 10^5$ для Fe^{55} ; $5 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^3$ для Mn^{54} и $2 \cdot 10^2$ для Co^{57} (Л.Г.Кулебакина).

Накопление железа-55, кобальта-57 и марганца-54 средиземноморскими макрофитами (Л.Г.Кулебакина, Г.Е.Лазоренко) в течение 2-7 суток опытов равновесного состояния не достигало. Самые высокие коэффициенты накопления (K_n) были получены по Co^{57} (около 1000) для красной водоросли *Gracillaria compressa*. Остальные опыты проводились на бурых водорослях Средиземного моря, и (K_n) этих радионуклидов не превышали сотни единиц. Показано, что соленость воды не влияет заметно на динамику накопления железа-55 и кобальта-57 макрофитами, по крайней мере в течение первых 7 дней накопления.

Для выяснения механизмов накопления радионуклидов макрофитами большое значение имеют эксперименты, поставленные Д.Д.Рындиной и Г.Е.Лазоренко, на отдельных биохимических компонентах, выделенных из средиземноморских бурых водорослей во время рейса, и на аналогичных соединениях, выделенных ранее из черноморской цистозиры. Опыты проводились с альгиновыми кислотами, клетчаткой ("альгулезой") и бариевым комплексом фукоидана. Предварительными данными установлено следующее.

Стронций-90 и кальций-45 слабо сорбируются альгулезой различ-

ного происхождения (N_H лежат в пределах 3,5-25,7 единиц в расчете на сухой вес). Альгулеза черноморская отличается значительным накоплением марганца-54 (N_H 200). Для обоих типов альгулезы характерны высокие N_H кобальта-57 (537 - черноморская, 628 - средиземноморская).

Бариевый комплекс фукоидана хорошо сорбирует кобальт-57 (N_H 8960 и 2620 у черноморского и средиземноморского фукоидана соответственно) и практически полностью 0,1-0,3 г извлекает из 50 мл воды 10^{-5} С марганца-54.

Концентраторами железа-55 и стронция-90 у водорослей обоих морей являются альгиновые кислоты. Альгинат кальция, выделенный из средиземноморской цистозеры, лучше накапливает марганец-54 (N_H 122, 600), стронций-90 (520) и кобальт-57 (1510), чем альгинат из черноморской цистозеры (N_H 100, 182 и 63 соответственно), но в два раза слабее накапливает железо-55 (N_H 163 и 300). Все эти радионуклиды (стронций-90, кобальт-57, железо-55 и марганец-54) не прочно удерживаются альгинатом и быстро выводятся в чистую воду - до 50-70% за 9-12 часов.

Впервые были проведены эксперименты по изучению суточного ритма накопления радионуклидов (Mn-54, Fe-55, Co-57 и Sr-90) морскими макрофитами (Л.Г.Кулебакина, С.А.Осипенко). Для первых трех радионуклидов получена четкая картина повышения и понижения интенсивности накопления водорослями Средиземного моря на протяжении суток три-четыре раза (3-4-разовое питание).

Изучалось также накопление радионуклидов средиземноморскими гидробионтами в зависимости от веса (на идотях) и получена степенная зависимость накопления Mn-54, Fe-55, Co-57 и Ca-45 от веса идотей в диапазоне 1-388 мг (Л.Г.Кулебакина).

Изучение динамики накопления Fe-55 у *Copepoda* Средиземного моря (А.Г.Бенжицкий, Л.И.Сажина) показало, что время достижения равновесного состояния составляет у них 20-28 часов (*Pontella mediterranea* и *Labidocera bruceae* соответственно), у *Decapoda* (*Macropodia longirastria*) - 2 часа. Коэффициенты накопления Fe-55 колеблются от десятка единиц у *Decapoda*, до сотен единиц - у *Copepoda*.

Равновесное накопление Co-57 у *Copepoda* и *Decapoda* наступает через 12 часов. Коэффициенты накопления Co-57 достигали десятков единиц у *Decapoda* и сотен - у *Copepoda*.

Скорость выведения Fe-55 и Co-57, изученная на *Decapoda*,

различна у этих радионуклидов. За 12 часов *Decapoda* выводят в чистую воду 30% Co-57 и 80% Fe-55.

Таким образом, представители *Coropoda* могут служить биоиндикаторами Fe-55 и Co-57 в Средиземном море.

Экспериментальное изучение накопления и выведения меченого по C-14 ДДТ обнаружило, что этот пестицид довольно интенсивно накапливается средиземноморскими макрофитами (В.В. Андрищенко, Л.Г. Кулебакина). На четвертые-пятые сутки опыта накопление ДДТ у цистозир (*Cystoseira corniculata*), собранной в Монако, вышло на плато (N_H достигли 1850). Накопление ДДТ у другого вида бурой водоросли (*C.fuscoides*) и энтероморфы состояния равновесия за это же время не достигало, хотя можно отметить некоторую стабилизацию кривой накопления. Коэффициенты накопления при этом были равны 700-600 единиц. ДДТ прочно удерживается в бурых водорослях и в течение пяти суток наблюдений практически не выводился, тогда как у зеленой водоросли энтероморфы через пять дней количество ДДТ уменьшилось более чем в два раза.

Таким образом, средиземноморские макрофиты, особенно бурные водоросли, являются биоконцентраторами ДДТ в морской среде и, прочно удерживая его в своих талломах, могут служить дополнительным источником загрязнения гидробионтов.

Наблюдения за темпом размножения и скоростью развития 10 видов *Coropoda* Средиземного моря, проведенные Л.И. Сажиной, выявили новые данные для пяти видов, для других пяти видов результаты получены повторно. У исследованных видов плодовитость колеблется от 16 до 47 яиц на одну самку. Определена продолжительность эмбрионального периода развития у пяти видов копепод. У эпипланктонных видов, обладающих более высоким темпом размножения, она равна одним суткам, у батипланктонных видов - трем-пяти суткам.

Собранные и обработанные А.Г. Бенжицким во время экспедиции пробы МНТ и определение количества нефтяных агрегатов, свидетельствуют о значительной степени загрязненности акватории Средиземного моря нефтью, сформировавшейся в комочки разного размера. Особенно высокое загрязнение характерно для прибрежных районов Ионического, Тирренского, Лигурийского и Альборанского морей - 6,23; 5,78; 4,33; 3,81 мг/м² поверхности моря соответственно. Минимальное количество нефтяных агрегатов отмечено в Черном и Эгейском морях - 0,10 и 0,25 мг/м². Впервые для Средиземного моря отмечены агрегаты весом до 110 г.

На поверхности моря в прибрежных районах, особенно возле крупных портов, отмечены значительные участки поверхности, покрытые жидкой нефтью (побережье французского Лазурного берега, Неаполитанский залив, Гибралтар). В приповерхностном слое исследованных районов повсеместно отмечаются в значительном количестве гранулы синтетических материалов, куски полиэтиленовых пленок, различных пластмасс. Все это свидетельствует о варварском загрязнении Средиземного моря, о превращении его в огромную мусорную яму.

Работы, проведенные в 70-м рейсе, послужат определенным вкладом в общее дело охраны природы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кулебакина Л.Г. Накопление стронция-90, стронция и кальция гидробионтами Адриатического моря. - В кн.: Экспедиционные исследования в Средиземном море в сентябре-декабре 1967 г. К., "Наукова думка", 1969.

2. Кулебакина Л.Г. Методика определения радиоактивного стронция в морских организмах и воде. - В кн.: Радиоэкологические исследования Средиземного моря. К., "Наукова думка", 1970.

3. Кулебакина Л.Г., Тимошук В.И. Содержание стронция в гидробионтах и воде Адриатического моря. - В кн.: Радиоэкологические исследования Средиземного моря. К., "Наукова думка", 1970.

4. Поликарпов Г.Г., Парчевский В.П. Радиоактивность водорослей Адриатического и Черного морей. - Океанология, 1961, т.1, вып.2.

5. Полуэктов Н.С. Методы анализа по фотометрии пламени. М., Госхимиздат, 1959.

6. Попов Н.И. и др. Стронций-90 в поверхностных водах Индийского океана в 1960-1961 гг. - Океанология, 1964, т.4, вып.3.

7. Тимошук В.И., Кулебакина Л.Г., Филиппов Н.А. Распределение стронция-90 в поверхностном слое Средиземного моря. - В кн.: Радиоэкологические исследования Средиземного моря. К., "Наукова думка", 1970.

L.G.Kulebakina

RESEARCHES OF THE INSTITUTE OF BIOLOGY
OF SOUTHERN SEAS, ACADEMY OF SCIENCES
OF THE UKRAINIAN SSR DURING THE 70th
CRUISE OF THE RESEARCH SHIP "AKADEMIK
A. KOVALEVSKY"

S u m m a r y

The concentration of strontium-90 in the Black Sea were 0.60-0.74 pC/l (May, 1972) in the Mediterranean Sea they were 0.53-1.20 pC/l (May-July, 1972). It is slightly higher than those in the previous years. The highest concentrations of strontium-90

among the organisms are registered for the red calcium algae and clams Pectinidae (the concentration factors are equal to 100 - 700). Further radioecological researches in the Mediterranean areas are necessary.

В.В.Андрющенко

ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ ДДТ-С¹⁴ МОРСКИМИ ВОДОРΟΣЛЯМИ (В ЭКСПЕРИМЕНТЕ)

Благодаря высокой способности к концентрированию органических веществ водорослям-макрофитам принадлежит важная роль в процессах самоочищения водоемов от устойчивых загрязнителей [4, 5, 6]. Очистительная способность водорослей определяется не только величиной накопления, но и выведения токсических веществ [1]. Кроме того, поскольку макрофиты составляют первичное звено в аккумуляции загрязнителей из воды, они служат источником поступления этих веществ по трофической цепи к человеку [2, 3].

Экспериментальное изучение накопления и выведения меченого по ДДТ-С¹⁴ позволяет определить скорость поступления и выведения, время установления равновесия, обменный и не обменный фонд.

Материал и методика. Для изучения динамики накопления и выведения меченого по углероду ДДТ средиземноморскими макрофитами проведены эксперименты в судовой лаборатории нис "Академик А.Ковалевский" с тремя видами водорослей: двумя бурыми - *Cystoseira corniculata* Nauck (собранны в порту Монако) и *Cystoseira fucoides* Ktsegov (собранны в порту Гибралтар) - и одним видом зеленых водорослей - *Enteromorpha clathrata* Roth (собранны с борта корабля в Эгейском море).

В стеклянные сосуды емкостью 3 л наливали по 2 л нефильтрованной морской воды и вносили раствор ДДТ-С¹⁴ в ацетоне. Исходная концентрация ДДТ была 1 мг/л, активность по С¹⁴ - $2 \cdot 10^{-6}$ кюри/л, концентрация ацетона - 0,1 мл/л. Накопление и выведение ДДТ-С¹⁴ двумя видами цистозары изучали только в течение 5 суток, так как в более длительных экспериментах водоросли погибали. В случае же с энтероморфой эксперимент с накоплением продолжался 30 суток, динамику выведения наблюдали в течение 17 суток. Такая длительная экспозиция объяснялась способностью энтероморфы сохраняться в условиях экспе-

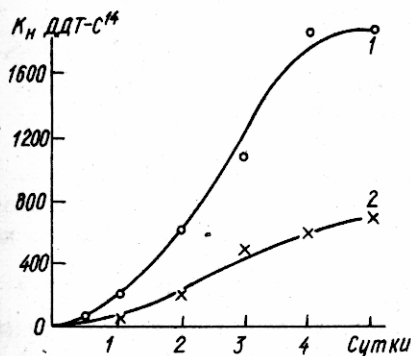


Рис. 1. Кривые накопления ДДТ-С¹⁴ двумя видами бурых водорослей: *Cystoseira corniculata* (1) и *Cystoseira fucoides* (2).

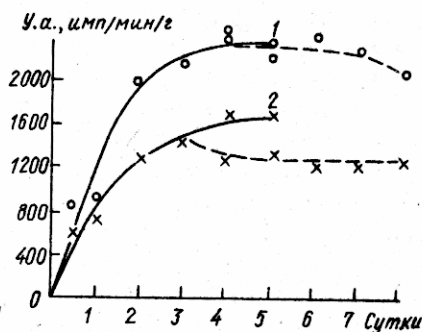


Рис. 2. Динамика изменения удельной активности *C. corniculata* (1) и *C. fucoides* (2) в процессе накопления и выведения ими ДДТ-С¹⁴.

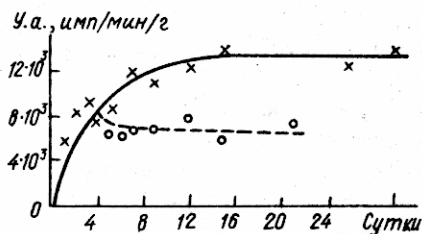


Рис. 3. Динамика накопления и выведения ДДТ-С¹⁴ зеленой водорослью из обрастания *Enteromorpha clathrata*

римента в хорошем физиологическом состоянии в отличие от цистозирн.

Пробы в опытах с двумя видами цистозирн отбирали каждые сутки, в опыте с энтероморфой — на 1-5, 7, 9, 12, 15, 26 и 30 сутки.

Веточки водорослей вынимали из аквариумов, ополаскивали чистой морской водой, обсушивали фильтровальной бумагой, тонко измельчали ножницами и брали по три параллельные навески, каждая по 0,3-0,5 г. Помещали навески в стеклянные колбочки и заливали 15 мл ацетона. Через 2 часа пробы встряхивали на аппарате Шутеля в течение 15 мин, фильтровали через вату и слой безводного сернокислого натрия. Экстракцию повторяли дважды. Объединенные экстракты упаривали на водяной бане до 0,1-0,2 мл, и оставшийся объем количественно переносили на стандартные алюминиевые тарелочки. Радиометрию производили на установке Б-2 со счетчиком МСТ-17.

Для изучения динамики выведения ДДТ-С¹⁴ из водорослей последних вынимали из аквариумов через трое суток экспозиции, ополаскивали и помещали в аквариумы с чистой морской водой. В дальнейшем поступали согласно описанной выше методике.

Результаты экспериментов. Как видно из рис.1, N_n ДДТ-С¹⁴ *C. corniculata* на пятые сутки был почти в три раза выше, чем у *C. fuscoides*. Причем, если *C. corniculata* к этому времени уже проявляет тенденцию к переходу в равновесное состояние, то этого не наблюдается для *C. fuscoides*.

Несколько различен у этих водорослей и характер выведения ДДТ-С¹⁴ (рис.2): *C. corniculata* в течение первых трех суток совсем не выводит ДДТ и только с четвертых на пятые отмечается небольшое снижение удельной активности (У.а.) этого соединения. Для *C. fuscoides* характерно уменьшение У.а. в первые сутки наблюдений с последующей стабилизацией уровня активности.

На рис.3 показана динамика накопления и выведения ДДТ-С¹⁴ зеленой водорослью из обрастания *Enteromorpha clathrata*. Равновесное состояние накопления в системе энтероморфы – вода установилась на 14-е сутки. Штрихом на рис.3 показана кривая, свидетельствующая о незначительном снижении активности энтероморфы в первые трое суток выведения, в дальнейшем изменение У.а. энтероморфы не наблюдалось.

Выводы. Исследованные виды средиземноморских макрофитов характеризуются высокой скоростью накопления ДДТ-С¹⁴, достигая уже на 5-14-е сутки равновесного состояния.

Изучение динамики выведения ДДТ-С¹⁴ тремя видами средиземноморских водорослей показало лишь небольшое снижение в них концентрации в первые сутки и стабилизацию в последующие сутки эксперимента.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Баринев Г.В. Обмен Ca^{45} , Cs^{137} и Ce^{144} между водорослями и морской водой. – Океанология, 1965, т. I.
2. Брагинский Л.П. Пестициды и жизнь водоемов. К., "Наукова думка", 1972.
3. Врочинский К.К. О накоплении пестицидов в гидробионтах. – Гидробиол. журн., 1970, т. 6, № 4.
4. Калугина-Гутник А.А. Значение водорослей макрофитов в оценке загрязненности воды прибрежной части Черного моря. – В кн.: Океанографические аспекты самоочищения моря от загрязненности. К., "Наукова думка", 1970.
5. Константинов А.С. Общая гидробиология. М., "Высшая школа", 1967.

6. North W.J., Stephens G.C., Noerth B.B. Marine algae and their relations to pollution problems. - FAO Technical Conference on Marine Pollution and its Effects on living Resources and Fishing, Rome, Italy, 9-18 December, 1970.

V.V.Andrushchenko

STUDY OF C^{14} -DDT ACCUMULATION AND ELIMINATION BY
MARINE ALGAE (IN THE EXPERIMENT)

S u m m a r y

The high accumulation rate of C^{14} -DDT is characteristic of the investigated Mediterranean algae species, the equilibrium state is reached on the 5-14 day of the experiment.

Study on the elimination dynamics of C^{14} -DDT by three species of the Mediterranean algae registered a decrease in their activity level in the days following the experiment.

В.В.Андрющенко, Л.Г.Кулебакина, Д.Б.Гиренко

ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ ПЕСТИЦИДЫ В ВОДЕ И ОРГАНИЗМАХ
СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ

Хлорированные углеводороды, к которым относится ДДТ, составляют категорию синтетических химических веществ, широко используемых в промышленности и сельском хозяйстве. Высокая химическая устойчивость многих из этих соединений, в первую очередь ДДТ, и их мобильность приводят к тому, что значительная часть их общего производства попадает в морскую среду. По данным Oertzen (1972), в океан с атмосферными осадками и из воздуха ежегодно поступает $2,78 \cdot 10^4$ т ДДТ.

Пестициды снижают фотосинтез планктона [22, 32, 33] и, аккумулируясь в гидробионтах [2, 3], в больших количествах поступают в пищу человека. Они также вредно действуют на эмбриональное развитие [11, 15, 16], дыхание и выживаемость [1] морских организмов. Установлено, что меченый по C^{14} ДДТ проникает в клетки и входит в хромосомы [25]. В связи с комплексным отрицательным влиянием на экосистемы и генетический материал пестициды представляют значительную биологическую опасность. Поэтому были предприняты исследования по содержанию хлорорганических пестицидов (ХОП) в некоторых районах Средиземного моря. Работы по определению этих соединений в различных морях Средиземноморского бассейна отсутствуют. Есть сведения о поступлении хлорорганических пестицидов в Средиземноморский бассейн как с Европейского [30], так и с Африканского континентов [28]. Имеются единичные данные о содержании ДДТ в воде

Марсельской бухты [9] и гидробионтах в литоральной зоне Средиземноморского побережья Франции [10].

Материал и методика. Проанализировано на содержание остаточных количеств хлорорганических пестицидов 29 проб организмов (4 пробы зоопланктона, 1 проба кальмара и 24 пробы рыб), собранных в разных районах Средиземноморского бассейна за период май-июнь 1972 г. В состав проб зоопланктона входили разные формы, из которых массовыми были следующие: *Acartia clausi*, *Anomalosera patersoni*, *Centropages typicus*, *Centropages veoleus*, *Thaena splendens*, икра и личинки рыб. Было проанализировано 12 видов рыб: шпрот *Sprattus sprattus* (Girgensohn), анчоус *Engraulis encrasicolus* (L.), пикша *Gadus merlangus* (L.), два вида ставриды *Trachurus mediterraneus* (L.) и *Trachurus trachurus* (L.), бопо *Box boops* (Br.), султанка *Mullus barbatus* (L.), скумбрия *Scomber scomber* (L.), морской окунь *Spicara smaris* (L.), ласкирь *Diplodus annularis* (L.), *Cepola rubescens* (L.), акула *Scyllium stellare* (Gthr) и кальмары *Todareites sagittatus* (L.). Проанализированы 8 проб морской воды, отобранных в разных районах Средиземноморского бассейна: в Эгейском, Лигурийском, Ионическом морях, в устье реки По (Адриатика), в Лионском заливе, в устье реки Эбро (Альборанское море) и I проба в Атлантическом океане (сразу после выхода из Гибралтарского пролива).

Анализ проб морской воды и гидробионтов на содержание в них остаточных количеств хлорорганических пестицидов проводили по единой методике с использованием газофлюидной хроматографии (ГХ), разработанной в отделе химии пестицидов Всесоюзного научно-исследовательского института гигиены и токсикологии пестицидов и пластических масс [5]. Дополнительную очистку экстрактов проводили методом, предложенным В.В.Молочниковым и В.И.Мочаловым [6].

Метод ГХ основан на извлечении хлорорганических соединений экстракцией с органическими растворителями и последующей очистке экстрактов в зависимости от содержания коэкстрактивных веществ. В случае высокого содержания последних очистку производили серной кислотой, насыщенной безводным сернокислым натрием; если содержание коэкстрактивных веществ не очень велико, то применяли хроматографию на колонке из окиси алюминия или силикагеля марки АСК. Конечное определение пестицидов производилось на хроматографе типа "Цвет" (модель 5-68) с детектором по захвату электронов.

При определении остаточных количеств пестицидов в воде решаю-

щее значение приобретает способ концентрирования. В зависимости от объема водной пробы, концентрации пестицида в морской воде и чувствительности метода определения используются следующие способы концентрирования: экстракция в системе жидкость - жидкость, адсорбция на угле и ионообменная сорбция на ионитах [7]. Нами был применен наиболее распространенный метод экстракции в системе жидкость - жидкость. Однако объем анализируемой пробы морской воды был увеличен до 40 л по сравнению с обычно рекомендуемыми объемами 0,1; 0,25; 0,5; иногда 1,0 л [4, 21]. Это было вызвано чрезвычайно большим разбавлением хлорорганических соединений в морской воде, что не позволяло обнаружить указанные вещества в небольших объемах воды.

Пробы воды отбирали с поверхности в стеклянные емкости и проводили подготовку пробы для последующего определения хлорорганических пестицидов (ХОП). Пробу морской воды объемом 40 л порциями по 5 л дважды экстрагировали гексаном в отношении 1:40 в стеклянных бутылках с притертыми пробками на шутель-аппарате. Органическую фазу объединяли, высушивали от остатков воды безводным сернокислым натрием и упаривали с помощью аппарата для отгонки растворителя до объема 3-5 мл. Затем подготовленный таким образом экстракт подвергали очистке на колонке с силикагелем марки АСК. Для этого стеклянную колонку длиной 15 см заполняли наполовину силикагелем, уплотняли постукиванием. Колонку промывали 50 мл гексана, вносили в нее экстракт, а затем хлорорганику элюировали с колонки 110 мл смеси бензола и гексана в соотношении 3:8. Элюат упаривали досуха.

Перед хроматографированием остаток смывали 0,5 мл гексана и 1-3 мл раствора вводили в хроматограф. Содержание остаточных количеств пестицидов определяли в лаборатории химии пестицидов ВНИИН-ТОКСА (г. Киев) на газовом хроматографе "Цвет-5" с детектором по захвату электронов на стеклянной колонке длиной 1 м, внутренним диаметром 3 мм, носитель - хромосорб W, неподвижная фаза - 10% ДС-200. Условия хроматографирования: температура колонки 190°C, испарителя 220, детектора 200°C, скорость азота 70 мл/мин шкала 2,5 · 10⁻¹¹ А. Чувствительность определения составляет 0,01 мг/кг.

Для определения хлорорганики в гидробионтах брали навеску (50 г) мелкоизмельченной (ножницами) рыбы и 20-50 г тщательно растертого в фарфоровой ступке зоопланктона, заливали гексаном до покрытия пробы в стеклянной емкости до 200 мл. Встряхивали на аппарате Шу-

теля в течение 15 мин, экстракт фильтровали через обезжиренную вату. Экстракцию повторяли дважды. Гексановые фракции объединяли и далее поступали так, как это описано выше для проб морской воды, за исключением процесса очистки. Очистка проб рыб и зоопланктона затруднена из-за присутствия большого количества коэкстрактивных веществ (жир, пигменты), мешающих конечному хроматографическому анализу. В случае, если экстракт после колоночной очистки на силикагеле АСК оставался окрашенным (вследствие неполноты очистки от коэкстрактивных веществ), проводили дополнительную очистку серной кислотой, насыщенной безводным сернистым натрием. Для этого к экстракту осторожно приливали 10 мл серной кислоты и оставляли в делительных воронках на ночь. Кислоту отделяли от экстракта, гексановую фракцию обрабатывали свежей порцией кислоты. После встряхивания воронку оставляли на 30 мин для разделения слоев. Очистку повторяли до тех пор, пока кислота не становилась бесцветной. Экстракт упаривали до 5 мл и повторяли очистку с силикагелем марки АСК, как описано выше. Экстракт отгоняли досуха. Каждую пробу гидробионтов подготавливали в двух повторностях.

Результаты экспериментов. В исследованных образцах морской воды и гидробионтов в аналитически значительных количествах были определены линдан (препарат γ -изомера гексахлорциклогексана), ДДТ и продукты его превращения — ДДД и ДДЕ. Гексахлор и альдрин не были обнаружены ни в одной пробе.

На рис. 1 — 5 представлены хроматограммы стандартного раствора ХОП (рис.1), экстрактов пробы воды (рис.2), планктона (рис.3), кальмаров (рис.4) и рыбы (рис.5). Сравнивая характер хроматограмм смеси ХОП (рис.1) и экстрактов рыб (рис.5), можно отметить наличие дополнительных пиков после выхода ДДТ, что указывает на присутствие в анализируемых пробах других хлорированных органических соединений. На хроматограмме экстракта планктона (рис.3) также имеется едва выраженный пик после выхода ДДТ. В недавно появившихся работах [18, 26] приводятся доказательства, что эти дополнительные пики обусловлены присутствием в пробах полихлорированных бифенилов (ПХБф) — широко распространенных продуктов промышленного производства. Кроме того, указывается, что времена удерживания хлорорганических пестицидов почти совпадают с таковыми для хлорированных бифенилов, и поэтому в случае одновременного присутствия этих соединений в анализируемых пробах, можно определять только их суммарную концентрацию. Чтобы исключить влияние хлорированных би-

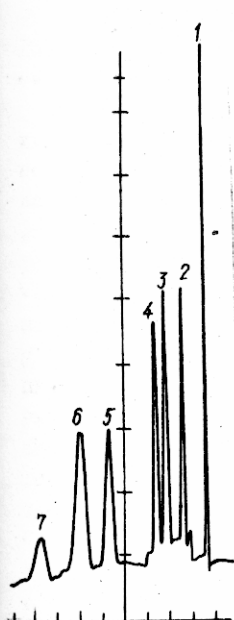


Рис. 1. Хроматограмма разделения смеси хлорорганических пестицидов:

1 - растворитель (гексан); 2 - линдан; 3 - гепта-хлор; 4 - алдрия; 5 - п,п-ДДЕ; 6 - п,п-ДДД; 7 - п,п-ДДТ.

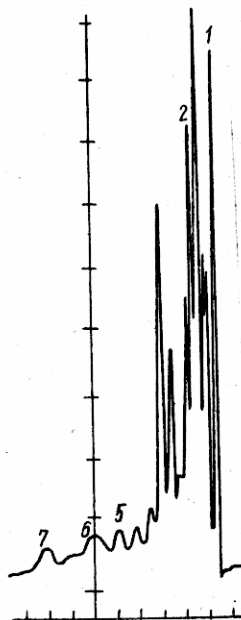


Рис. 2. Хроматограмма экстракта пробы морской воды:

1 - растворитель; 2 - линдан; 3 - п,п-ДДЕ; 4 - п,п-ДДД; 5 - п,п-ДДТ; 6 - п,п-ДДЕ; 7 - п,п-ДДТ.

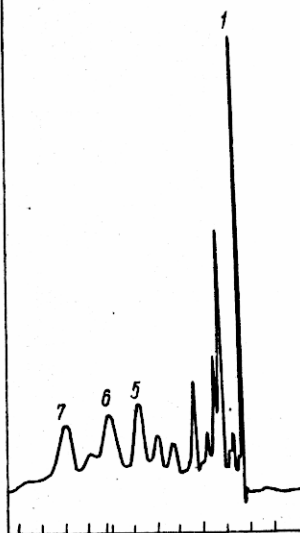


Рис. 3. Хроматограмма экстракта пробы планктона:

1 - растворитель; 2 - п,п-ДДЕ; 3 - п,п-ДДД; 4 - п,п-ДДТ; 5 - п,п-ДДЕ; 6 - п,п-ДДД; 7 - п,п-ДДТ.

фенилов на результаты анализа пестицидов, необходимо применять специальные методики отделения ПХБф от пестицидов [26].

Таким образом, из исследованных нами образцов только рыбы содержат ПХБф в значительных количествах. Все цифры, приводимые ниже для рыб, означают суммарную концентрацию ХОП и полихлорированных бифенилов.

В табл. I приведены результаты определения ХОП в пробах морской воды. Если линдан и ДДЕ обнаружены во всех анализируемых пробах, то ДДТ - только в пробах, отобранных на трех станциях. в устье реки Ю, в устье реки Эбро и в Атлантическом океане (станция 51). Концентрация Σ ХОП составляет здесь $31 \cdot 10^{-6}$ мг/л, причем на долю Σ ДДТ приходится 84% ($26 \cdot 10^{-6}$ мг/л), т.е. основная часть пести-

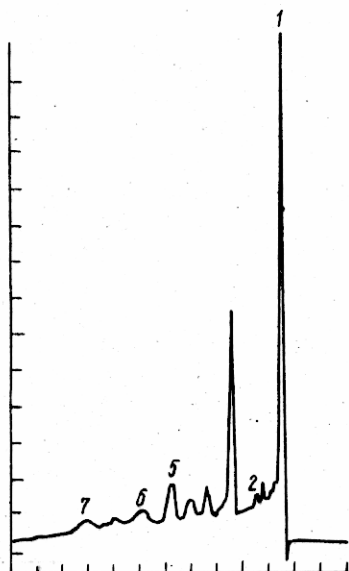


Рис.4. Хроматограмма экстракта пробы кальмаров:
1 - растворитель;
2 - линдан; 5 - п,п-ДДЕ;
6 - п,п-ДДД; 7- п,п-ДДТ.

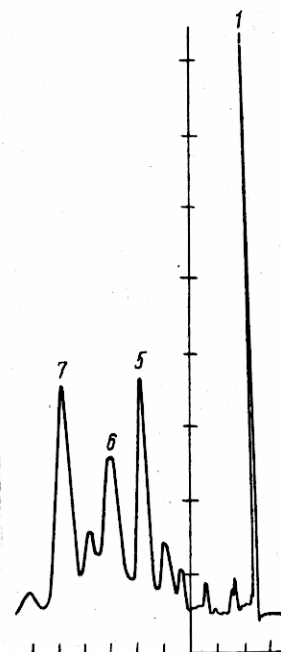


Рис.5. Хроматограмма экстракта пробы ставриды:
1 - растворитель;
5 - п,п-ДДЕ; 6 -п,п-ДДД;
7 - п,п-ДДТ.

цидного загрязнения в этом районе обусловлена ДДТ и его метаболитами. Вдвое меньше обнаружено ХОП в пробах из Адриатики (устье реки По), а Σ ДДТ - в 6,5 раза меньше по сравнению с Атлантическим океаном.

В табл.2 представлены результаты определения хлорорганики в пробах зоопланктона. Необходимо отметить, что не все собранные пробы планктона можно было ввести в хроматограф в связи с тем, что конечный экстракт оставался грязным, несмотря на применение ряда методов очистки от коэкстрактивных веществ. Если концентрации ДДТ в пробах зоопланктона из Средиземного (ст.36) и Лигурийского (ст.27) морей близки и примерно вдвое выше, чем в пробе из устья реки По, то подобное соотношение нарушается, если рассчитать коэффициенты накопления Σ ДДТ (отношение концентрации Σ ДДТ в пробе планктона к концентрации Σ ДДТ в пробе морской воды) в указанных районах.

Они различаются между собой и соответственно равны 23300, 14575 и 1526 единицам. Это объясняется разным содержанием Σ ДДТ в воде исследованных районов.

Данные по содержанию и коэффициентам накопления обнаруженных хлорорганических соединений в пробах морской воды и гидробионтов, собранных в устье реки По (Адриатическое море, ст.12), в Лионском заливе (ст.32) и в устье реки Эбро (Альборанское море, ст.43) представлены в табл.3-5. Как видно из табл.3, на станции 12 (устье реки По) самое высокое содержание Σ ДДТ обнаружено в ставриде *Tr. mediterraneus* - 0,09 мг/кг. Эта величина в 2-3 раза ниже у шпрота анчоуса - 0,028-0,038 мг/кг и приблизительно в 12 раз ниже у пикши *G. merlangus*. В кальмарах найдена самая низкая концентрация Σ ДДТ (0,00144 мг/кг) среди всех исследованных в этом районе гидробионтов. Среди рыб минимальное содержание Σ ДДТ отмечено для бопса и *Serola rubescens* - 0,0025 мг/кг. Максимальный K_n Σ ДДТ рассчитан для ставриды - 23700, минимальный - для кальмаров - 380 единиц. Линдан найден во всех пробах, кроме ставриды, пикши и *Serola rubescens*. При этом рыбы с более высоким содержанием ДДТ характеризуются и большей концентрацией линдана, за исключением ставриды, в которой обнаружена самая высокая по сравнению с другими рыбами концентрация ДДТ и совсем не найден линдан.

В Лионском заливе (ст.32) среди проанализированных гидробионтов самое высокое содержание Σ ДДТ обнаружено в анчоусе - 0,1414 мг/кг сырого веса и в скумбрии - 0,1085 мг/кг; самое низкое - в морском окуне - 0,0025 мг/кг. Следует отметить, что линдан определен только в одной пробе рыб - в скумбрии, хотя в самой воде он был обнаружен. Полностью отсутствовал линдан в рыбах, выловленных в устье р.Эбро (ст.43). Рассчитанные коэффициенты накопления Σ ДДТ высоки и составляют для анчоуса - 282000, скумбрии - 217000 и султанки - 125500; для остальных проанализированных рыб - десятки тысяч единиц, за исключением морского окуня, у которого K_n самый низкий и равен 5000 единиц.

Как видно из табл.5, самое высокое содержание Σ ДДТ среди рыб, выловленных в устье реки Эбро, отмечено в акуле - 0,1500 мг/кг, причем ДДЕ составляет 100%. Несколько ниже, но также высокая концентрация Σ ДДТ обнаружена в морском окуне - 0,12400 мг/кг, в ставриде - 0,09500 мг/кг и в шпроте - 0,087 мг/кг. Средняя концентрация Σ ДДТ для рыб, собранных на этой станции, составляет 0,0831 мг/кг; эта величина гораздо выше аналогичных значений на других

Т а б л и ц а I

Содержание хлорорганических пестицидов (ХОП) в пробах воды
Средиземноморского бассейна

Номер пробы	Номер станции	Объем пробы, л	Обнаружено ХОП, 10-6 мг/л					
			линдан	ДДЕ	ДДД	ДДТ	ΣДДТ ^{жж}	ΣХОП
1	4 10.Y 1972	37	4,0	0,7	0,8	н/о ^ж	1,5	5,5
2	12 20.Y 1972	35	8,0	0,8	0,7	2,0	3,5	11,5
3	12 20.Y 1972	40	9,5	0,6	0,8	2,7	4,1	13,6
4	21 23.Y 1972	37	2,0	2,0	н/о	н/о	2,0	4,0
5	27 29.Y 1972	40	3,0	0,8	н/о	н/о	0,8	3,8
6	32 6.Y 1972	40	5,0	0,5	н/о	н/о	0,5	6,5
7	43 13.XI 1972	40	5,0	0,5	н/о	н/о	0,5	6,5
8	51 22.YI 1972	40	5,0	н/о	2,0	24,0	26,0	31,0

Примечание. Место отбора пробы см. в приложении к наст.сб.; ^ж - н/о - не обнаружено;
^{жж} ΣДДТ = ДДЕ+ДДД+ДДТ.

станциях (ст.12 и ст.32). Однако рассчитанные N_n здесь сравнительно невысоки в связи с относительно высоким содержанием ДДТ в самой воде.

Т а б л и ц а 2

Содержание ХОП в пробах зоопланктона

Номер станции	Навеска, г	Обнаружено ХОП, в мг/кг						$N_n \Sigma$ ДДТ
		линдан	ДДЕ	ДДД	ДДТ	Σ ДДТ	Σ ХОП	
12	50	0,00240	0,00150	0,00090	0,00340	0,00580	0,00820	1526
27	20	0,00375	0,00750	0,00310	0,00106	0,01166	0,01541	14575
36	50	0,00213	0,00175	0,00150	0,00840	0,01165	0,01378	23300
58	50	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	-

Примечание: место отбора пробы см. в приложении к наст.сб.

Обсуждение результатов. Сведений в литературе по содержанию хлорорганических пестицидов в морской воде чрезвычайно мало, есть только единичные определения, сделанные для некоторых эстуариев и прибрежных районов, где концентрации, по всей вероятности, на несколько порядков выше, чем в открытых морях и океанах. Так, в воде эстуариев, прилегающих к штату Техас (США), было обнаружено $1,02 \times 10^{-3}$ мг/л ДДТ (максимальная концентрация) [12]. Концентрация остатков ДДТ в воде Тихого океана у северной части побережья США на три порядка ниже и составляет $2,3-2,7 \cdot 10^{-6}$ мг/л, а у Калифорнийского побережья - $3,0-5,6 \cdot 10^{-6}$ мг/л [14]. В воде Марсельской бухты концентрация ДДТ на порядок выше - $1,8 \cdot 10^{-5}$ мг/л [9]. Кроме ДДТ авторы обнаружили линдан в концентрации $1,7 \cdot 10^{-5}$ мг/л и алдрин в концентрации $1,6 \cdot 10^{-5}$ мг/л. По нашим данным, диапазон концентраций Σ ДДТ, найденный в воде исследованных районов Средиземноморского бассейна, составляет от $0,5 \cdot 10^{-6}$ мг/л в Лионском заливе до $4,1 \times 10^{-6}$ мг/л в устье реки По, в среднем - $2,3 \cdot 10^{-6}$ мг/л, что близко к значениям, полученным для воды Тихого океана у северных берегов США, однако приблизительно на порядок ниже, чем обнаружено в воде Марсельской бухты. Интересно, что содержание ДДТ и его метаболитов в пробе воды из Атлантического океана значительно выше и составляет $2,6 \cdot 10^{-5}$ мг/л. Обнаруженные концентрации Σ ДДТ в устьях двух

Т а б л и ц а 3

Содержание ХОП в морской воде и гидробионтах, отобранных в устье
реки По, (ст.12) в мг/кг, мг/л

Объект исследования	Величина пробы, г	линдан	ДДЕ	ДДД	ДДТ	Σ ДДТ	Σ ХОП	КмΣ ДДТ
Морская вода	40	$9,5 \cdot 10^{-6}$	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,8 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-6}$	$4,1 \cdot 10^{-6}$	$13,6 \cdot 10^{-6}$	-
" "	35	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$0,8 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$11,5 \cdot 10^{-6}$	-
Зоо- и ихтиопланктон (<i>Acartia clausi</i> , икра и личинки рыб)	50	0,00240	0,00150	0,00090	0,00340	0,00580	0,00820	1526
Кальмары <i>Todareites sagittatus</i>	50	0,00006	0,00094	0,00019	0,00031	0,00144	0,00150	13791
Шпроты (мелкие) <i>Sprattus sprattus</i>	40	0,00300	0,00700	0,00500	0,01610	0,02810	0,03110	27400
Шпроты (крупные)	50	0,00560	0,02250	0,01550	н/о	0,03800	0,04360	10000
Анчоусы <i>Engraulis encrasicolus</i>	50	0,00450	0,02600	0,01200	н/о	0,05800	0,04250	10000
Ставрида <i>Trachurus mediterraneus</i>	50	н/о	0,02750	0,00600	0,05650	0,09000	0,09000	23684
Пикша (мелкая) <i>Gadus merlangus</i>	50	н/о	0,00520	0,00020	н/о	0,00540	0,00540	1421
Пикша (средняя)	50	н/о	0,00700	0,00300	н/о	0,010000	0,01000	2631
Болс Вох болс	50	0,00200	0,00250	н/о	н/о	0,00250	0,00450	658
Цепола <i>Cepola rubescens</i>	50	н/о	0,00250	0,00010	н/о	0,00260	0,0026	689
ср. 0,0268								

Т а б л и ц а 4

Содержание ХОП в морской воде и рыбах, отобранных в
Лионском заливе (ст.32), в мг/кг, мг/л

Объект исследования	Величина пробы, г, л	линдан	ДДЕ	ДДД	ДДТ	ΣДДТ	ΣХОП	КнΣ ДДТ
Морская вода	40 л	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$	н/о	н/о	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$5,5 \cdot 10^{-6}$	-
Султанка Mullus barbatus	50 л	н/о	0,02673	н/о	0,03600	0,06275	0,063750	125500
То же	50	н/о	0,01625	н/о	0,02125	0,03750	0,03750	75000
Скумбрия Scomber scomber	50	0,00250	0,02400	0,00800	0,07650	0,10850	0,11100	217000
Морской окунь Spicara smaris	50	н/о	0,00450	0,00100	0,00750	0,013000	0,01300	26000
То же	50	н/о	0,0025	н/о	н/о	0,002500	0,00250	5000
Анчоус Engraulis encrasicolus	50	н/о	0,04000	0,01340	0,08800	0,14140	0,14140	232800
Шпрот Sprattus sprattus	50	н/о	0,01000	0,00300	0,01400	0,02700	0,02700	54000
Пикша Gadus merlangus	50	н/о	0,00200	0,00140	0,00700	<u>0,01040</u>	0,01040	20800

ср. 0,0504

Т а б л и ц а 5

Содержание ХОП в морской воде и рыбах, отобранных в устье
реки Эбро Средиземного моря (ст. 43), мг/л, мг/кг

Объект исследования	Величина пробы, л, г	лин- дан	ДДЕ	ДДД	ДДТ	ΣДДТ	ΣХОП	КнΣ ДДТ
Морская вода	40	$2,0 \cdot 10^{-6}$	н/о	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	-
Шпрот <i>Sprattus sprattus</i>	50	н/о	0,02500	0,01000	0,05200	0,08700	0,087000	29000
Морской окунь <i>Spicara smaris</i>	50	н/о	0,3200	0,00800	0,08400	0,12400	0,124000	41333
Ставрида <i>Trachurus trachurus</i>	50	н/о	0,02000	0,01000	0,06500	0,09500	0,695000	31667
То же	50	н/о	0,02200	0,01000	0,05600	0,08800	0,088000	29333
Пикша <i>Gadus merlangus</i>	50	н/о	0,01500	0,00400	н/о	0,01900	0,019000	6333
Ласкирь <i>Diplodus annularis</i>	50	н/о	0,01200	0,00700	н/о	0,01900	0,01900	6333
Акула <i>Scyllium stellare</i>	50	н/о	0,15000	н/о	н/о	0,15000	0,150000	50000
ср. 0,0831								

рек - По и Эбро близки между собой ($4,1 \cdot 10^{-6}$ и $3,0 \cdot 10^{-6}$ мг/л) и в среднем в три раза выше, чем в открытых акваториях - Эгейском, Ионическом, Лигурийском морях и Лионском заливе.

Однако определения концентрации пестицидов в воде недостаточно для суждения об их опасности для гидробионтов. Поэтому большинство исследователей занимались изучением содержания хлорорганических пестицидов в самих гидробионтах, обладающих высокой концентрирующей способностью по отношению к этим соединениям [10].

Рыбы - самый распространенный объект, используемый для оценки загрязнения исследуемой акватории пестицидами, что объясняется их важной ролью как источника поступления указанных веществ в организм человека.

Т а б л и ц а 6

Содержание остаточных количеств суммарного ДДТ в образцах воды и рыб, собранных на трех станциях (12, 32 и 43)

Станция	Содержание суммарного ДДТ, мг/кг (мг/л)					
	морская вода	шпрот	пикша	ставрида	анчоус	м. окунь
Устье реки По (ст. 12)	$4,1 \cdot 10^{-6}$	0,0380 0,0100		0,0900	0,0580	0,0268
Устье реки Эбро (ст. 43)	$3,0 \cdot 10^{-6}$	0,0870 0,0190		0,0950		0,1240 0,0831
Лионский залив (ст. 32)	$0,5 \cdot 10^{-6}$	0,0270 0,0100			0,1414 0,0130	0,0504

По нашим данным, средние концентрации ДДТ в рыбах, выловленных в трех точках Средиземноморского бассейна - в устьях рек По (Адриатическое море) и Эбро (Альборанское море), а также в Лионском заливе, - различаются между собой и составляют соответственно 0,0268, 0,0831 и 0,0504 мг/кг (см. табл. 6). Шпрот, выловленный в устье реки По и Лионском заливе, содержал одинаковое количество ДДТ, а в устье реки Эбро - втрое больше. Два разных вида ставриды - *Tr. mediterraneus* (ст. 12) и *Tr. trachurus* (ст. 43), собранные соответственно в устьях рек По и Эбро, содержали одну и ту же концентрацию инсектицида - 0,09 мг/кг. Пикша, выловленная в устье реки По и Лионском заливе, содержала одинаковую концентрацию ДДТ - 0,01 мг/кг, а пикша из устья реки Эбро - в два раза большую.

Найденные нами значения остаточных количеств ДДТ и его метаболитов в разных видах рыб Средиземноморского бассейна лежат в пределах 0,0025–0,15 мг/кг свежей ткани. Аналогичные цифры сообщаются в литературе для рыб с Атлантического побережья Канады [17, 29] и выловленных в Британских водах [19, 23, 27]. Однако значения, сообщаемые для рыб из Тихоокеанского северо-восточного побережья США, несколько выше, но не больше 0,5 мг/кг [31], тогда как рыбы, выловленные в прибрежных водах Калифорнии и Центральной Америки [13], в водах Южной Африки [8] и в южных районах Балтийского моря [20] содержали концентрации суммарного ДДТ почти в 10 раз больше, что говорит о значительной загрязненности этих районов Мирового океана хлорорганическими пестицидами.

Выводы. Самая высокая концентрация суммарного ДДТ (ДДТ и его метаболитов) в воде исследованных районов Средиземноморского бассейна найдена на станции [12], в устье реки По – $4,1 \cdot 10^{-6}$ мг/л; самая низкая – в Лионском заливе и Лигурийском море, соответственно $0,5 \cdot 10^{-6}$ и $0,8 \cdot 10^{-6}$ мг/л.

Обнаруженные концентрации суммарного ДДТ в устьях двух рек – По и Эбро – близки между собой ($4,1 \cdot 10^{-6}$ и $3,0 \cdot 10^{-6}$ мг/л) и в среднем в три раза выше, чем в открытых акваториях – Эгейском, Ионическом, Лигурийском морях и Лионском заливе.

Рыбы, выловленные в устье реки Эбро, содержали более высокие концентрации хлорорганических пестицидов, чем на двух других исследованных станциях в Лионском заливе и устье реки По. Средние значения составляли соответственно 0,0831; 0,0504 и 0,0268 мг/кг суммарного ДДТ.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Андрущенко В.В. О влиянии ДДТ на дыхание и выживаемость черноморских креветок. – Гидробиол. журн., 1972, т.8, №5.
2. Брагинский Л.П. Пестициды и жизнь водоемов. К., "Наукова думка", 1972.
3. Врочинский К.К. О накоплении пестицидов в гидробионтах. – Гидробиол. журн., 1970, т.6, №4.
4. Гиренко Д.Б., Клисенко М.А. Определение хлорорганических ядохимикатов (алдрина, гексахлорана, гептахлора, ДДТ, ДДД, ДДЕ и др.) в воде, овощах, фруктах, молоке и продуктах его переработки и биологических средах методом хроматографии. – В кн.: Гигиена токсикология пестицидов и клиника отравлений. К., "Здоровье", 1967.
5. Гиренко Д.Б., Клисенко М.А. Применение метода газовой хроматографии для анализа остаточных количеств хлорорганических пестицидов. – Вопросы питания, 1970, № 2.

6. Молочников В.В., Мочалов В.И. Определение остатков пестицидов в молоке и молочных продуктах методом газовой хроматографии. М., "Наука", 1970.

7. Чмиль В.Д., Васягина Р.Д. Концентрирование остаточных количеств пестицидов из водных растворов. - В кн.: Газовая хроматография пестицидов. Материалы Первого Всесоюзного семинара по газохроматографическому анализу остатков пестицидов. Минск, 29.XI-I.XII 1972. Таллин, Изд-во АН ЭССР, 1972.

8. Aucamp P.J., Henry J.L., Stander G.H. Pesticide residues in South African marine animals. - "Marine Poll.Bull.", 1971, vol.2, № 12.

9. Bellan G., Peres J.M. La pollution dans le bassin mediterranean (quelques aspects en mediterranea Nordoccidentale et en haute Adriatique: (Leurs enseignements). - "FAO Technical Conference on Marine Pollution and its Effects on living Resources and Fishing". Rome, Italy, 9-18, December. 1970.

10. Brisou I. Contamination du littoral maritime et des fruits de mer par les pesticides. - Meded.Fac.landbouwwetensch.Rijksuniv. Gent., 1970, vol.35, № 2.

11. Butler P.A. Pesticides in the marine environment. - In: Organic Pesticides in the Environment. Advances in Chemistry Series. Amer.Chem.Society, Washington, 1966, № 60.

12. Butler P.A., Childres R., Wilson A.J. The association of DDT residues with losses in marine productivity "FAO Technical Conference on Marine Pollution and its Effects on living Resources and Fishing". Rome, Italy, 9-18, December, 1970.

13. Chesters G., Konrad J.G. Effects of Pesticide usage on water quality. - Bioscience, 1971, vol.21, № 12.

14. Cox I.L. DDT residues in seawater and particulate matter in the California Current system. - Fishery Bulletin, 1971, vol. 69, № 443.

15. Davis C.C. The effects of pollutants on the reproduction of marine organisms. "FAO Technical Conference on Marine Pollution and its Effects on living Resources and Fishing". Rome, Italy, 9-18, December, 1970.

16. Davis H.C. Effects of some pesticides on eggs and larvae of oysters (*Crassostrea virginica*) and clams (*Venus mercenaria*). - Comm.Fish.Rev., 1961, vol.23, № 12.

17. Duffy I.R., O'Connell D. DDT residues and metabolites in Canadian Atlantic Coast Fish. - J.Fish.Res.Bd.Canada, 1968, vol. 25, № 1.

18. Goerlitz D.F., Law Le Roy M. Chlorinated naphthalenes in pesticide analysis. - Bull.Environ.Contam. and Toxicol., 1972, №4.

19. Holden A.V. Organochlorine insecticide residues in salmonid fish. - In: Organic Pesticides in the Environment. Advances in Chemistry. Series № 60. Am.Chem.Soc., Washington. 1966.

20. Jensen S., Johnels A.G., Olsson M., Otterlind G. DDT and PCB in Marine Animals from Swedish waters. - Nature, 1969, vol.224, № 5216.

21. Lamar W.L., Goerlitz D.F. Determination of organic insecticides in water by electron capture gas chromatography. - In: Orga-

nic Pesticides in the Environment. Advances in Chemistry. Series M 60. Am.Chem.Soc., Washington. 1966.

22. Menzel W., Anderson J., Randtke A. Marine phytoplankton vary in their response to chlorinated hydrocarbons. -Science, 1970, vol.167, № 3926.

23. Moore N.W., Tatton J.O'G. Organochlorine Insecticide residues in the eggs of sea birds. -Nature, 1965, vol.207, № 4992.

24. Oertzen J. Die Meeresverschmutzung - ein Problem der Meeresbiologie. - "Biol.Rdsch.", 1972, vol.10, № 1.

25. Polikarpov G.G., Kulebakina L.G., Tsytsugina V.G., Andrushchenko V.V. Radioecology and chemoecology in the service of the protection of nature. - "Internat.Symp. Radioecology applied to the protection of man and his environment". Roma (Italia), 7-10 Septembre, 1971.

26. Reynolds I.M. Pesticide residue analysis in the presence of polychlorobiphenyls (PCB's). - "Residue Revs.34"(Berlin), 1971.

27. Robinson J. et al. Organochlorine residues in marine organisms. - Nature, 1967, vol.214, № 1307.

28. Saad Massoud A.H. Catastrophic effects of pollution on Egyptian waters near Alexandria (Summary). - "Rev.int.océanogr. méd.", 1971, № 24.

29. Sprague J.B., Duffy J.R. DDT residues in Canadian Atlantic fishes and chellfishes in 1967. - J.Fish.Res.Board,Canada, 1971, vol.28, №1.

30. Stenuit R. Pollution: les océans aussi! - Science et vie, 1970, vol.118, № 634.

31. Stout V.F., Beezhold F.L., Houle C.R. DDT residue levels in some U.S.Fishery products and the effectiveness of some treatments in reducing them. "FAO Technical Conference on Marine Pollution and its Effects on living Resources and Fishing". Rome, Italy, 9-18, December, 1970.

32. Ware G.W., Roan C.C. Interaction of pesticides with aquatic microorganisms and plankton. "Residue Revs.33", (Berlin), 1970.

33. Wurster C.F., Jr. DDT reduces photosynthesis by marine phytoplankton. - Science, 1968, vol.159, № 3822.

V.V.Andrushshenko, L.G.Kulebakina, D.B.Girenko

ORGANOCHLORINE PESTICIDES IN WATER AND ORGANISMS OF THE MEDITERRANEAN SEA

S u m m a r y

The highest concentration of DDT (DDT and its metabolites) in the investigated water areas of the Mediterranean Sea was determined at station № 12 in the mouth of the Po river ($4,1 \cdot 10^{-6}$ mg/l), the least concentrations were in the Gulf of Lion and the Ligurian Sea ($0,5 \cdot 10^{-6}$ mg/l and $0,8 \cdot 10^{-6}$ mg/l, respectively).

The detected concentration of DDT in the mouth of the Po river and Ebro were close ($4,1 \cdot 10^{-6}$ and $3,0 \cdot 10^{-6}$ mg/l) and three times as high as in the open areas - the Aegean, Ionian, Ligurian Seas and the Gulf of Lion.

The fishes caught in the mouth of the Ebro river contained higher concentrations of the organochlorine pesticides (0.0831 mg/kg) than the fishes from the Gulf of Lion (0.0504 mg/kg) and Po river (0.0268 mg/kg).

А.Г.Бенжицкий, Г.Г.Поликарпов

НЕФТЯНЫЕ АГРЕГАТЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ МОРЕЙ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО БАСЕЙНА

Спрос на нефть и нефтепродукты растет фантастическими темпами. Мировое производство нефти сейчас приближается к трем миллиардам тонн в год, 60% ее перевозится на танкерах. Во время этих перевозок в результате утечек и аварий каждый год разливается в моря и океаны миллионы тонн нефти [3]. Кроме того, нефть попадает в воду из буровых и насосных установок при эксплуатации скважин на шельфе.

Попавшая на поверхность водоема жидкая нефть в первые часы и сутки под воздействием температуры и движения воздуха теряет свои летучие фракции [2]. Нелетучие фракции нефти, очевидно, адсорбируются на взвешенных в морской воде частицах, которые затем сталкиваются друг с другом и слипаются. В результате сложных физико-химических и биологических воздействий образуются комочки нефтепродуктов, получившие название "нефтяные агрегаты" [3]. В 1968 г. качественно отмечено неравномерное распределение жидкого нефтяного загрязнения в Средиземном море [4].

Во время 70-го рейса нис "Академик А.Ковалевский" было отобрано 130 проб для количественного изучения распределения нефтяных агрегатов в центральных и западных районах Средиземного моря. Пробы собирали мальковым нейстонным тралом МНТ [1]. Сбор нефтяных агрегатов проводили на самом малом ходу и циркуляции судна (на руле $8-10^0$). Продолжительность одного траления составляла 15 мин. На каждой станции отбирали не менее 5-7 проб. Затем пробы фиксировали в 3%-ном растворе формалина и подвергли качественной и количественной обработке в судовой лаборатории.

Загрязненными нефтяными агрегатами оказались практически все моря по маршруту следования нис "Академик А.Ковалевский" (рис.1). Нами рассчитаны средние весовые характеристики нефтяных агрегатов, приходящиеся на квадратный метр поверхности морей Средиземноморского бассейна. Максимальное загрязнение в прибрежных районах Ионического, Тирренского, Лигурийского и Альборанского морей - в среднем 6,23; 5,78; 4,33 и 3,81 мг/м² соответственно. Более низкие величины

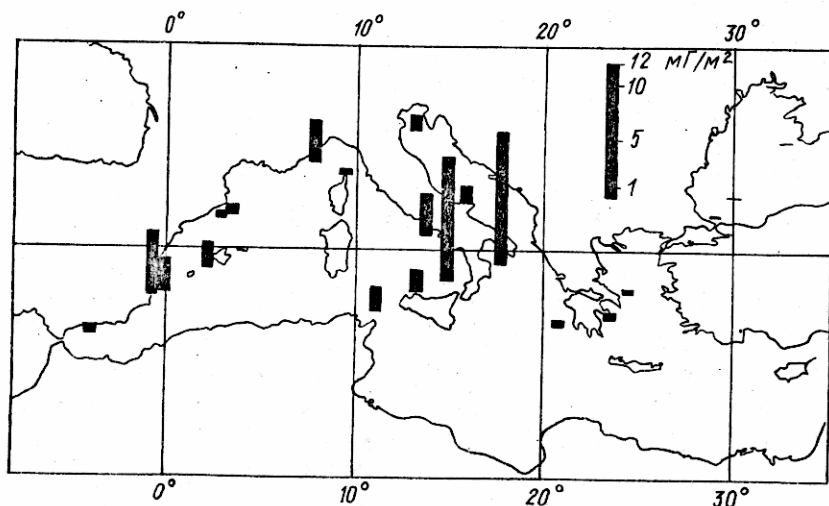


Рис. 1. Количественное распределение нефтяных агрегатов в поверхностных водах морей Средиземноморского бассейна.

установлены для Балеарского и Адриатического морей (соответственно 1,26 и 1,30 мг/м^2). Минимальное количество нефтяных агрегатов отмечено в Черном (0,10 мг/м^2) и Эгейском (0,25 мг/м^2) морях. Различные пробы нефтяных агрегатов отличались по размерным группам и общему весу. Для бассейна Средиземного моря впервые отмечены агрегаты, имеющие размеры 25, 40 и 55 мм и вес 3,0–110,0 г.

Для оценки распределения нефтяного загрязнения на поверхности моря проведено сопоставление проб, собранных на 10-мильных разрезах (рис. 2, 3). Установлено, что в поверхностном слое моря нефтяные агрегаты распределены полями площадью 7–11 тыс. м^2 . Подсчитано, что количество нефтяных агрегатов, приходящееся на квадратный метр поверхности на границах этих полей для Балеарского моря равно 0,22 мг/м^2 , а внутри поля – 8,43 мг/м^2 ; в центральной части Тирренского моря – 3,40 мг/м^2 на периферии и 10,56 мг/м^2 – и в центре нефтяного поля.

Нефтяные агрегаты, относящиеся к 4 и 5-й размерным группам (по классификации, предложенной Поликарповым, Егоровым и др. [3]) и выше, наиболее устойчивы и, очевидно, поэтому чаще всего покрыты перифитомом. Из организмов перифитона отмечены синезеленые водоросли *Cyanothraceae* и морские уточки *Lepas*. Рачки-изоподы *Idothea* также используют нефтяные агрегаты в качестве плавающего субстрата.

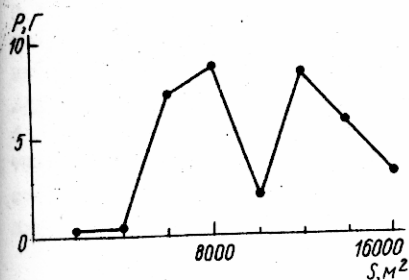


Рис. 2. Распределение нефтяных агрегатов на 10-мильном разрезе в поверхностном слое Балеарского моря (сбор МНТ 0,85 м).

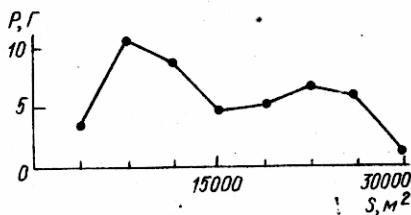


Рис. 3. Распределение нефтяных агрегатов на 10-мильном разрезе в поверхностном слое Тирренского моря (сбор МНТ 1,25 м).

На поверхности моря в прибрежных районах, особенно близ крупных портов, зарегистрированы значительные участки, покрытые жидкой нефтью. Побережье французского Лазурного берега, Неаполитанского залива и Гибралтара загрязнено жидкой нефтью и нефтяными агрегатами.

Сейчас трудно найти такую область человеческой деятельности, где бы не использовалась химическая продукция, насчитывающая около миллиона различных наименований. В начале 70-х годов городской житель в промышленно развитых странах потреблял в среднем 300–500 видов химической продукции в своей повседневной жизни. Такой бурный прогресс в области химии привел к интенсивному загрязнению акватории морей отходами и продуктами химической промышленности. Так, в поверхностном слое некоторых из исследованных морей Средиземноморского бассейна нами повсеместно установлены в значительном количестве гранулы синтетических материалов (до 54 гранул на 1 м^2), обрывки полиэтиленовых пленок и кусочки пластмассовых пластин (до 100 обрывков и кусочков на 1 м^2). В большом количестве на поверхности Средиземного моря наблюдались предметы бытовой химии – полиэтиленовые мешки, флаконы, банки, канистры, пластмассовая посуда и прочее. В Черном море такие виды загрязнений не отмечены.

Полученные данные свидетельствуют о значительном и все возрастающем загрязнении акваторий Средиземного моря нефтяными агрегатами – этим не только природным, но и антропогенным фактором. Черное море отличается значительной чистотой по сравнению с другими морями Средиземноморского бассейна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев Ю.П. Морская нейстонология. К., "Наукова думка", 1970.
2. Изъюрова А.И. Поведение нефти в водоеме. - Гигиена и санитария, 1955, №5.
3. Поликарпов Г.Г. и др. Нефтяные поля как экологическая ниша. - Природа, 1971, №11.
4. Поликарпов Г.Г., Зайцев Ю.П. Экологические процессы и охрана живой природы моря. - В кн.: Радиоэкологические исследования Средиземного моря. К., "Наукова думка", 1970.

A.G.Benzitsky, G.G.Polikarpov

OIL AGGREGATES IN SURFACE WATERS OF THE MEDITERRANEAN SEA

S u m m a r y

Investigations of quantitative distribution of oil aggregates in the Mediterranean Sea were performed during the 70th cruise of the ship "Akademik A.Kovalevsky" in 1972 in the central and western regions of the sea by means of the larvae-neuston trawl MNT invented by Yu.P.Zaitsev (1970).

Aggregates 40 and 50 mm in size and from 3 to 110 g in weight were found in the Mediterranean Sea. These aggregates were in the neuston layer with periphyton - Diatomaceae and Cyanophyceae, Lepas. Idothea use aggregates as a floating substrate.

Littoral zones of the Ionian, Tyrrhenian, Ligurian and Alboran seas are characterized of maximum pollution. The mean quantity of oil aggregates in the investigated regions is equal to 6,23; 5,78; 4,33; 3,81 mg/m², respectively. Minimum quantity of oil aggregates was marked for the Black and Aegean seas - 0,10 and 0,25 mg/m² on the average, respectively.

А.Г.Бенжицкий, Л.И.Сажина

НАКОПЛЕНИЕ КОБАЛЬТА-57 и ЖЕЛЕЗА-55 НЕКОТОРЫМИ ЗООПЛАНКТОННЫМИ ОРГАНИЗМАМИ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ

Изучение способности гидробионтов концентрировать радионуклиды из среды - одно из главных направлений исследований морской радиоэкологии [1]. Проведение подобных исследований важно в связи с усиливающимся интересом к поиску биоиндикаторов радионуклидов, к выяснению роли гидробионтов в миграции радиоактивных и химических элементов в море [2].

В настоящей работе приводятся предварительные данные по изучению в эксперименте накопления и выведения радионуклидов кобальта

и железа массовыми видами зоопланктона плейстонно-нейстонного комплекса Средиземного моря. Объектами исследования служили представители *Copepoda* (*Pontella mediterranea*, *Labidocera brunescens*), *Amphipoda* (*Hyperia latissima*, *Phronima Stebbingi*) и *Decapoda* (*Macropodia lonigrastris* - мегалопы). Сбор организмов проводили в период 70-го рейса нис "Академик А.Ковалевский" с помощью малькового нейстонного трала типа МНТ и сети Джеди на самом малом ходу и циркуляции судна.

Методика постановки экспериментов была следующей: в вегетационные сосуды, предварительно заполненные профильтрованной морской водой (из расчета 30 мл на один экземпляр зоопланктона), вносили аликвотное количество рабочего раствора радиоизотопа для получения активности - 10^{-5} С/л. Через некоторое время (30-40 мин) в активную морскую воду пересаживали зоопланктеров одной популяции, предварительно очищенных и промытых в чистой воде. Пробы воды и организмов для радиометрии отбирали из активной морской воды в интервалы времени, выраженные геометрической прогрессией. На каждую временную точку приходилось по три образца воды и организмов. После изъятия из раствора организмы ополаскивали в чистой морской воде, обсушивали фильтровальной бумагой и помещали для высушивания под инфракрасную лампу. Навески зоопланктеров рассчитывали по данным А.А. Shmeleva [4]. Радиометрические измерения проб в случае кобальта-57 производили одноканальным дифференциальным анализатором ААДО-I с датчиком УСД (кристалл NaJ (Te), фотоумножитель ФЭУ-13); в случае с железом-55 - пересчетной установкой Б-2 с торцевым счетчиком МСТ-17 в свинцовой защите. Точность счета составляла 10%.

Величины коэффициентов накопления различных изотопов одними и теми же группами организмов весьма сходны. Приведенные данные в таблице свидетельствуют о наличии видовой специфики в накоплении радиоактивных веществ зоопланктерами Средиземного моря. Повышенные коэффициенты накопления кобальта-57 и железа-55 у веслоногих рачков *Copepoda* позволяют включить их в ряд биоиндикаторов указанных радионуклидов.

Экспериментальные исследования динамики накопления *Copepoda* показали, что время достижения равновесного состояния зоопланктеров с раствором железа-55 колеблется от 20 до 44 часов. Отмечено у *Decapoda* достижение равновесия через два часа (рис. 1, 2). Коэффициенты накопления железа-55 колеблются от десятка у *Decapoda* до сотен единиц у *Copepoda*.

С раствором кобальта-57 зоопланктеры приходили в равновесное состояние через 12 часов в случае *Desaroda* и через 20 часов - в случае *Coreroda*. Для представителей *Amphipoda* не достигнуто стационарного коэффициента накопления из-за гибели организмов. Величины коэффициентов накопления кобальта-57 измерялись десятками (*Desaroda* и *Amphipoda*) и сотнями (*Coreroda*) единиц.

У одного и того же вида *Desaroda* процесс выведения радиоизотопов кобальта и железа происходил различно. За 12 часов *Desaroda* выводили в чистую воду 30% кобальта-57, а железа-55 - 80% (рис. 3). Следовательно, выведение *Desaroda* радиоизотопов железа происходит с большей скоростью.

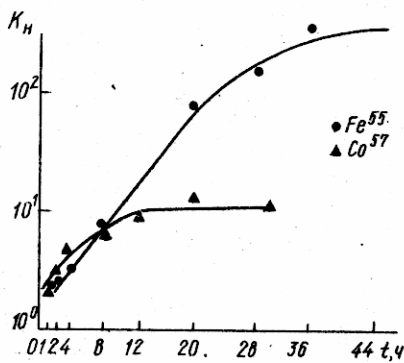


Рис. 1. Накопление радионуклидов железа и кобальта представителями *Coreroda* — *Pontella mediterranea* (▲) и *Labidocera brunescens* (●).

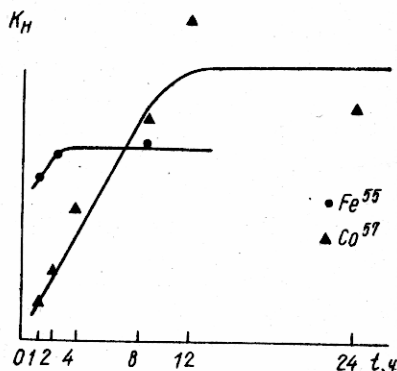


Рис. 2. Накопление радионуклидов железа и кобальта *Desaroda* *Macropodia longirastria*.

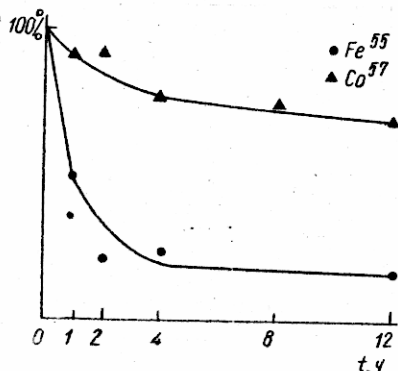


Рис. 3. Динамика выведения радионуклидов железа и кобальта *Desaroda* *Macropodia longirastria*.

Таким образом, среди изученных зоопланктеров Средиземного моря биоиндикаторами радионуклидов железа и кобальта служат представители *Coreroda*, весь жизненный цикл которых протекает

Накопление кобальта-57 и железа-55 зоопланктонами
Средиземного моря

Радионуклид	В и д	Достигнутый коэффициент накопл.	Время достижения, час	Достижения равновесия
Co ⁵⁷	<u>Copepoda</u>			
	<i>Pontella mediterranea</i>	107	30	Достигли
	<u>Amphipoda</u>			
	<i>Hyperia latissima</i>	11	12	Неизвестно
	<i>Phronima Stebbingi</i>	8	12	"
	<u>Decapoda</u>			
	<i>Macropodia longirastria</i> (мегалопы)	31	12	Достигли

Fe ⁵⁵	<u>Copepoda</u>			Видимо
	<i>Labidocera brumescens</i>	380	44	достигли
	<i>Pontella mediterranea</i>	194	28	"
	<u>Decapoda</u>			
	<i>Macropodia longirastria</i> (мегалопы)	20	2	Достигли

в приповерхностном биотопе. Эти эвгипонейстонные организмы широко распространены в Мировом океане [3], первыми взаимодействуют с радиоактивными атмосферными выпадениями и, очевидно, играют значительную роль в переносе радионуклидов кобальта и железа из приповерхностного микрогоризонта моря в толщу воды и на дно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поликарпов Г.Г. Радиозэкология морских организмов. М., Атомиздат, 1964.
2. Поликарпов Г.Г. и др. Накопление радионуклидов животными Средиземного моря. - В кн.: Радиозэкологические исследования Средиземного моря. К., "Наукова думка", 1970а.
3. Поликарпов Г.Г. и др. Радиозэкология тропических морей средиземноморского типа. - В кн.: Морская радиозэкология. К., "Наукова думка", 1970б.
4. Shmeleva A.A. Weight characteristics of the zooplankton of the Adriatic Sea. - Bull.Inst.Oceanogr.Monaco, 1965, vol.65, p.1351.

A.G.Benzhitsky, L.I.Sazhina

ACCUMULATION OF Co^{57} AND Fe^{55} BY SOME
ZOOPLANKTON ORGANISMS OF THE MEDITERRANEAN SEA

S u m m a r y

Among the studied zooplankters of the Mediterranean Sea the Copepoda representatives serve as bioindicators of Fe and Co radioisotopes. Their whole vital cycle occurs in the biotope attached to the water surface. These organisms are widely distributed in the Pacific Ocean, they are the first to interact with the radioactive falls and might be of great importance in the transfer of Co and Fe radionuclides from the surface microhorizon of the sea to the water thickness and bottom.

Л.Г.Кулебакина

НАКОПЛЕНИЕ Mn^{54} , Fe^{55} , Co^{57} и Ca^{45} ИДОТЕА МЕТАЛЛИКА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕСА

Вопросу изучения накопления радионуклидов морскими животными в зависимости от веса уделяется большое внимание. При его решении можно использовать две гипотезы: 1) если в поглощении радионуклидов большую роль играет поверхностная адсорбция, то, чем больше животное имеет поверхность в расчете на единицу веса, тем выше должны быть коэффициенты накопления радионуклида и интенсивнее должно идти накопление [$1/Q$] и 2) в накоплении радионуклидов или обмене химических элементов существенную, определяющую роль играет общий метаболизм животного, энергетический обмен, для которого найдена степенная зависимость от веса организма [$1-5$].

При изучении зависимости накопления радионуклидов от веса животных различными авторами получены противоположные результаты. Osterberg, Small and Hubbard (1963) установили, что поверхностная адсорбция у макропланктона (*Salpa* sp., *Euphausia pacifica*, *Calanus cristatus*) играет относительно незначительную роль в накоплении K^{40} , Zn^{65} , Zr^{95} , Nb^{95} , Ru^{103} , 106 , Sr^{51} и Ce^{141} . Авторы проводили сравнение между двумя разными видами (*Euphausia* и *Calanus*) и диапазон сравниваемых размерных групп был невелик — 10–23 мм.

В другой работе [6], проведенной на лангустах (2–25 г), также не обнаружено каких-либо зависимостей между размером животного, скоростью и степенью накопления Cs^{137} .

К противоположному выводу приходят (Khan, Niyama [7], [9], Liscu, Jelizavčic [8]) — накопление Cs^{137} у омаров, рыб, мидий и крабов находится в степенной зависимости от веса тела.

Накопление радионуклидов идотоями в зависимости
от веса (на сырой вес)

Mn⁵⁴

P, мг	1,0	1,0	1,2	1,3	2,0	2,5	4,0
Уд.акт/г	20000	13000	12500	14620	11000	4500	9750
P, мг	4,0	4,5	5,5	6,0	6,0	8,0	10
Уд.акт/г	5000	4670	5820	1500	9830	11880	7400
P, мг	12	13	14	19	20,5	23,5	26
Уд.акт/г	3750	5430	7140	5370	5850	10720	5690
P, мг	35	51	109	159	229		
Уд.акт/г	3750	4670	4460	2690	2380		

Fe⁵⁵

P, мг	0,5	1,5	6,0	6,5	6,5	8,0	9,5
Уд.акт/г	164000	135330	52670	33080	24460	78500	21580
P, мг	10	10	10	17	19	21	25
Уд.акт/г	47100	35900	20900	17240	16630	15570	9000
P, мг	29,5	31	38	53	62	154,5	181,5
Уд.акт/г	18610	13000	14180	4020	8810	2630	2370

Co⁵⁷

P, мг	0,8	1,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,8
Уд.акт/г	95000	151000	134500	242000	198000	82000	287500
P, мг	5,0	5,1	6,9	7,2	8,0	10,0	16,9
Уд.акт/г	119200	275680	122900	125280	20380	124900	73790
P, мг	19,5	21	35	85	98	113,5	136
Уд.акт/г	83850	13710	13460	19560	21700	17630	16940

Ca⁴⁵

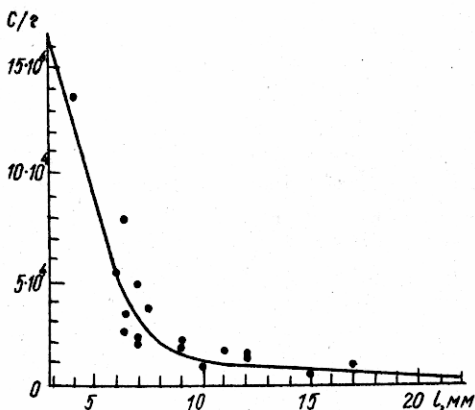
P, мг	5	6	11	14	16		
Уд.акт/г	33	100	53	33	54		
P, мг	16	37	40	49	52		
Уд.акт/г	33	23	27	34	29		
P, мг	98	106	188	247	338		
Уд.акт/г	13	11	5,3	7,7	6,8		

Исходя из таких противоречивых сведений нами были проведены соответствующие эксперименты по выяснению степени зависимости накопления Mn^{54} , Fe^{55} и Co^{57} морскими равноногими *Idotea metallica*. Рачков собирали на свет сачком с поверхности моря.

В стеклянные аквариумы наливали 1 л воды, вносили соответствующий радиоизотоп и сажали около 20-30 экземпляров *Idotea* разных размеров. Для питания рачков в аквариумы вносили кусочки ульвы, мальков рыб и пр. Через двое-трое суток всех рачков вынимали, взвешивали, затем высушивали под инфракрасной лампой и снова взвешивали. Расчеты удельной активности и коэффициентов накопления делали как на сухой, так и на сырой вес.

Данные по удельной активности Mn^{54} , Fe^{55} , Co^{57} и Ca^{45} на 1 г веса идотей в зависимости от веса показывают, что чем больше вес животного, тем менее интенсивно он накапливает радионуклид.

На рисунке изображена зависимость накопления Fe^{55} идотейми от размера тела. Как видно, эта зависимость аналогична весовой.



Зависимость между коэффициентом накопления Fe^{55} и длиной тела идотей.

Таким образом, опытами установлено, что у идотей накопление изученных радионуклидов происходит в соответствии с общими закономерностями обмена веществ в организме у ракообразных, который определяется весом или размером тела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности ракообразных. - Журн. общей биологии, 1950, т. II, вып. 5.
2. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск, Изд-во Белорусского ун-та, 1956.

3. Ивлев В.С. Зависимость интенсивности обмена у рыб от веса их тела. - Физиол. журн. СССР 1954, т.40, №6.

4. Сущеня Л.М. Количественные закономерности метаболизма и трансформации вещества и энергии ракообразными. Автореф. докт. дис. М., 1969.

5. Сущеня Л.М. Интенсивность дыхания ракообразных. К., "Наукова думка", 1972.

6. Bryan G.W., Ward E. Potassium metabolism and the accumulation of caesium¹³⁷ by Decapod Crustacea. - J.Mar.Biol.Assoc. U.K., 1962, vol.42, № 2.

7. Khan U., Hiyama Y. Mutual effect of Sr-Ca upon their uptake by fish and freshwater plants. - Records of Oceanographic works in Japan, 1964, vol.7, № 2.

8. Lucu Č., Jelisačić O. Uptake of Cs¹³⁷ in some marine animals in relation to temperature, salinity, weight and moulting. - Int.Rev.gesamt. Hydrobiol., 1970, vol.55, № 5.

9. Morgan F. The uptake of radioactivity by fish and shellfish. 1. Uptake of Cs¹³⁷ by whole animals. - J.Mar.Biol.Assoc. U.K., 1964, vol.4.

10. Osterberg C., Small C., Hubbard L. Radioactivity in large marine plankton as a function of surface area. - Nature, 1963, vol.197, № 4870.

L.G.Kulebakina

CONCENTRATION OF Mn⁵⁴, Fe⁵⁵, Co⁵⁷ AND Ca⁴⁵ BY
IDOTHEA METALLICA IN DEPENDENCE ON WEIGHT

S u m m a r y

Concentration of Mn⁵⁴, Fe⁵⁵, Co⁵⁷ and Ca⁴⁵ by Idothea
metallica is an exponential function of the body weight and length.

Л.Г.Кулебакина, Г.Е.Лазоренко

ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВОМ И ЖИВЫМИ ОРГАНИЗМАМИ

О связывании марганца-54, железа-55 и кобальта-57 взвешенным веществом морской воды

Под взвешенным веществом или взвесью понимаются все частицы, находящиеся в толще морской воды и имеющие размеры от 1 мм до 0,1-0,01 мк [5, 6].

Количество взвеси в поверхностных водах морей и океанов колеблется в пределах 0,5-4-5 г/м³ [2, 6]. Для открытых частей океанов наиболее характерно содержание взвеси 0,5 - 1,5 г/м³. В морях концентрация взвеси обычно выше, чем в океанах, что связано как с более обильным поступлением минерального материала, так и с богатством органической жизни.

Распределение взвеси тесно связано с климатической зональностью, зависит от физико-географической обстановки. В поверхностных слоях большое значение имеют также сезонные изменения (поступление речной взвеси, развитие планктонных организмов, абразия и др.).

Изучение гранулометрического состава взвеси, собранной методом сепарации, показало, что на 70–99% взвешенное вещество составляют частицы размером менее 0,01 мм, мелкоалевритовый материал – до 15–30%, а крупный алеврит и песчаный материал – не более 0,5–1%. Фракция взвеси менее 1 мк составляет до 30–60%.

Геохимическая роль взвешенного вещества в морях и океанах известна. Большой интерес представляет изучение взвеси и для радиоэкологии как одного из возможных путей переноса радиоактивности в морской среде. В связи с тем, что долгое время основным источником поступления радионуклидов в морскую среду были ядерные взрывы, в основном исследовалось физическое состояние осколочных продуктов ядерных взрывов [8, 12]. Изучению физического состояния наведенных радионуклидов при поступлении их в морскую воду уделялось меньше внимания [15].

Для исследования особый интерес представляют радионуклиды таких микроэлементов, как железо, кобальт и марганец. В литературе сведений о формах нахождения радиоактивных или стабильных кобальта, марганца и железа в морской воде чрезвычайно мало. С.А.Латин (1966) в сводке, составленной по литературным данным, указывает, что железо на 70–100% находится в твердой фазе, марганец – на 40%. Известно, что железо концентрируется преимущественно во фракции взвеси размером менее 1 мк [7]. Тонкодисперсная коллоидная форма существования в поверхностных водах характерна, по-видимому, и для марганца. Кобальт в морской воде определяется в основном в виде соединения витамина B_{12} , а также в виде других органических соединений [1]. Адсорбционная активность кобальта крайне невелика – меньше, чем у цинка [14].

Экспериментальные исследования адсорбируемости радионуклидов железа-55 и кобальта-60 на взвеси в морской воде показали, что степень адсорбируемости их зависит от размеров частиц [15].

Размер частиц, мк	<u>Коэффициенты накопления на сухой вес</u>	
	железо-55	кобальт-60
18	23,0 · 10 ²	93,0 · 10 ²
10–18	0,6 · 10 ²	4,2 · 10 ²
5–10	8,0 · 10 ²	24,0 · 10 ²
1–5	0,6 · 10 ²	0,27 · 10 ²
0,5–1	0,6 · 10 ²	0,11 · 10 ²

По сравнению со стабильным железом радиоактивное железо-55 концентрируется в основном на частицах, размер которых больше 1 мк-от 5 до 18 мк.

Методика. Для того чтобы выяснить, происходит ли оседание радионуклидов на взвешенном веществе морской воды, ставили опыты по следующей схеме. В один стакан наливали 50 мл морской воды, профильтрованной через мембранный фильтр с диаметром пор 0,3-0,5 мк (фильтр № 2), в другой стакан наливали 50 мл нефилтрованной воды. В оба стакана вносили соответствующий радионуклид и через определенные промежутки времени отбирали пробы воды из стаканов для контроля за исходной радиоактивностью раствора, затем воду фильтровали (фильтр № 2) и отбирали пробы воды из фильтра для выяснения количества радионуклида, проходящего в фильтрат.

В других опытах выясняли взаимодействие радионуклида со взвесью разного размера во времени. Для этого в сосуд с 1 л нефилтрованной морской воды вносили тот или иной радионуклид и через определенные промежутки времени профильтровывали последовательно aliquоту воды (100 мл) сначала через фильтр № 3 (диаметр пор 1,2-2,5 мк), затем - через фильтр № 2. Пробы воды отбирали в аквариуме (начальная активность) и в фильтрах. Сравнивая радиоактивность воды из аквариума и из фильтратов с радиоактивностью фильтров, судили о количестве радионуклида, перешедшего на взвесь. Для удаления радиоактивности из толщ фильтров их промывали 5 мл чистой морской воды, пропуская ее через фильтр.

В последнем варианте опытов определяли коэффициенты накопления радионуклидов взвешенными частицами разного размера. Aliquotу воды последовательно фильтровали через три фильтра с разными диаметрами пор: 1,2-2,5 мк, 0,3-0,5 и 0,1-0,3 мк (фильтры № 3, № 2 и № 1). Воду пропускали через два одинаковых фильтра, первый - задерживал взвешенные частицы определенного диаметра, второй - служил фоном. Определяя вес взвешенного вещества на фильтрах, высчитывали коэффициенты накопления радионуклида для взвеси в пересчете на сухой вес.

Для работы использовали солянокислые растворы хлористых соединений радионуклидов без носителей: $Mn^{54}Cl_2$, 1 Н, $1 \cdot 10^{-5}$ с/мл; $Fe^{55}Cl_3$, 1 Н, $1 \cdot 10^{-4}$ с/мл и $Co^{58}Cl_2$, 1 Н, $1 \cdot 10^{-4}$ с/мл.

Результаты. В ходе работы выяснилось следующее.

При содержании растворов морской воды с радионуклидами в стеклянных аквариумах часть радиоактивности адсорбируется на стенках сосудов. В частности, за время экспозиции (двое суток) на стенки сосудов переходит до 20% кобальта-57, до 45% марганца-54 и желе-

за-55, что необходимо учитывать при постановке опытов с этими радионуклидами.

Во время фильтрования потери радиоактивности на стенках колбы, воронки и на пористой пластинке достигают 2-10% у кобальта-57 и железа-55 и 20%-у марганца-54.

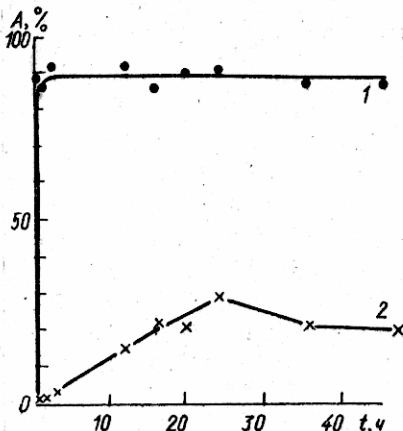


Рис. 1. Адсорбция радионуклидов железа-55 (1) и марганца-54 (2) из морской воды на взвешенное вещество во времени, %.

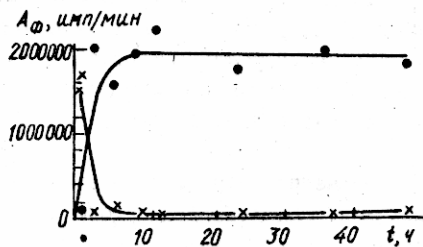


Рис. 2. Адсорбция железа-55 на взвешенных частицах разного диаметра во времени: 1-1,2-2,5 μ ; 2-0,3-0,5 μ .

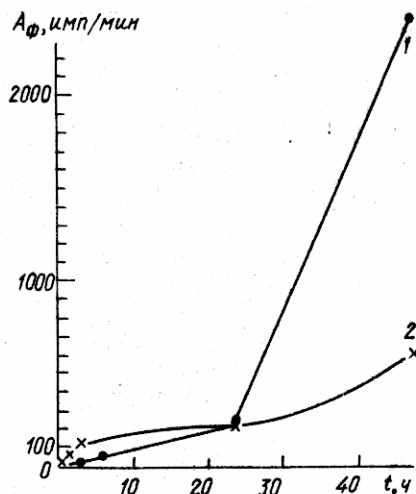
При пропускании радиоактивных растворов морской воды через фильтр № 2 (0,3-0,5 мк) на взвешенных частицах адсорбируется до 20-30% марганца-54 и 85-90% железа-55 (рис. 1) и практически не адсорбируется кобальт-57 (0,1-1,3%).

Фракционное фильтрование через фильтры с разным диаметром пор показало, что в первые минуты после внесения раствора железа-55 в морскую воду, большая часть радиоактивности адсорбируется на менее крупных частицах (рис. 2), но постепенно возрастает роль более крупных частиц в адсорбировании железа-55, и к 12 часам большая часть железа-55 оказывается адсорбированной на более крупных частицах.

Марганец-54 в морской воде при фракционном фильтровании в первые сутки адсорбировался практически одинаково на частицах разного диаметра, а ко вторым суткам стала резко возрастать адсорбируемость его на крупных частицах (рис. 3).

Коэффициенты накопления (или коэффициенты адсорбции) высчитывались как отношение удельной радиоактивности каждой фракции взвешенного вещества

Рис. 3. Адсорбция марганца-54 на взвешенных частицах разного диаметра во времени: 1-1,2-2,5 μ ; 2-0,3-0,5 μ .



Т а б л и ц а I

Коэффициенты накопления марганца-54, железа-55 и кобальта-57 у взвешенного вещества морской воды разного размера

Радионуклид	Время экспозиции	Коэффициенты накопления		
		1,2-2,5 мк	0,3-0,5 мк	0,1-0,3 мк
Mn ⁵⁴	1 час	-	-	-
	3 час	-	400	13
	6 час	100	40	30
	1 сут.	500	450	50
	2 сут.	$3 \cdot 10^3$	750	4
Co ⁵⁷	1 час	-	200	-
	3 час	-	140	14
	6 час	90	120	20
	1 сут.	-	200	-
Fe ⁵⁵	1 час	$6 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^3$	200
	3 час	$6 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^3$	-
	6 час	$9 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	45
	2 сут.	$12 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	100

(на 1 г сухого веса) к радиоактивности 1 мл нефилтрованной воды. Самые высокие коэффициенты накопления получены для частиц размером 1,2-2,5 и 0,3-0,5 мк; железа-55 - $2 \cdot 10^3$ - $12 \cdot 10^4$, марганца-54 - 100-500 и даже $3 \cdot 10^3$ и кобальта-57 - 100-200, для частиц размером 0,1-0,3 мк коэффициенты накопления составляют 10-200 единиц (табл. I).

Выводы. Полученные данные находятся в соответствии с литературными сведениями о нахождении в морской воде железа на 70-100% в твердой фазе, а марганца-54 - на 40%, кобальт практически не адсорбируется на взвеси.

Коэффициенты накопления у марганца-54 и кобальта-57 не превышают 10^2 , а у железа-55 достигают десятков тысяч.

Взвешенное вещество, при его огромном количестве в морях и океанах и при таких больших коэффициентах накопления железа, марганца и кобальта, должно играть заметную роль в перераспределении этих радионуклидов в морской среде.

Накопление стронция-90, кобальта-57 и железа-55 некоторыми средиземноморскими организмами

Наши исследования и литературные данные показывают, что стронций, кобальт и железо в морской воде находятся в разном состоянии: стронций преимущественно в ионной форме, кобальт - в комплексной связи с органическими молекулами, железо - в виде частиц [14, 16]. Поэтому интересно изучить в сравнении накопление радионуклидов этих трех элементов водорослями.

Опыты с железом-55 и стронцием-90 проводили на бурых водорослях, с кобальтом-57 - на красных водорослях.

В табл. 2 представлены коэффициенты накопления стронция-90 в расчете на сухой и сырой вес для двух видов водорослей - *Cystoseira fuscoides* Eusegov и *Dictyopteris polipodioides* (Desf) - и некоторых ракообразных. Коэффициенты накопления стронция-90 у этих водорослей не превышают 200 единиц на сухой вес и 20 на сырой вес и согласуются с данными, полученными на других бурых водорослях Средиземного моря [4]. Коэффициенты накопления стронция-90 у ракообразных (*Amphiroda* и *Leander squilla*) примерно на порядок ниже: $20,7 \pm 4,8$ (на сухой вес) и до $7,2 \pm 1,7$ (на сырой вес). Накопление радиостронция у водорослей достигало равновесия на третьи-пятые сутки, после перенесения их в чистую воду через четверо суток из водорослей выводилось до 80% радиостронция, что согласуется с данными, полученными для черноморских водорослей о быстром обмене и значительном выведении радиостронция у бурых водорослей [11].

Накопление радиостронция водорослями обратно пропорционально зависит от солености воды [10], что объясняется изменением содержания в воде изотопного и неизотопного носителей стронция [9, 13]. Большое значение при этом имеет и общая соленость воды, которая влияет на фотосинтез водорослей [3]. Поэтому представляло интерес изучать накопление кобальта-57 и железа-55 водорослями в воде разной солености.

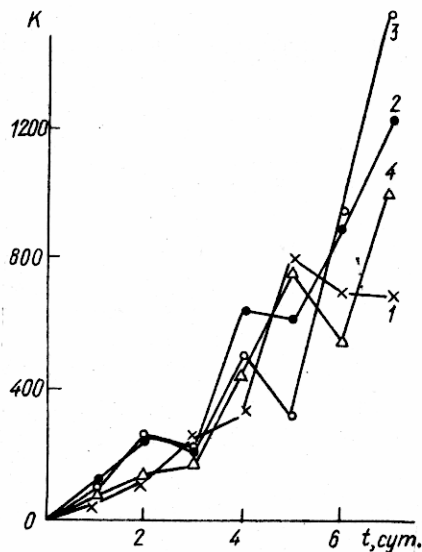
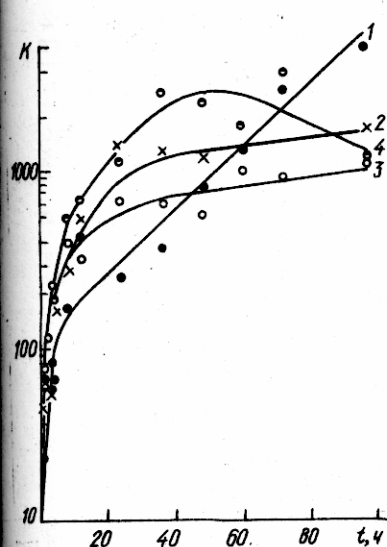


Рис. 4. Коэффициенты накопления (на сухой вес) кобальта-57 у *Crasillaria compressa* в воде разной солености:
1 (•) - 35,6%; 2 (x) - 28,5; 3 (o) - 18,9; 4 (o) - 9,5%.

Рис. 5. Коэффициенты накопления (на сухой вес) железа-55 у *Cystoseira corniculata* в воде разной солености:
1 (x) - 38,1%; 2 (•) - 34,0; 3 (o) - 31,1; 4 (Δ) - 27,1%.

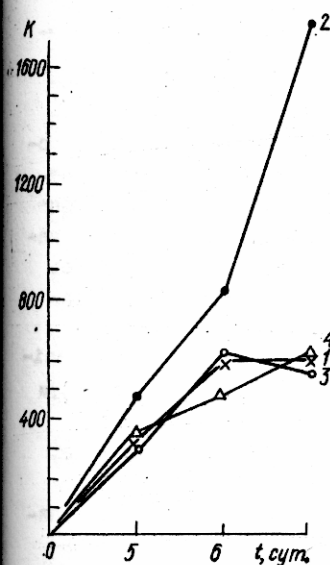


Рис. 6. Коэффициенты накопления (на сухой вес) железа-55 у *Cystoseira abrotanifolia* в воде разной солености:
1 (x) - 38,1%; 2 (•) - 34,0; 3 (o) - 31,1; 4 (Δ) - 27,1%.

Т а б л и ц а 2

Накопление стронция-90 некоторыми гидробионтами Средиземного моря

Гидробионт	Время экспедиции, сут.	Коэффициенты накопления	
		на сухой вес	на сырой вес
<i>Cystoseira fucoides</i>	I	125 ± 2	14,3 ± 0,3
" "	2	157 ± 5	20,3 ± 0,6
" "	3	171 ± 11	20,4 ± 1,3
<i>Cystoseira fucoides</i>	9	139 ± 4	18,3 ± 0,5
" "	II	99 ± 3	11,9 ± 0,4
<i>Dictyopteris polipodioides</i>	2	102 ± 13	9,1 ± 1,2
" "	4	128 ± 23	12,1 ± 2,2
" "	9	96 ± 5	11,0 ± 0,2
" "	II	113 ± 4	13,8 ± 0,2
<i>Amphipoda</i>	I	10,3 ± 3,1	3,7 ± 0,9
" "	2	16,1 ± 2,0	5,2 ± 0,8
" "	3	17,5 ± 4,9	5,0 ± 1,0
" "	4	17,0 ± 0,3	5,4 ± 0,9
" "	9	18,7 ± 3,8	6,8 ± 1,5
" "	II	20,7 ± 4,8	7,2 ± 1,7
<i>Leander squilla</i>	4	17,0 ± 1,0	4,58 ± 0,27

На рис. 4 показано накопление кобальта-57 красной водорослью *Gracillaria compressa* (Ag.) Grøv. в воде разной солености. В воде обычной солености (35,6‰) накопление кобальта-57 водорослями к четвертым суткам опыта не достигало равновесия (коэффициент накопления 5000 на сухой вес). В первые сутки опыта уменьшение солености воды (28,5‰, 18,9 и 9,5‰) вызывало увеличение накопления кобальта-57 (кривые 2, 3 и 4), которое затем сменялось подавляющим действием, тогда как в воде обычной солености (кривая 1) накопление кобальта-57 продолжалось.

Накопление железа-55 бурными водорослями *Cystoseira abrotanifolia* Ag. и *S. corniculata* Husk не зависело заметно от солености воды в диапазоне 38-27‰ (рис. 3 и 6). Исключение отмечается для солености 34‰, кривая 2, где накопление было заметно выше, чем при других соленостях.

Таким образом, радионуклиды стронция, кобальта и железа, находясь в разном физико-химическом состоянии в морской воде, накапливаются водорослями по разным механизмам. Накопление стронция-90 четко зависит от солености, которая меняет механизм минерального обмена в водорослях, накопление кобальта-57 в воде пониженной солености со временем подавляется, а накопление железа-55 от солености не зависит.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Виноградов А.П. Введение в геохимию океана. М., "Наука", 1967.
2. Витюк Д.М., Чистенко В.М. Содержание взвешенного вещества в водах Адриатического моря. - В кн. Экспедиционные исследования в Средиземном море в сентябре-декабре 1967 г. К., "Наукова думка", 1969.
3. Дробышев В.П. Солеустойчивость некоторых видов бурых водорослей Белого моря. - Цитология, 1970, т.12, № 7.
4. Кулесакина Л.Г. Накопление радионуклидов растениями Средиземного моря. - В кн.: Радиэкологические исследования Средиземного моря. К., "Наукова думка", 1970.
5. Лисицын А.П. Новые данные о распределении и составе взвешенных веществ в морях и океанах в связи с вопросами геологии. - ДАН СССР, 1959, т.126, № 4.
6. Лисицын А.П. Распределение и состав взвешенного материала в морях и океанах. - В кн.: Современные осадки морей и океанов. М., Изд-во АН СССР, 1961.
7. Лисицын А.П. Распределение и химический состав взвеси в водах Индийского океана. - Результаты исследований по программе МГТ, № 10, М., 1964.
8. Патян С.А. К вопросу о формах существования и миграции искусственных радионуклидов в морской воде. - В кн.: Исследования радиоактивной загрязненности вод Мирового океана. Труды Ин-та океанологии, т.82. М., 1966.
9. Поликарпов Г.Г. Закономерности радиэкологических процессов концентрирования в морях и океанах. М., Атомиздат, 1968.
10. Поликарпов Г.Г., Кулесакина Л.Г. Способность водорослей накапливать радиостронций в воде разной солености. - В кн.: Радиэкологические исследования Средиземного моря. К., "Наукова думка", 1970.
11. Поликарпов Г.Г., Тен В.С. Кинетические закономерности выхода стронция-90 из *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.) ... Научные доклады высш. шк.-Биол. науки, 1962, № 4.
12. Freiling E.O., Ballou N.E. Nature of nuclear debris in sea water. - Nature, 1962, vol. 195, N 4848.
13. Glaser R. Ein Beitrag zur Frage der Tragerabhängigkeit bei der Abreicherung radioaktiver Isotope durch Wasserorganismen aus wasserger Lösung. - Biolog. Zentralb., 1961, Bd., 81, S. 5.
14. Krauskopf K. Factors controlling the concentrations of thirteen rare metals in sea water. - Geochim. and Cosmochim. acta, 1956, vol. 3.
15. Nishiwaki Y. et al. Studies on the release of radioactivities from the ion exchange resins into the sea water from Proceedings of the First Inter. Congress of Radiation Protection held at Rome, September, 510, 1966. Pergamon Press, Oxford and New York, 1968.
16. Robertson D.E. Influence of the physico-chemical forms of radionuclides and stable trace elements in seawater in relation to uptake by the marine biosphere. Battelle Pacific Northwest Laboratories Richland, Washington, 99352 USA, 1971.

STUDY OF ACCUMULATION OF SOME RADIONUCLIDES
BY SUSPENDED MATTER AND LIVING ORGANISMS

S u m m a r y

About 70-100% of Fe^{55} and 40% of Mn^{54} in sea water are in the solid phase, but Co^{57} practically is not absorbed on the particle.

The highest concentration factors are obtained for the particles 1,2-2,5 μ and 0,3-0,5 μ in size: $2 \cdot 10^3$ for Fe^{55} , $5 \cdot 10^2$ - $3 \cdot 10^3$ for Mn^{54} and 100-200 for Co^{57} . Concentration factors of these radionuclides for the particles 0,1-0,3 μ in size are equal to 10-200 units.

The accumulation mechanisms of algae are different for Sr, Co and Fe radionuclides which are in different physicochemical state in sea water. The concentration of Sr^{90} depends on salinity of water and mechanism of Sr^{90} metabolism is changed in algae. The concentration of Co^{57} by algae in sea water of lower salinity is suppressed with time, but that of Fe^{55} does not depend on salinity.

Г.Е.Лазоренко

ИОНООБМЕННЫЕ СВОЙСТВА АЛГИНАТОВ РАЗЛИЧНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ В МОРСКОЙ ВОДЕ

Исследованиями сорбционных свойств морских бурых водорослей, в частности черноморской бурой водоросли *Cystoseira barbata* [4, 9], установлено, что в состав цистозиры входит вещество, отвечающее за сорбцию стронция-90 этой водорослью.

Д.Д.Рындина и Г.Г.Поликарпов [1] предположили, что сравнительно высокие коэффициенты стронция-90 убитой и живой водорослью *Cystoseira barbata* зависят от содержания в ней альгиновой кислоты.

Установлено, что альгиновая кислота входит в структуру водоросли в виде солей двухвалентных металлов [13] и что альгинаты связаны с различными катионами в разных частях растения [10].

Альгиновая кислота и альгинаты достаточно устойчивы к сильным внешним воздействиям. Так, гидролиз ее кислотой или водой даже при повышенном давлении никогда не доходит до конца [2].

Хауг и Ларсен [14] считают, что это вызвано структурой альгиновой кислоты и ее солей. В состав ее входят γ -гулуруновая и δ -маннуруновая кислоты [13]. Это следует иметь в виду при изучении связывания альгиновой кислотой ряда химических элементов.

и Co^{57} измерение активности проводили на установке ААДО-I с датчиком УСД-I (кристалл NaI/Tl (40x40), ФЭУ-13). Самопоглощение излучения в пробах учитывалось. Активность воды и альгината в случае Sr^{90} определяли после достижения равновесия Sr^{90} с дочерним Y^{90} .

Результаты экспериментов по накоплению и выведению Mn^{54} , Fe^{55} , Co^{57} и Sr^{90} альгинатами (2, 3) и альгиновой кислотой (I) в морской воде представлены в таблице и на рис. 1 - 7.

Коэффициенты накопления Mn^{54} , Fe^{55} , Co^{57} и Sr^{90} альгинатами различного происхождения из морской воды

Вещество	Радионуклиды, коэффициенты накопления			
	Mn^{54}	Fe^{55}	Co^{57}	Sr^{90}
Альгиновая кислота (I) (Архангельский водорослевой комбинат)	5,2	77,3	II	44,5
Альгинат кальция (2) из черноморской бурой водоросли <i>Cystoseira barbata</i>	101	245	63,5	182
Альгинат кальция из средиземноморской бурой водоросли <i>Cystoseira corniculata</i>	122663	137,1	1510	519

Как видно из таблицы и рисунков, монообменные свойства альгинатов по отношению к изучаемым нуклидам сильно отличаются.

Так, коэффициенты накопления Mn^{54} альгинатом кальция из средиземноморской цистозиры больше на три порядка, чем альгинатом кальция из черноморской бурой водоросли *Cystoseira barbata* и в 20000 раз больше таковых у альгиновой кислоты (I).

Кривые выведения этого же нуклида в неактивную морскую воду (рис. 1; кривая I) показывают, что Mn^{54} , возможно, альгиновой кислотой (3) не связывается, так как он не обнаруживается в пробах кислоты, взятых через 2 часа от начала опыта, и значение коэффициента накопления (K_n) Mn^{54} , равное 5,2, вызвано, вероятно, механическим осаждением на этом веществе данного нуклида.

Марганец-54 быстро выводится альгинатом кальция, полученным из средиземноморской бурой водоросли *Cystoseira corniculata*, - через 9 часов от начала опыта в нем остается лишь 12% от начальной

активности этого нуклида (рис. 1, кривая 3) и 37% соответственно в альгинате кальция, выделенном из черноморской цистозеры (рис. 1, кривая 2).

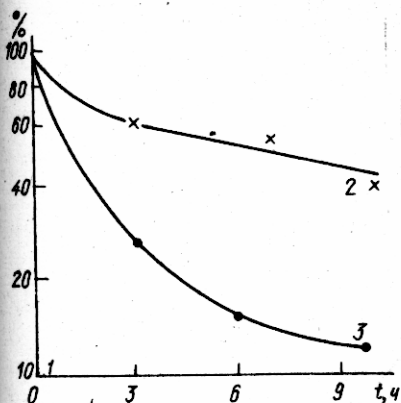


Рис. 1. Выведение Mn^{54} в морскую воду:
1 - альгиновой кислотой (1); 2 - альгинатом кальция из черноморской цистозеры (2); 3 - альгинатом кальция из средиземноморской цистозеры (3).

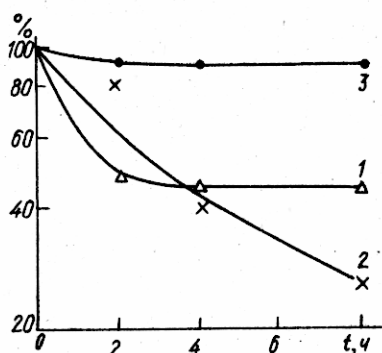


Рис. 2. Выведение Fe^{55} в морскую воду:
1 - альгиновой кислотой (1); 2 - альгинатом кальция (2); 3 - альгинатом кальция (3).

Железо-55 (см. таблицу и рис. 2) больше всего накапливает альгинат кальция из черноморской цистозеры (2) - K_H равен 245 единицам, он же быстрее других альгинатов выводит этот радионуклид. Коэффициент накопления Fe^{55} альгинатом кальция (3) равен 137 единицам и прочность связывания его выше, чем в случае альгината (2). Альгиновая кислота (1) накапливает Fe^{55} до K_H в 91 единицу и выводит этот нуклид гораздо быстрее, чем альгинат кальция (3).

Так, через 9 часов от начала опыта по выведению в кислоте (1) остается лишь 40% от начальной активности Fe^{55} (рис. 2, кривая 1) и 89% его начальной активности в случае альгината кальция из средиземноморской бурой водоросли *Cystoseira corniculata* (рис. 2, кривая 3).

Кобальт-57 накапливается альгинатом кальция из средиземноморской цистозеры до K_H в 1510 единиц (см. таблицу), в то время как K_H его альгинатом кальция из черноморской цистозеры и альгиновой

кислотой (I) — 63,5 и II единиц. Однако прочность связывания этого нуклида альгиновой кислотой (I) (рис. 3, кривая 1) наименьшая — через 9 часов от начала опыта Co^{57} полностью выводится из нее, в то время как в альгинате кальция (2) и (3) Co^{57} остается 28 и 48% соответственно (рис. 3, кривая 2 и 3).

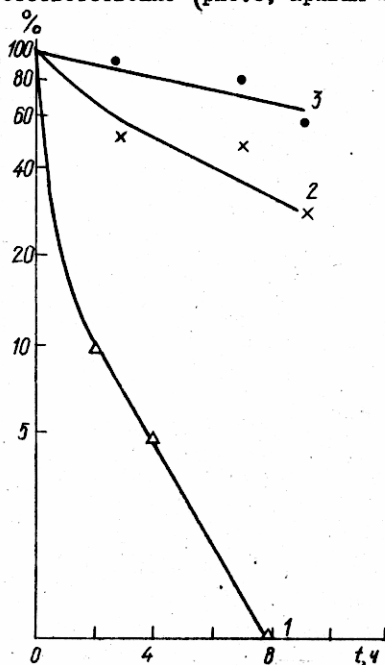


Рис. 3. Выведение Co^{57} в морскую воду:

(1) — альгиновой кислотой
(2); 3 — альгинатом кальция
(3).

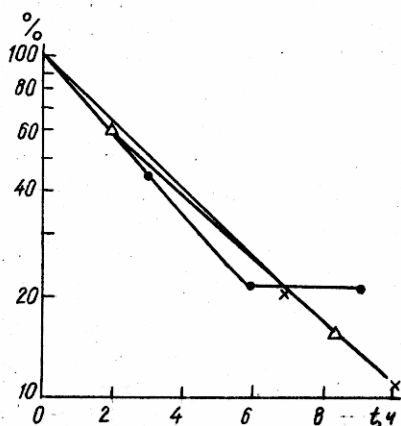


Рис. 4. Выведение Sr^{90} в морскую воду:

(1) — альгиновой кислотой
(2); X — альгинатом кальция (2);
• — альгинатом кальция (3).

Коэффициенты накопления Sr^{90} альгиновой кислотой (I) и альгинатами (2) и (3) равны 44,5, 182 и 519 (см. таблицу). Наиболее прочно этот нуклид связывается альгинатом кальция, выделенным из средиземноморской бурой водоросли *Cystoseira corniculata* — через 9 часов от начала опыта в нем остается 22% от начальной активности радиостронция, а в альгиновой кислоте (I) и альгинате кальция (2) — лишь 14 и 9,5% соответственно (рис. 4).

Селективные свойства изучаемых веществ по отношению к нуклидам

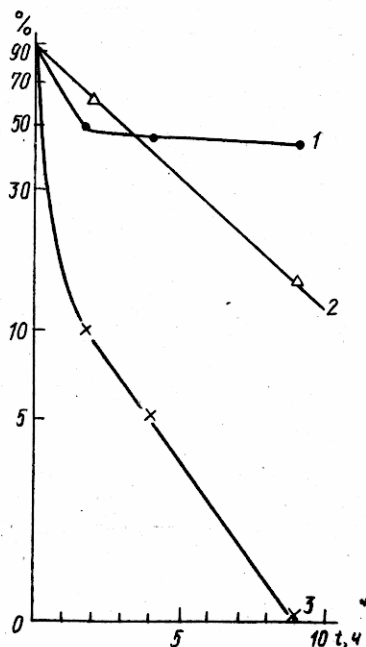


Рис. 5. Выведение альгиновой кислоты в морскую воду:
1 - Fe⁵⁵; 2 - Sr⁹⁰;
3 - Co⁵⁷.

Mn⁵⁴, Fe⁵⁵, Co⁵⁷ и Sr⁹⁰ представлены в таблице и на рис. 5 - 7.

Как видим, ионнообменные свойства альгинатов в морской воде различны, что можно объяснить различным содержанием в них уроновых кислот. Большое количество L-гулуруновой кислоты в препарате обуславливает и большую сорбционную способность альгината [3, 13].

Опыты по накоплению Mn⁵⁴ альгинатом кальция, полученным из средиземноморской цистозыры, свидетельствуют о том, что Mn⁵⁴ извлекается альгинатом (3) практически полностью, что имеет большое значение для медицины, хотя прочность связывания этого нуклида очень низка по сравнению с альгинатом кальция, полученным из черноморской бурой водоросли *Sargassum barbata*.

Выводы. Изучением сорбционных свойств альгинатов различного происхождения по отношению к радионуклидам Mn⁵⁴, Fe⁵⁵, Co⁵⁷ и

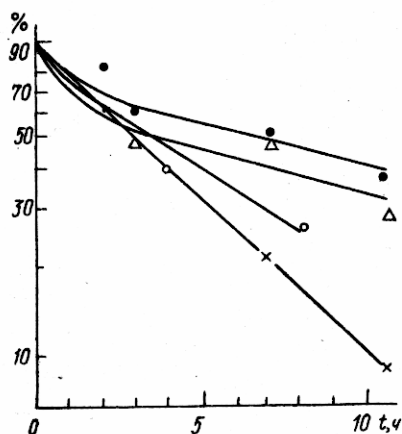


Рис. 6. Выведение альгинатом кальция, выделенном из черноморской бурой водоросли *Cystoseira barbata* в морскую воду: ● - Mn^{54} ; ○ - Fe^{55} ; △ - Co^{57} ; × - Sr^{90} .

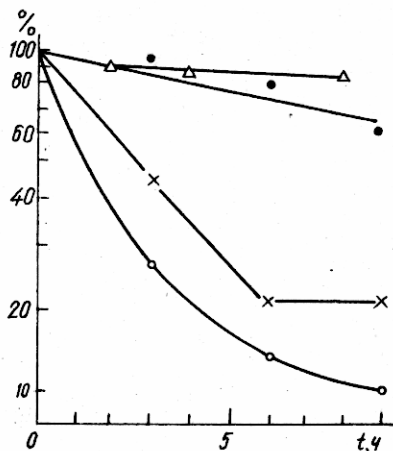


Рис. 7. Выведение альгинатом кальция, выделенном из средиземноморской бурой водоросли *Cystoseira corniculata* в морскую воду: ○ - Mn^{54} ; △ - Fe^{55} ; ● - Co^{57} ; × - Sr^{90} .

Sr^{90} установлено, что альгинат кальция, выделенного из средиземноморской бурой водоросли *Cystoseira corniculata*, накапливает Mn^{54} , Fe^{55} , Co^{57} и Sr^{90} до K_H 122,663, 137, 1510 и 519 единиц. Коэффициенты накопления этих же радионуклидов альгинатом кальция, извлеченным из черноморской бурой водоросли *Cystoseira barbata*, равны 101, 245, 63 и 182 единицы соответственно.

Альгиновая кислота, полученная из альгината натрия производства Архангельского водорослевого комбината, собирает радионуклиды марганца, железа, кобальта и стронция лишь в незначительных количествах, K_H их равны 5, 77, 11 и 44 единицы.

По-видимому, отличие сорбционных свойств в морской воде альгинатов различного происхождения обусловлено их неодинаковым химическим составом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова-Рындина Д.Д., Поликарпов Г.Г. Коэффициенты накопления стронция-90 живыми и убитыми морскими растениями. - Радиобиология, 1969, т.9, №3.
2. Барашков Г.К. Химия водорослей. М., Изд-во АН СССР, 1963.

3. Долматова М.Ю., Пантелеева А.П. Исследование некоторых ионообменных свойств альгиновой кислоты и ее взаимодействие с двух- и трехвалентными катионами. - Радиохимия, 1968, т.10, №3.

4. Кулебакина Л.Г., Поликарпов Г.Г. О радиоэкологии водорослей шельфа Черного моря. - Океанология, 1967, т.7, вып.2.

5. Лазоренко Г.Е. Связывание цинка, стронция и церия альгиновой кислотой из морской воды. - В кн.: Тезисы докл. на Юбилейной конференции Новороссийской биологической станции. Новороссийск, 1971.

6. Лазоренко Г.Е., Поликарпов Г.Г. Экспериментальне вивчення фіксації радіонуклідів стронцію та церію альгиноювою кислотою із морської води. - ДАН УРСР, серія Б, 1970, т.5.

7. Лазоренко Г.Е., Поликарпов Г.Г. Альгиновая кислота и механизм фиксации радионуклидов бурными водорослями. - В кн.: Радиационная и химическая экология гидробионтов. К., "Наукова думка", 1972.

8. Малкин П.М. и др. Альгинат кальция как защитное средство при хроническом поступлении с рационом радиоактивного стронция. - Радиобиология, 1970, т.10, вып.4.

9. Поликарпов Г.Г., Тен В.С. Кинетические закономерности выхода стронция-90 из *Systoseira barbata*. - Научные доклады высшей школы, серия "Биологические науки", 1961, № 4.

10. Beardseth E. Localization and structure of alginic gels. - Proc. 5th International Seaweed Symposium, 1965, Pergamon Press, 1966.

11. Dubrovina Z.V. et al. The calculation of the dosage of preparations reducing the deposition of Sr^{90} in the organism. - Med. Radiol., 1969, vol.14, № 1.

12. Harrison G.E. et al. Strontium uptake in rats on alginate-supplemented diet. - Science, 1966, vol.152, № 3722.

13. Haug A. Composition and properties of alginates. - Report 30, Norwegian Inst. of Seaweed Research, Oslo, 1964.

14. Haug A., Larsen B. A study on the constitution of alginic acid by partial and hydrolysis. - Proc. of the 5th International Seaweed Symposium, 1965, Pergamon Press, London, 1966.

15. Hesp R., Ramsbottom B. Effect of sodium alginate in inhibition uptake of radiostrontium by human body. - Nature, 1965, vol.208, № 5017.

16. Humphreys P.R. Preparation of an oligoguluronide from sodium alginate. - Carbohydrate Res., 1967, vol.4.

17. Waldron-Edward D. Studies of the inhibition of intestinal absorption of radioactive Sr. VIII. The effect of alginate containing diets of water metabolism. - Can. Med. Assoc. J., vol.99, 1968, № 23.

18. Waldron-Edward D., Raul T.M., Skoryna S.C. Suppression of intestinal absorption of radioactive strontium by naturally occurring non-absorbable polyelectrolytes. - Nature, 1965, vol. 205, № 4976.

IONEXCHANGE PROPERTIES OF ALGINATES OF DIFFERENT ORIGIN IN SEA WATER

S u m m a r y

The present paper deals with sorption properties of alginates of different origin in relation to radionuclides Mn^{54} , Fe^{55} , Co^{57} and Sr^{90} . The Ca alginate obtained from the Mediterranean Sea brown alga *Cystoseira corniculata* was found to accumulate Mn^{54} , Fe^{55} , Co^{57} and Sr^{90} to the concentration factors (c.f.) 122, 663, 137, 1510 and 519 units. The same radionuclides c.f. for the Ca alginate extracted from the Black Sea brown alga *Cystoseira barbata* are equal to 101, 245, 63 and 182 respectively.

Alginic acid obtained from the Na alginate at the Arkhangelsk algal enterprises sorbs radionuclides of Mn, Fe, Co and Sr only in insignificant quantity. Their c.f. are 5, 77, 11 and 14.

Difference in the sorption properties of alginates of different origin in sea water might be due to their different chemical composition.

Л.И.Сажина, А.Г.Бенжикский

ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИПОНЕЙСТОНа В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ

Жизненный цикл большинства морских беспозвоночных связан с пребыванием в узком поверхностном слое на протяжении всей жизни (эвгипонейстон) или на определенной стадии развития (мерогипонейстон). Создавая материальные ценности, человек в то же время выпускает из-под своего контроля все больше (по числу и мощности) искусственных факторов, оказывающих отрицательное влияние на живую природу [3]. Одним из них является загрязнение поверхности моря нефтепродуктами в виде тонкой пленки или сгустков нефти диаметром до 40-60 мм. Актуальной современной проблемой является защита нейтосферы, как наиболее чувствительной и ранимой биологической структуры океана [2].

В соответствии с задачами 70-го рейса нис "Академик Ковалевский" проводилось изучение степени загрязнения поверхности Средиземного моря нефтяными агрегатами. Одновременно со сборами агрегатов на некоторых станциях был собран гипонейстон тралом МНТ. Основная задача этого исследования состояла в выяснении влияния загрязнения моря на изменение качественной и количественной характеристик гипонейстона.

Методика сбора и лабораторной обработки проб не отличалась от принятой в Институте биологии южных морей АН УССР [1]. Собранные пробы осторожно очищали от загрязнения органическими и неорганическими компонентами, фиксировали 4%-ным формалином. Затем

волюменометром Яшнова измеряли объем осадка каждой пробы и под микроскопом МБС-I определяли основные массовые формы, составляющие этот осадок. Объем сестона, выраженный в кубических сантиметрах и отнесенный к абсолютному расстоянию, пройденному тралом, позволяли получить сопоставимые величины, отражающие количество сестона в квадратном метре поверхности моря (см. таблицу).

Сравнение данных таблицы с загрязнением Средиземного моря по наблюдениям 63-го и 70-го рейсов показало, что минимальные биомассы сестона совпадают с районами максимального загрязнения нефтепродуктами. Низкие биомассы порядка $0,003-0,007 \text{ см}^3/\text{м}^2$ прослеживаются в Тирренском, Лигурийском и Альборанском морях (ст. 24, 25, 27, 50) и в Тунисском проливе (ст. 56). Сравнительно большая биомасса сестона в Мессинском проливе обусловлена огромным количеством взвеси в пробе и обилием Siphonophora, дающим большую биомассу. На других же станциях с низкой биомассой массовыми видами являются рачки семейства Pontellidae, (Copepoda), Eudae spinifera (Cladocera) и Idothea stephensi.

Количество сестона на станциях, $\text{см}^3/\text{м}^2$

Номер станций	Район наблюдений	Глубина, м	Часы наблюдения	Количество сестона
9	Адриатическое море	28	16 ⁰⁰	0,037
13	- " -	32	20 ⁴⁵	0,108
20	- " -	39	16 ⁰⁰	0,025
21	Ионическое море	425	14 ¹⁵	0,030
22	Тирренское море	1450	20 ⁰⁰	0,046
24	- " -	780	10 ⁴⁰	0,004
58	- " -	1420	22 ⁴⁰	0,006
59	- " -	3400	09 ⁰⁵	0,007
25	Лигурийское море	57	18 ⁵⁰	0,003
27	- " -	1200	10 ²³	0,007
32	Лионский залив	80	21 ⁰⁰	0,028
35	- " -	93	16 ⁵⁰	0,017
39	Средиземное море	900	10 ²⁸	0,006
47	Балеарское море	85	09 ⁴⁰	0,033
49	- " -	1000	19 ³⁰	0,035
50	Альборанское море	450	11 ⁵⁰	0,003
51	Атлантический океан	110	21 ⁰⁰	0,011
52	Побережье Африки	400	21 ⁴⁰	0,022
56	Тунисский пролив	700	16 ⁰⁰	0,007

Обращает на себя внимание большое количество сестона на станции 13, расположенной в эстуарии реки По. Вероятно, сильное течение реки уносит нефтяную пленку далеко в море, обилие органики и биогенных элементов создает благоприятные условия для развития почти чистой культуры эвригалинного эпиланктонного веслоногого рачка *Acartia clausi*.

На остальной акватории исследования сохраняются средние величины сестона порядка $0,01-0,05 \text{ см}^3/\text{м}^2$ (Адриатическое, Ионическое моря и побережье Африки). Наряду с отмеченными выше организмами основная биомасса здесь представлена моллюсками Pteropoda, личинками моллюсков Gastropoda и Lamellebranchiata, Amphipoda, Decapoda, икрой и личинками рыб.

Таким образом, гипонейстон, собранный в загрязненных и относительно чистых от нефтепродуктов районах, имеет качественные и количественные отличия и является хорошим биоиндикатором загрязнения водоема.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Зайцев Ю.П. Морская нейстонология. К., "Наукова думка", 1970.
2. Поликарпов Г.Г., Зайцев Ю.П. Экологические процессы и охрана живой природы моря. - В сб. Радиоэкологические исследования Средиземного моря. К., "Наукова думка", 1970.
3. Polikarpov G.G. et al. General features of the concentration processes of radioactive substances by hydrobionts in different seas of the World ocean. Radioecological Concentration Processes, Pergamon Press, London, 1967.

L.I.Sazhina, A.G.Benzhitsky

DYNAMICS OF HYPONEUSTON DISTRIBUTION IN THE WESTERN PART OF THE MEDITERRANEAN SEA

С и ж е т

Sediment volume and main mass forms were determined in hyponeuston samples taken by the trawl MNT. The areas of the sea surface maximum pollution by petroleum products are characterized by minimum biomasses of seston ($0,003-0,007 \text{ см}^3/\text{м}^2$).

Д.И.Сажина, Э.П.Балдина

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕСТОНА НА СУТОЧНЫХ СТАНЦИЯХ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ

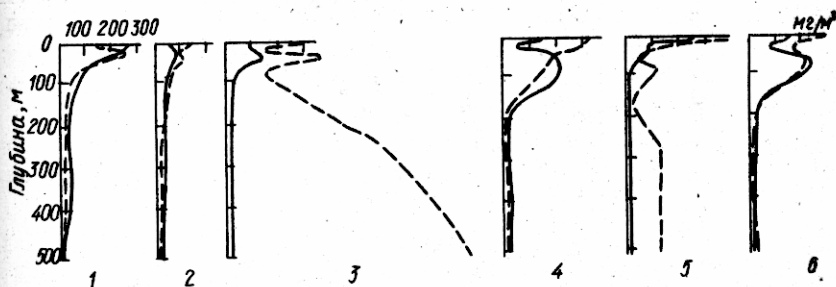
Исследование зоопланктона Средиземного моря интересно в сравнительном аспекте. Большой вклад в накопление количественных сведений о биоструктуре этого бассейна внесли исследования Института биологии южных морей АН УССР, начатые с 1958 г. [1].

Данные по сетному сестону, полученные на борту экспедиционно-го судна в полевых условиях, позволяют получить репрезентативные количественные оценки развития зоопланктона.

Основной упор в 70-м рейсе нис "Академик А.Ковалевский" был сделан на изучение суточных вертикальных перемещений зоопланктона. На семи суточных станциях в разных районах моря собраны пробы замыкающей сетью Джеди диаметром входного отверстия 36 см с фильтрующимся конусом из мельничного сита № 49. Водная толща облавливалась от поверхности до 500 м по стандартным горизонтам: 0-10; 10-25; 25-50; 50-100; 100-200; 200-300; 300-500. Пробы концентрировали и фиксировали 4%-ным формалином, после чего волюмометром Яшнова определяли объем сестона и под микроскопом МБС-1 выясняли наличие руководящих форм.

Анализ данных (табл. I) показывает, что на большинстве станций верхний 100-метровый слой характеризуется максимальным количеством сестона. Ниже этого слоя наблюдается резкое его уменьшение. Исключение составляют станции 59 (Тирренское море) и 48 (Балеарское море).

Картина вертикального распределения сестона в целом обычна для Средиземного моря: в течение суток происходит перераспределение сестона. В середине дня максимум сестона находится в слое 10-25 м, концентрируясь к поверхности к середине ночи (рисунок).



Вертикальное изменение сестона в зависимости от времени суток:

1 - Ионическое море, ст.21; 2 - Тирренское море, ст.23; 3 - Тирренское море, ст.59; 4 - Лигурийское море, ст.27; 5 - Балеарское море, ст.48; 6 - Тунисский пролив, ст.86.

(Сплошная линия - день; штриховая - ночь.)

Увеличение сестона в ночное время к глубине 300-500 м на станции 59, вероятно, связано с подъемом к поверхности батиопланктонных организмов, образующих в Тирренском море второй глубинный максимум численности и биомассы [4]. Трудно дать хорошо аргументиро-

Т а б л и ц а I

Вертикальное изменение сетного сесто́на, мг/м³

Район	Ионическое море			Тирренское море			Лигурийское море			Балеарское море		Тунисский пролив	
Станции. Время суток	6	2I		23	59		27			48		56	
	д.	д.	н.	д.	н.	д.	н.	д.	н.	д.	н.	д.	н.
0-10		268	147	49	140	89	294	140	328	245	172I	164	294
10-25	2I	245	246	66	98	99	132	58	282	82	289	76	184
25-50		140	146	73	118	146	364	173	197	82	59	189	182
50-100		96	69	57	49	54	167	210	173	23	119	273	259
100-200	17	37	35	32	32	16	304	31	9	10	7	54	51
200-300	12	56	18	27	10	26	579	15	9	1	124	36	16
300-500	14	14	17	17	9	13	923	24	16	21	129	14	36
0-200		91	61	47	57	51	127	101	134	39	148	133	141
Среднее для района в слое 0-200 м		76			71			114		91		134	

Т а б л и ц а 2

Количество сестона в слое 0-200 м в разных районах Средиземного моря в сравнении с литературными данными, мг/м

Район исследований	Данные 70-го рейса	Литературные данные
Ионическое море	7I	288 (Ковалев, 1970) 72 (Водяницкий, 1961)
Тирренское море	7I	84 (Ковалев, 1970) 40,5 (Водяницкий, 1961)
Лигурийское море	II4	190 (Ковалев, 1970)
Балеарское море	9I	-
Тунисский пролив	I37	142 (Ковалев, 1971)

важное объяснение второму увеличению биомассы ниже 200 м на станции 48 из-за отсутствия качественной обработки проб, но возможно, что это связано с системой течений этого района.

Основное поверхностное течение Средиземного моря образовано потоком вод, идущим из Атлантического океана через Гибралтарский пролив вдоль западноевропейского и африканского берегов. В районе непосредственной близости к проливу и в основной струе течений биомасса сестона может достигать больших величин [5]. Видимо именно с этим связано увеличение биомассы сестона в западном направлении.

Полученные нами данные по количеству сестона в слое 0-200 м согласуются с литературными (табл.2) и соответствуют сезонным изменениям сестона в Средиземном море.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Водяницкий В.А. Некоторые результаты исследований Севастопольской биологической станции им.А.О.Ковалевского в Средиземном море в 1958-1960 гг. - Океанология, 1961, т.5.

2. Ковалев А.В. Некоторые данные о распределении сестона в Ионическом, Тирренском и Лигурийском морях. - В кн.: Экспедиционные исследования в Средиземном море в мае-июне 1968 г. К., "Наукова думка", 1970.

3. Ковалев А.В. Распределение сестона в Тунисском проливе, в Ионическом и Эгейском морях. - В кн.: Океанографические исследования в Тунисском проливе. К., "Наукова думка", 1971.

4. Сажина Л.И. Распределение зоопланктона в западной половине Средиземного моря зимой 1960-1961 гг. - В кн.: Основные черты геол. строения, гидрол. режима и биол. Средиземного моря. М., "Наука", 1965.

5. Сажина Л.И., Балдина Э.П. Распределение зоопланктона на акватории, прилегающей к проливу Гибралтар. - В кн.: Экспедиционные исследования в Средиземном море. К., "Наукова думка", 1973.

L.I.Sazhina, E.P.Baldina

SESTON DISTRIBUTION AT DAY
STATIONS OF THE MEDITERRANEAN SEA

S u m m a r y

Biomass of net seston was determined by the volume method at 7 day stations. The upper layer of one hundred meters is characterized by the maximum amount of seston. Vertical day distribution is typical for the Mediterranean Sea.

Д.Д.Рындина

РОЛЬ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ
В ИЗВЛЕЧЕНИИ СТРОНЦИЯ-90 ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ

При изучении процессов концентрирования стронция-90 живыми и разлагающимися морскими растениями обнаружено, что радиостронций легко извлекается из морской воды живыми и мертвыми бурыми водорослями [17]. Предполагается, что процессы извлечения этого элемента из морской воды связаны со структурами, которые при гибели организмов разрушаются не сразу [9]. Каковы эти структуры?

По химическому составу бурые водоросли отличаются от других типов морских растений. Они содержат значительное количество (73-74%) простых и сложных углеводов (табл. I) [6].

Простые углеводы представлены сахарным спиртом-маннитом с эмпирической формулой $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$, существующим в форме двух оптических изомеров d (I) и l (II), один из которых (II) в природе не найден. Маннит является первичным продуктом фотосинтеза, аккумулируется в водорослях в больших количествах и является основным источником углерода при клеточном делении [16]. Он обнаружен в составе полисахаридов - растворимого (*Laminaria digitata*) и нерастворимого (*Laminaria hyperborea*) ламинарана в количестве 2,7 и 1,7%.

Альгиновые кислоты встречаются в водорослях в виде нерастворимых (Ca и Mg) и растворимых солей. Первые вместе с другими по-

Т а б л и ц а I

Углеводный состав бурых водорослей.^I

Вещество	Содержание сухого вещества, %
Простые углеводы	
Маннит	а) 1,2 - 28,9 б) 1,0 - 6,5
Сложные углеводы	
Ламинаран	а) 20,0 - 36,0 б) 2,0 - 10,0
Фукоидан	а) не превышает 4 б) 13,0 - 20,0
Альгиновая кислота	а) 11,8 - 36,6
Альгулеза	а) 3,0 - 10,0 б) 1,25 - 4,75
I	
а) Laminariales (Kylin);	б) Fucales (Kylin)

дисахаридами могут составлять основу клеточных стенок, вторые - субстанцию межклеточного пространства. Структура их не вполне выяснена. Большинство авторов считают, что это полимер α -маннуроновой и γ -гулуруновой кислот, соотношение которых в макромолекуле альгиновой кислоты определяет ее физико-химические свойства и селективность относительно некоторых элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Преобладание в полимере γ -гулуруновой кислоты обеспечивает и большие величины коэффициентов накопления стронция-90 в бурых водорослях (табл. 2).

Вместе с ламинараном и альгиновой кислотой в состав клеточных стенок входит олигостое вещество фукоидан, представляющее кальциевую соль "фукоидиновой кислоты". Он обнаружен также в вязких межклеточных растворах. Водорослевая целлюлоза - "альгулеза" и составляет основу клеточных стенок.

Таблица 2

Коэффициенты накопления (K_n) стронция-90
и содержание урановых кислот в бурых водорослях

Вид растения	K_n стронция-90	Литератур- ный источ- ник	Манну- роно- вая гулуро- новая кислоты	Лите- ратур- ный источ- ник	Содержа- ние ман- нурановой кислоты, %
<i>Laminaria digitata</i>	14	[18]	3,1	[13]	75,7
<i>Ascophyllum nodosum</i>	22	[18]	1,4-2,25	[15]	28,5-58,3
<i>Fucus serratus</i>	40	[18]	1,15	[15]	53,5
<i>Fucus vesiculosus</i>	22	[18]	0,75-1,20	[15]	42,8-54,5
<i>Cystoseira barbata</i>	40	[7,8]	0,7	[13]	41,2
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	6	[2]	0,9		47,4
<i>Padina pavonia</i>	19	[7,8]	1,15	[15]	53,5
			1,0	[13]	50,0

Азотсодержащие вещества бурых водорослей имеют свои особен-
ности:

1. Содержание белка в среднем равно 10%.
2. Отношение белкового к небелковому азоту составляет 1:1.
3. В белках обнаружены йодаминокислоты. Липиды носят ненасыщенный характер и количество их колеблется от 1 до 3%. Содержание зольности достигает 20-30% сухого веса [4,3] и в исключительных случаях может доходить до 40-47,5% [1]; pH внутриклеточных растворов лежит в пределах 1-6 единиц [12,14]. В состав бурых водорослей входит йод. У ламинарий Дальнего Востока среднее содержание его составляет 0,24% (из них 3% находится в органической форме) [5,11]. Зимой количество йода возрастает в 2-4 раза.

Таким образом, накоплен большой фактический материал по содержанию отдельных классов органических соединений в бурых водорослях. Остается неясной роль этих соединений в растении при извлечении ими осколочных радионуклидов из окружающей среды.

В связи с этим были предприняты экспериментальные исследования для выяснения роли некоторых высокомолекулярных соединений бурых водорослей в извлечении стронция-90 из морской воды. На образцах черноморской бурой водоросли цистозире отработано ряд методов по изучению механизмов извлечения радионуклидов морскими водорослями, что было в дальнейшем использовано при проведении экс-

педиционных экспериментальных работ с родственной ей водорослью средиземноморской цистозирою — *Cystoseira corniculata*.

Материал и методика. Опыты проводили в нескольких вариантах и двух повторностях. Для удаления фукоидана воздушно-сухие водоросли обрабатывали 0,2 н. раствором серной кислоты в течение 36 часов. Ламинаран и маннит извлекали из водорослей 1 %-ным раствором хлористого кальция с последующей обработкой 0,5 %-ным раствором соляной кислоты. Обогащение остатков гидробионтов "альгулезой" осуществляли обработкой последних 0,1 н. раствором соляной кислоты, а затем, после промывки дистиллированной водой до нейтральной реакции, 0,1 н. раствором едкого натра в течение шести часов.

Образцы водорослей, не содержащих фукоидана, ламинарана и обогащенные "альгулезой", тщательно отмывали до нейтральной реакции, обсушивали фильтровальной бумагой и использовали для изучения сорбционных свойств относительно стронция-90.

Для этого водоросли, содержащие все полисахариды или исключаящие некоторые из них, помещали в аквариумы с отфильтрованной морской водой, в которую вносился однократно хлорид стронция-90 для создания активности 10^{-5} кюри/л. Через определенные интервалы времени из каждого аквариума брали по 5 проб воды и разлагающихся водорослей для определения активности.

Водоросли ополаскивали в чистой морской воде, обсушивали фильтровальной бумагой, сушили до постоянного веса при температуре 100–105°C, а затем использовали для приготовления проб для радиометрических измерений. Вес навесок не превышал 8 мг/см². Все радиометрические измерения проводили на установке Б-4 со счетчиком СБТ-13. Радиоактивность проб измеряли после установления равновесия Sr^{90} с γ^{90} .

В наших экспериментах изучались сорбционные свойства альгиновых кислот в различных средах, включая внутриклеточные растворы живой и разлагающейся цистозирою, а также способность альгиновых кислот с водорослевыми компонентами концентрировать Sr^{90} из морской воды.

Альгиновые кислоты получали из альгината натрия производства Новороссийского рыбного завода по методике, используемой рядом норвежских ученых [15]. Навески полученных кислот в количестве 0,1 г каждая помещали в колбы с 40–50 мл исследуемого раствора активностью 10^{-5} кюри/л относительно Sr^{90} и тщательно взбал-

тивали на шуттель-аппарате. После установления равновесия в системе альгиновая кислота — раствор из каждого сосуда брали параллельные пробы воды и кислот. Дальнейшая обработка проб, а также радиометрические измерения проводили по описанной выше методике.

Внутриклеточные растворы извлекали из водорослей, находящихся в неактивной морской воде в течение 1, 2, 14, 18, 28, 34 суток.

Для этого организмы ополаскивали дистиллированной водой, обсушивали фильтровальной бумагой и растирали в фарфоровой ступке. Клеточный сок от субстрата отделяли центрифугой при ускорении 18 тыс. g . Измерение pH полученных растворов производили на pH-метре типа ЛТМ-60М.

Для получения альгиновых кислот с водорослевыми компонентами водоросли опускали в растворы соляной кислоты на 36 или 48 часов, промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции и помещали в морскую воду активностью 10^{-5} кюри/л относительно стронция-90. Дальнейшая схема проведения эксперимента существенно не отличалась от описанной выше.

Пробы водорослей и их разлагающиеся части, альгиновые кислоты с водорослевыми компонентами, взятые для определения коэффициентов накопления Sr^{90} , анализировали на содержание в них альгиновых кислот. При определении использовали методику, предложенную В.А. Евтушенко [6].

Результаты исследования и обсуждение. На рис. I показано изменение величин коэффициентов накопления Sr^{90} в цистозире, содержащей все полисахариды или исключаящие их отдельные виды. В начале эксперимента наиболее легко извлекают Sr^{90} из морской воды гидробионты, в состав которых входят все полисахариды. Удаление фукоидана или ламинарана снижают их способность концентрировать Sr^{90} из окружающей среды. Это можно связать, с одной стороны, с изменением pH внутриклеточных растворов при полном (рис. 1 — 2) или частичном удалении из нее фукоидана и соответственным изменением сорбционных свойств некоторых ее наиболее устойчивых структур или, с другой, — участием самого фукоидана в извлечении Sr^{90} из морской воды. Сохранение некоторых полисахаридов при гибели организмов и образовании детрита (рис. 3), а также при кислотной обработке водорослей (табл. 3) было обнаружено раньше [10].

К концу эксперимента (к 120 суткам) для всех образцов водорослей наблюдается уменьшение величин коэффициентов накопления Sr^{90} , что, вероятно, связано с естественным выравниванием условий проведения опытов.

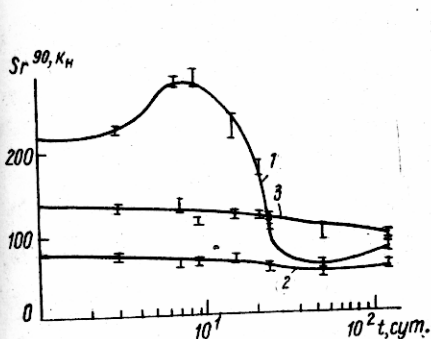


Рис. 1. Изменение коэффициентов накопления Sr^{90} в *Cystoseira barbata* при детритообразовании:

1 — сухие водоросли;
2 — водоросли, прошедшие предварительную обработку 0,2н. раствором H_2SO_4 ;
3 — 1%-ым раствором $CaCl_2$.

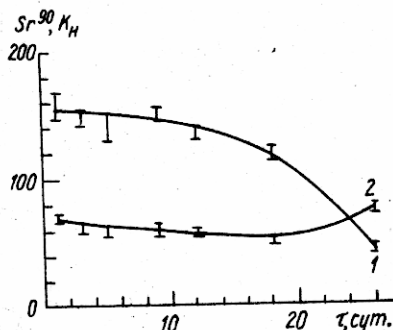


Рис. 2. Влияние кислотной обработки на изменение величин K_n Sr^{90} в *Cystoseira barbata* в процессе детритообразования:

1 — время обработки водорослей 36 часов; 2 — 48 часов.

Определение pH внутриклеточных растворов цистозирры показало, что в процессе разложения организмов наблюдается обогащение их внутриклеточных жидкостей отрицательными ионами OH (рис. 4). Изменяется и концентрирующая способность некоторых полисахаридов относительно Sr^{90} в этих растворах (рис. 5). Если в начале эксперимента величины коэффициентов накопления радиостронция в альгиновых кислотах приближались к 400 единицам, то по мере разложения организмов способность этих кислот извлекать радионуклид из внутриклеточных жидкостей падала, а затем резко возрастала при увеличении pH образующейся суспензии, т.е. приближении к реакции среды внутриклеточных растворов живой *Cystoseira barbata* (рис. 6). По-видимому, изменение сорбционных свойств альгиновых кислот цистозирры является одним из факторов, определяющих снижение величин коэффициентов накопления Sr^{90} в организме при его разложении и образовании детрита.

Сорбционные свойства альгиновых кислот в изучаемых средах резко отличны (табл. 4). Наиболее легко они извлекают радиостронций из морской воды и 0,002 — 0,004 н. растворов соляной кислоты. Минимум извлечения выпадает на ее 0,89 н. растворы. Альгиновые кислоты в этих растворах, аналогично сухой цистозирре, связывают наименьшее количество Sr^{90} . Эти свойства альгиновых кислот следует учитывать в терапии при выведении радиоактивного стронция из организма человека.

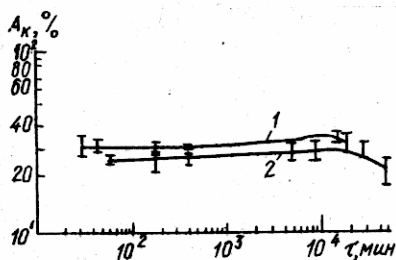


Рис. 3. Изменение содержания альгиновых кислот в живых (1) и убитых (2) *Cystoseira barbata* в процессе образования детрита.

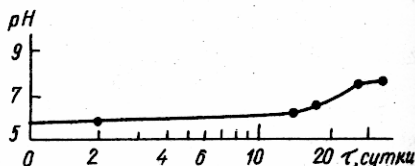


Рис. 4. Изменение pH внутриклеточных растворов *Cystoseira barbata* при гибели организмов и образовании детрита.

Остатки водорослей, обогащенные "альгулезой", извлекают из окружающей среды только незначительные количества Sr^{90} . Роль их, как и самой "альгулезы", в концентрировании (рис.7) радиострочия незначительно и составляет не более 3-6% от общего количества, поглощенного живой водорослью или продуктами ее разложения.

Т а б л и ц а 3
Влияние кислотной обработки *Cystoseira barbata* на содержание альгиновых кислот

Р а с т в о р	Содержание альгиновых кислот, %
Соляная кислота н.0,05610	37,2 ± 1,3
0,09980	37,6 ± 1,0
0,1404	36,6 ± 1,1
0,2068	36,9 ± 1,4
0,3460	36,1 ± 1,3
0,5409	36,2 ± 1,3
0,9409	36,1 ± 2,0
1,3440	37,2 ± 1,3
2,3498	39,4 ± 1,2

Выводы. При удалении фукоидана из *Cystoseira barbata* уменьшается способность последних в концентрировании Sr^{90} из окружающей среды.

Фукоидан в *Cystoseira barbata*, по-видимому, выступает не только в роли концентратора Sr^{90} , но и стимулятора процессов фиксации его альгиновыми кислотами.

В процессе разложения *Cystoseira barbata* наблюдается увеличение pH ее внутриклеточных растворов с 5,87 до 7,4.

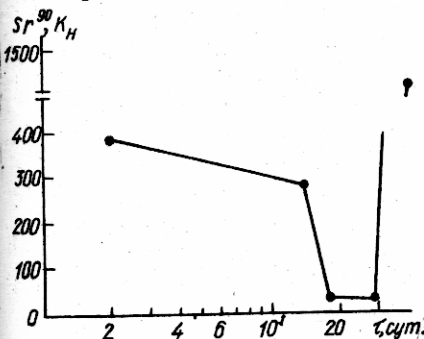


Рис. 5. Влияние pH внутриклеточных растворов *Cystoseira barbata* на сорбционные свойства альгиновых кислот.

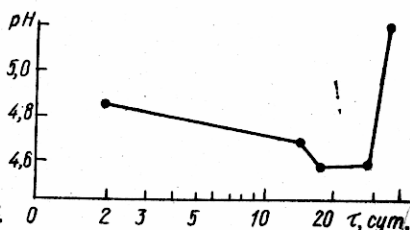


Рис. 6. Изменение pH суспензий альгиновых кислот во внутриклеточных растворах *Cystoseira barbata*.

Т а б л и ц а 4

Коэффициенты накопления стронция⁹⁰
в альгиновых кислотах

Раствор	K_H , Sr^{90}	pH суспен- зии альгино- вых кислот в растворе	Количество извлеченного Sr^{90} , %
Морская вода	439,1 ± 19,1	3,8	45,4 ± 2,3
Соляная кислота н.			
0,00322	459,7 ± 8,4	2,9	49,6 ± 3,6
0,00636	565,3 ± 6,2	2,9	47,6 ± 1,5
0,05	20,3 ± 1,4	2,2	4,0 ± 0,2
0,08	15,9 ± 0,7	2,0	3,0 ± 0,2
0,12	11,2 ± 1,5	1,9	2,1 ± 0,2
0,20	5,9 ± 0,4	1,8	1,2 ± 0,03
0,34	4,6 ± 0,1	1,7	0,9 ± 0,05
0,55	3,1 ± 0,2	1,5	0,5 ± 0,03
0,90	1,7 ± 0,4	1,4	0,4 ± 0,1
1,41	2,6 ± 0,1	1,3	0,5 ± 0,06

Уменьшение величин коэффициентов накопления Sr^{90} в *Cystoseira barbata* при разложении и образовании детрита обуславливается изменением сорбционных свойств альгиновых кислот при изменении pH внутриклеточных растворов.

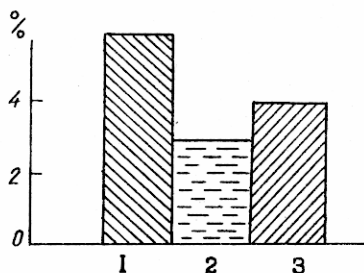


Рис. 7. Доля Sr^{90} , сорбированного остатками живой (1), убитой (2) и детрит (3) *Cystoseira barbata*, обогащенной "альгулезой".

Проведенные исследования сорбционных свойств альгиновых кислот в растворах соляной кислоты определенной концентрации могут быть полезными для терапии при дозировке альгинатов и альгиновых кислот, используемых для удаления Sr^{90} из организма человека с учетом реакции среды его желудочного сока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барашков Г.К. Химия водорослей. М., Изд-во АН СССР, 1963.
2. Баранова-Рындина Д.Д., Поликарпов Г.Г. Коэффициенты накопления стронция-90 живыми и убитыми морскими растениями. - Радиобиология, 1969, т.9, № 3.
3. Ведринский А.И. Химический состав промысловых видов водорослей Белого моря. - Труды Архангельского Водорослевого института, т.1, 1938.
4. Кизеветтер И.В. О химическом составе ряда Rhodophyceae из водорослевого пояса Приморья. - Вестник ДВ филиала АН СССР, 1936, № 20.
5. Кизеветтер И.В. Морские водоросли ДВК, их химический состав и использование. - Вестник ДВ филиала АН СССР, 1938, № 31.
6. Кизеветтер И.В., Грюнер В.С., Бвтушенко В.А. Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений. М., "Пищевая промышленность", 1967.
7. Поликарпов Г.Г. О накоплении осколочных радионуклидов морскими организмами. I. Аккумуляция бентосными растениями и животными стронция-90, иттрия-91 и цезия-144. - Науч. доклады высш. школы. Биол. науки, 1960, № 3.
8. Поликарпов Г.Г. Материалы по коэффициентам накопления Rb^{82} , Sr^{85} , Sr^{90} , Y^{91} , Cs^{137} и Ce^{144} в морских организмах. - Труды Севастопольской биол. станции, М., 1961, вып. 14.
9. Поликарпов Г.Г. Проблемы радиационной и химической экологии морских организмов. - Океанология, 1967, т.7, вып. 4.
10. Поликарпов Г.Г., Рындина Д.Д. Концентрация стронция-90 и альгиновых кислот при детритообразовании. - В кн.: Радиационная и химическая экология гидробионтов. К., "Наукова думка", 1972.
11. Трофимов А.В. О минеральном йоде и живых водорослях. - Труды ВНИРО, М., 1938, т.7.

12. Eppley R.W., Bovell C.R. Sulfuric acid in Desmarestia.- Biol.Bull.Mar.Biol.Lab., 115, Woods Hole, 1958.
13. Fisher F.G., Dörfel H. Die polyuron-säuren der braunalgen. Kohlenhydrate der Algen 1.- Z.Physiol.Chem., 1955, Bd.302, № 4-6.
14. Hampson M.A. Uptake of radioactivity by aquatic plants and location in the cells.- J. of Exper.Bot., 1967, vol.18, № 54.
15. Haug A. Composition and properties of alginates.- Norwegian Inst. of Seaweed Res.N.T.H., Rep. N 30, 1964.
16. Percival E., McDowell R.H. Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides.- Academic press, London - New York, 1967.
17. Polikarpov G.G. Radioecology of aquatic organisms.- North-Holland Publ.Co.Reinhold Book Div., Amsterdam - New York, 1966.
18. Spooner G.M. Observations on the absorption of radioactive strontium and yttrium by marine algae. - J.Mar.Biol.Assoc.U.K., 1949, vol.28, № 3.

D.D.Rindina

ROLE OF HIGHMOLECULAR COMPOUNDS OF BROWN ALGAE IN SR-90 EXTRACTION FROM SEA WATER

S u m m a r y

The paper deals with experimental results of researches on the role of brown algae *Cystoseira barbata* polysaccharides (alginic acids, fucoidan and alginose) in Sr⁹⁰ extraction from sea water.

Fucoidan removal from *Cystoseira barbata* was found to decrease the capacity of the latter for Sr⁹⁰ concentration from the environment.

Fucoidan in *Cystoseira* may play the role not only as a Sr⁹⁰ concentrator, but also as a stimulator for its processes of fixation by alginic acids.

In the process of the *Cystoseira* decomposition pH of its intracellular solutions was observed to increase 5,87 to 7,4. A decrease in the Sr⁹⁰ c.f. values in *Cystoseira barbata* during the decomposition and detritus formation is due to a change in alginic acids' sorption properties with the change in pH of intracellular solutions.

Д.Д.Рындина

НАКОПЛЕНИЕ И ФИКСАЦИЯ Ca⁴⁵, Mn⁵⁴, Co⁵⁷ и Sr⁹⁰ РАЗЛИЧНЫМИ ВОДОРОСЛЕВЫМИ ПОЛИСАХАРИДАМИ

Для оценки роли гидробионтов в миграции искусственно-радиоактивных веществ проведены обширные исследования по определению в них отдельных радионуклидов и собран большой фактический материал по величинам коэффициентов накопления Ca⁴⁵, Mn⁵⁴, Fe⁵⁵, Co⁶⁰, Sr⁹⁰, Y⁹¹, Zn⁹⁵, Ru¹⁰⁶, Cs¹³⁷, и Ce¹⁴⁴ различными видами морс-

ких растений (Polikarpov, 1966). Открыты биоконцентраторы стронция-90 (бурые водоросли), циркония-95 (зеленые, красные водоросли) и редкоземельных элементов (зеленые, красные водоросли). Предполагается, что избирательная сорбция водорослей (живых и мертвых) относительно отдельных радионуклидов связана с их структурными образованиями и биохимическим составом [3,6]. Сделаны первые шаги по выяснению механизмов извлечения осколочных радионуклидов морскими растениями [4,5]. Остается неясной роль отдельных образований клеточных структур в этом процессе.

В связи с этим в экспедиционных условиях проведено ряд экспериментальных исследований для выяснения накопления и прочности фиксации Ca^{45} , Mn^{54} , Co^{57} , Sr^{90} отдельными полисахаридами бурых и красных водорослей Черного и Средиземного морей.

Материал и методика. На образцах полисахаридов, выделенных из различных видов морских растений (табл. I), изучалась сорбция и десорбция Ca^{45} , Mn^{54} , Co^{57} и Sr^{90} .

Т а б л и ц а I

Образцы полисахаридов, используемых
для эксперимента

Полисахарид	Объект извлечения	Место сбора
Альгиновые кислоты	<i>Cystoseira barbata</i>	Севастополь, район Херсонесской бухты
	<i>C. corniculata</i>	Монако, район порта
Клетчатка-"альгулеза"	<i>Cystoseira barbata</i> (живая)	Севастополь, район Херсонесской бухты
	<i>Cystoseira barbata</i> (детрит)	То же
	<i>C. corniculata</i>	Монако, район порта
	<i>Padina pavonia</i>	Севастополь, бухта Омега
	<i>Laminaria rodriguezii</i>	Баньольс, район порта
	<i>Phyllophora nervosa</i>	Севастополь, бухта Омега
Бариевый комплекс фукоидана	<i>Cystoseira barbata</i>	Севастополь, район Херсонесской бухты
	<i>C. corniculata</i>	Монако, район порта
Бариевый комплекс типа "фукоидана"	<i>Phyllophora nervosa</i>	Севастополь, бухта Омега

В основу комплексной методики получения отдельных полисахаридов из одних и тех же водорослей положены частные методики, используемые рядом авторов [1, 2, 7, 8].

Для получения бариевого комплекса фукоидана водоросли тщательно растирались в фарфоровой ступке и обрабатывались 0,1 н.

раствором соляной кислоты в течение 12 часов при температуре 22°C, затем отфильтровывались под небольшим вакуумом. Полученный фильтрат нейтрализовался 0,1 н. раствором едкого натра и очищался от белковых примесей раствором уксуснокислого свинца. Осаждение фукоидана проводилось с помощью свежеприготовленного 0,5 н. раствора гидрата окиси бария. Полученный осадок тщательно промывался раствором этилового спирта и диэтиловым эфиром. Окончательная сушка проводилась в вакуумном шкафу при давлении 0,8 ат и температуре 22°C.

Оставшиеся водоросли (кроме *Phyllophora nervosa*) промывались дистиллированной водой до нейтральной реакции и обрабатывались углекислым натрием (соотношение между количеством водорослей, воды и соды соответственно было равно 2:40:1) при $t=35-40^{\circ}\text{C}$ в течение 6 часов. Полученный раствор альгината натрия отфильтровывался через плотную ткань, а затем осаждался хлористым кальцием в виде альгината кальция, который очищался 2%-ным раствором хлорной извести и обрабатывался 5%-ным раствором соляной кислоты. Альгиновая кислота отмывалась дистиллированной водой от ионов хлора, промывалась раствором этилового спирта, диэтиловым эфиром и сушилась в вакуумном шкафу при $p=0,8$ ат и $t=22^{\circ}\text{C}$.

Водоросли, обогащенные альгулезой, кипятились в 0,26 н. растворе серной кислоты, промывались дистиллированной водой до нейтральной реакции, а затем вновь кипятились в течение 30 минут в 0,32 н. растворе едкого натра. Окончательная очистка альгулезы от примесей осуществлялась хлорной известью с последующей обработкой растворами соляной кислоты (0,1 н), едкого натра (0,1 н.) и промывкой дистиллированной водой, раствором этилового спирта и диэтиловым эфиром. Просушивание водорослевой клетчатки проводилось в вакуумном шкафу при $p=0,8$ ат и $t=25^{\circ}\text{C}$.

Полученные препараты полисахаридов в количестве 0,1-0,3 г помещались в "активную" морскую воду и взбалтывались в конических колбах на шуттель-аппарате. После установления равновесия в системе морская вода - полисахарид из каждого сосуда брались параллельные пробы воды и углеводов для радиометрических измерений и изучения их десорбции.

Все радиометрические измерения проводились на установке Б-2 со счетчиком МСТ-17 и установке для γ -счета, в которую входили ААДО-1, ВС-22, III-8 с датчиком УСД-1.

Десорбция радионуклидов из активных полисахаридов изучалась по методике описанной выше. В качестве десорбента брали отфильт-

рованную морскую воду. При обработке результатов измерений использовали методы математической статистики. Оценка того или иного параметра производилась с точностью, соответствующей доверительной вероятности, равной 0,95.

Результаты исследования и обсуждения. Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 2 и 3. Из табл. 2 видно, что Sr^{90} и Ca^{45} сорбируются альгулезой различного происхождения. Коэффициенты накопления этих радионуклидов в полисахаридах лежат в пределах 3,3–25,7 единиц в расчете на сухой вес. Коэффициенты накопления Co^{57} в клетчатке выше и для образцов, выделенных из черноморской и средиземноморской цистозеры, составляют $538,0 \pm 76,9$ и $627,6 \pm 46,4$ единицы. Mn^{54} значительно накапливается альгулезой черноморской цистозеры. При этом наблюдается различие в величинах коэффициентов накопления у образцов, выделенных из свежих гидробионтов и их детрита. Аналогичная картина обнаружена и для Co^{57} . Если величины коэффициентов накопления Mn^{54} и Co^{57} в альгулезе, из свежих водорослей равны $202,3 \pm 7,6$ и $538,0 \pm 76,9$ единиц в расчете на сухой вес, то в полисахаридах детритного происхождения они снижаются до $29,5 \pm 4,2$ и $232,4 \pm 18,7$ единиц.

Альгиновые кислоты являются концентраторами Sr^{90} , Ca^{45} , Mn^{54} и Co^{57} лишь в незначительных количествах сорбируются из морской воды этими соединениями.

Бариевый комплекс фукоидана, полученный из черноморской и средиземноморской цистозеры, хорошо концентрирует Co^{57} (коэффициенты накопления равны $9711,7 \pm 898,7$ и $2566,0 \pm 194,4$ единиц) и практически полностью извлекают из окружающей среды Mn^{54} . Коэффициенты накопления Ca^{45} в этих образцах значительно ниже.

Прочность фиксации исследуемых радионуклидов с полисахаридами различного происхождения неодинакова (табл. 3).

Ca^{45} , Mn^{54} и Sr^{90} (за немногим исключением) образуют с водорослевой клетчаткой легко разрушаемые связи. Об этом свидетельствует количество десорбируемого из образца радионуклида после обработки его морской водой. Десорбция Co^{57} из активных образцов полисахаридов протекает интенсивно и только альгулеза, выделенная из филофоры, удерживает около 70% его к моменту наступления равновесного состояния. Альгиновые кислоты не образуют сколько-нибудь прочных связей с Ca^{45} , Co^{57} и Mn^{54} .

Таким образом, изучение сорбции и десорбции Ca^{45} , Mn^{54} , Co^{57} и Sr^{90} на образцах полисахаридов, выделенных из различных видов морских растений, показало следующее:

Сорбция Ca^{45} , Mn^{54} , Co^{57} , Sr^{90} различными водорослевыми
полисахаридами

Полисахарид	Вид водоросли	Коэффициенты накопления			
		Ca^{45}	Mn^{54}	Co^{57}	Sr^{90}
Альгиновые кислоты	<i>Cystoseira barbata</i>	$18,1 \pm 1,4$	$8,6 \pm 0,9$	$17,5 \pm 0,4$	$439,1 \pm 19,1$
	<i>C.corniculata</i>	$9,2 \pm 1,5$	$4,4 \pm 0,7$	$7,4 \pm 0,7$	$329,6 \pm 33,3$
Клетчатка - "альгу- леза"	<i>Cystoseira barbata</i> (живая)	$3,8 \pm 0,4$	$202,3 \pm 7,6$	$538,0 \pm 76,9$	$11,2 \pm 1,8$
	<i>Cystoseira barbata</i> (детрит)	$9,4 \pm 1,2$	$29,5 \pm 4,2$	$232,4 \pm 18,7$	$22,6 \pm 5,2$
	<i>C.corniculata</i>	$8,0 \pm 0,6$	$18,8 \pm 2,7$	$627,6 \pm 46,4$	$6,5 \pm 0,6$
	<i>Padina pavonia</i>	$4,3 \pm 0,5$	$58,4 \pm 5,0$	$314,1 \pm 33,9$	$3,3 \pm 0,4$
	<i>Laminaria rodriguezi</i>	$6,6 \pm 0,7$	$3,9 \pm 0,3$	$990,7 \pm 99,0$	$25,7 \pm 2,5$
	<i>Phyllophora nervosa</i>	$3,5 \pm 0,3$	$21,3 \pm 1,8$	$747,0 \pm 111,6$	$3,8 \pm 0,2$
Бариевый комплекс фукоидана	<i>Cystoseira barbata</i>	$20,6 \pm 1,0$	*	$9711,7 \pm 898,7$	$24,7 \pm 2,9$
	<i>C.corniculata</i>	$9,0 \pm 1,0$	*	$2566,0 \pm 194,4$	$150,7 \pm 11,0$
Бариевый комплекс типа "фукоидана"	<i>Phyllophora nervosa</i>	$2,4 \pm 0,2$	$876,7 \pm 101,4$	$2220,3 \pm 210,4$	$10,5 \pm 1,0$

*0,1-0,3 г полисахарида извлекают полностью Mn^{54} из 50 мл раствора активностью 10^{-5} с/л.

1. Альгулеза исследуемых водорослей (*Cystoseira barbata*, *C. corniculata*, *Padina pavonia*, *Laminaria rodriguezii*, *Phyllophora nervosa*), благодаря высоким сорбционным свойствам относительно Co^{57} , может вносить заметный вклад в общее количество радионуклида, извлекаемого гидробионтами из окружающей среды.

2. Альгулеза, полученная из свежих водорослей *Cystoseira barbata*, обладает свойствами более интенсивно концентрировать и слабее фиксировать изотопы ряда биогенных элементов (Mn^{54} , Co^{57}) по сравнению с образцами, полученными из разлагающихся организмов. Это, по-видимому, связано с некоторым изменением структуры полисахарида в процессе детритообразования.

3. Альгиновые кислоты, полученные из *Cystoseira corniculata* (так же, как и *C. barbata*), можно рассматривать как концентраты Sr^{90} .

4. Концентратором Mn^{54} и Co^{57} в *Cystoseira barbata* и *C. corniculata* может явиться бариевый комплекс фукоидана (образование которого потенциально возможно во внутриклеточных растворах разлагающихся водорослей).

Высокие сорбционные свойства бариевого комплекса фукоидана делают его перспективным соединением для практического извлечения Co^{57} и Mn^{55} из окружающей среды.

5. В связи с высокими коэффициентами накопления и прочности фиксации Co^{57} некоторыми видами полисахаридов необходимо учитывать возможность концентрирования их в морской сублиторали при отмирании водорослей и образовании детрита.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Барашков Г.К. Химия водорослей. М., Изд-во АН СССР, 1963.
2. Кизеветтер И.В., Гриппер В.С., Ефтушенко В.А. Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений. М., "Пищевая промышленность", 1967.
3. Поликарпов Г.Г. Проблемы радиационной и химической экологии морских организмов. - Океанология, 1967, т.7, вып.4.
4. Поликарпов Г.Г., Рындина Д.Д. Концентрация стронция-90 и альгиновых кислот при детритообразовании. - В кн.: Радиационная и химическая экология гидробионтов. К., "Наукова думка", 1972.
5. Лазоренко Г.Е., Поликарпов Г.Г. Альгиновая кислота и механизм фиксации радионуклидов бурными водорослями. - В кн.: Радиационная и химическая экология гидробионтов. К., "Наукова думка", 1972.
6. Hampson M.A. Uptake of radioactivity by aquatic plants and location in the cells. - J. of Exper. Bot., 1967, vol.18, №54.
7. Haug A. Composition and properties of alginates. - Norwegian Inst. of Seaweeds Res., NT.N. TRYK. K. Rep. N°30, 1964.

Т а б л и ц а 3

Десорбция Ca^{45} , Mn^{54} , Co^{57} , Sr^{90} из водорослевых полисахаридов

Полисахарид	Вид водоросли	Количество десорбированного радионуклида, %			
		Ca^{45}	Mn^{54}	Co^{57}	Sr^{90}
Альгиновые кислоты	<i>Cystoseira barbata</i>		85,0 [±]	61,6 [±] 1,8	31,5 [±] 3,1
	<i>C. corniculata</i>	85,4 [±] 1,5	81,0 [±]	92,3 [±] 1,5	28,8 [±] 2,5
	<i>Cystoseira barbata</i> (живая)	91,0 [±] 0,2	93,9 [±] 0,7	99,4 [±] 0,1	85,0 [±] 0,8
	<i>Cystoseira barbata</i> (детрит)	91,5 [±] 1,1	86,4 [±] 1,6	86,5 [±] 3,3	84,3 [±] 8,3
	<i>C. corniculata</i>	99,2 [±] 0,1	93,5 [±] 2,4	95,4 [±] 0,4	88,4 [±] 0,2
	<i>Padina pavonia</i>	87,6 [±] 1,8	87,7 [±] 6,5	51,7 [±] 2,6	93,2 [±] 0,9
	<i>Laminaria rodriguezi</i>	81,7 [±] 1,6	33,4 [±] 3,1	46,5 [±] 1,6	72,5 [±] 3,0
	<i>Phyllophora nervosa</i>	89,0 [±] 2,0	78,9 [±] 1,9	35,4 [±] 2,0	63,2 [±] 1,7
Бариевый комплекс фукоидана	<i>Cystoseira barbata</i>	88,3 [±] 1,1	44,1 [±] 2,0	46,0 [±] 4,0	75,4 [±] 8,3
	<i>C. corniculata</i>	47,0 [±] 1,6	5,0 [±] 0,5	44,0 [±] 2,7	12,2 [±] 0,1
Бариевый комплекс типа "фукоидана"	<i>Phyllophora nervosa</i>	63,3 [±] 1,8	43,8 [±] 4,1	60,8 [±] 3,7	29,6 [±] 3,0

[±] Среднее значение трех определений.

S. Percival E., McDowell R.H. Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides. - Academic press, London - New York, 1967.

D.D. Rindina

Ca^{45} , Mn^{54} , Co^{57} and Sr^{90} CONCENTRATION
AND FIXATION BY DIFFERENT ALGAL POLYSACCHARIDES

S u m m a r y

Sorption properties of some polysaccharides of brown and red algae in relation to Ca^{45} , Mn^{54} , Co^{57} and Sr^{90} were studied in the paper.

Algulose obtained from fresh alga *Cystoseira barbata* was found to concentrate more intensively and to fix weaker isotopes of a number of biogenic elements (Mn^{54} , Co^{57}) as compared with samples obtained from decomposing organisms. The barium complex of fucoidan may be a Mn^{54} and Co^{57} concentrator in *C. barbata* and *G. corniculata*.

Due to Co^{57} high concentrator factors and strong fixation by some species of polysaccharides, possibility of their concentration in marine sublittorally with algae decay and detritus formation should be taken into account.

Приложения

Координаты и гидрометеорологические данные
станций 70-го рейса нис "Академик А.Ковалевский"

Номер стан- ции	Дата	Район	Координаты		Время		Глу- бина, м	Волнение, направление, баллы	Облач- ность, баллы	Темпера- тура по- верхнос- ти воды, °С
			широта (север- ная)	долгота	начало	конец				
1	7.V 1972	Черное море	44°35,7	33°17,0 _{ост}	19-00	20-34	100	NO-2	0	12,0
2	8.V 1972	" "	42°16,0	30°20,0 "	19-00	23-01	2000	NO-1	6	11,0
3	9.V 1972	" "	41°24,0	29°32,2 "	06-30	08-25	400	штиль	0	12,0
4	10.V 1972	Эгейское море	38°23,2	24°56,0 "	20-20	23-14	500	"	1	15,0
5	11.V 1972	" "	37°23,7	24°07,8 "	08-00	09-45	495	NW-I	3	16,0
6	12.V 1972	Ионическое море	36°46,5	21°34,0 "	08-00	11-49	2800	NW-3,4	5	17,0
7	16.V 1972	Адриат.море	45°12,7	13°17,4 "	09-15	09-56	34	W-2, знобь	10	15,0
8	16.V 1972	" "	45°13,2	13°09,7 "	10-40	11-38	34	W-2, "	8	15,0
9	16.V 1972	" "	45°21,1	13°10,8 "	12-50	16-00	28	W-2, "	10	16,0
10	16.V 1972	" "	45°21,9	13°05,0 "	16-55	17-47	32	W-I	0	16,0
11	20.V 1972	Адриат.море, устье р.По	44°53,2	12°49,8 "	13-20	15-21	32	S-3	7	16,0
12	20.V 1972	Т о ж е	44°48,8	12°47,4 "	15-45	19-00	32	S-3	0	16,0
13	20.V 1972	" "	44°41,0	12°42,4 "	19-05	20-55	32	S-2	5	15,0
14	21.V 1972	Адриат.море	43°34,5	13°55,0 "	07-00	09-15	52	NW-2	2	16,5
15	21.V 1972	" "	43°29,0	13°55,0 "	09-39	11-50	43	N-2	6	16,5
16	21.V 1972	" "	43°18,5	14°07,2 "	15-00	15-30	61	N-I	ясно	16,5
17	21.V 1972	" "	43°04,0	14°30,0 "	18-00	18-50	105	SO -I	"	16,0

18	21.У 1972	Адриат. море	42°50,0	14°51,0ост	21-05 22-35	205	N-I	ясно	16,0
19	22.У 1972	Адриат. море, залив Ман- фредониса	41°46,3	16°22,6 "	10-38 12-50	53	NW-3	I	17,0
20	22.У 1972	Т о ж е	41°38,2	16°21,2 "	13-07 16-00	39	N-2	ясно	17,0
21	23.У 1972	Ионич. море	39°34,9	18°12,0 "	12-06 00-18	425	W-3	I	17,0
22	25.У 1972	Тирренское море у о-ва Страмболи	38°40,5	15°19,5 "	02-10 07-42	1450	штиль	I	17,0
23	26.У 1972	Тирренское море	40°16,6	14°01,9 "	00-10 13-30	1200	W-I	ясно	18,0
24	28.У 1972	Тирренское море у о-ва Корсика	48°17,3	09°50,0 "	08-41 10-40	780	NW-3, зыбь	"	17,0
25	28.У 1972	Лигурийское море	42°49,5	09°58,8 "	16-40 18-50	57	NW-3, "	"	17,0
26	29.У 1972	Т о ж е	43°15,2	09°29,6 "	08-13 10-42	145	NW-3, "	2	16,5
27	29.У 1972	" "	43°43,8	08°12,7 "	23-10 00-30	2100	S-2, "	7	16,0
28	5.У 1972	Лионский залив	43°09,6	04°30,0 "	04-45 08-15	80	SO-3	10	18,0
29	5.У 1972	Т о ж е	43°12,2	04°21,8 "	08-20 11-30	86	SO-3	7	18,0
30	6.У 1972	Лионский залив, устье р. Роны	43°15,2	03°58,8 "	08-51 11-45	88	W-3, зыбь	7	16,0
31	6.У 1972	Лионский залив	43°13,0	04°05,8 "	12-00 15-27	91	W-3, -"	8	17,0
32	6.У 1972	Т о ж е	43°06,0	04°38,6 "	17-30 22-55	80	SW -2	3	17,0
33	7.У 1972	" "	42°51,3	03°25,3 "	06-35 09-10	97	NO-I, зыбь	10	17,0
34	7.У 1972	" "	42°44,4	03°27,6 "	09-19 11-50	94	SO -2	10	17,0
35	7.У 1972	" "	42°50,5	03°24,8 "	12-20 16-40	93	NW -2	10	17,0
36	8.У 1972	Средизем. море	41°49,2	03°27,8 "	20-00 21-30	1300	W -2, зыбь	2	17,0

Номер стан- ции	Дата	Район	Координаты		Время		Глу- бина, м	Волнение, направление, баллы	Облач- ность, баллы	Темпера- тура по- верхно- сти воды, °C
			широта (север- ная)	долгота	начало	конец				
37	9.VI 1972	Средиз. море	41°37,0	03°29,5W	08-05	10-04	750	W -I, змбь	10	16,5
38	9.VI 1972	" "	41°36,7	03°27,6"	20-00	21-28	900	SSW -I, "	3	17,0
39	10.VI 1972	" "	41°09,9	02°27,4"	08-26	10-08	900	OS -3	8	17,0
40	12.VI 1972	Балеар. море	39°10,3	02°25,6"	08-15	13-07	700	W -2, "	2	19,0
41	13.VI 1972	Средиз. море, устье р. Эбро	40°20,3	00°50,6"	06-22	09-00	73	SW -2, "	8	18,0
42	13.VI 1972	Т о ж е	40°12,0	0°54,6"	10-04	12-52	80	SO -2	10	19,0
43	13.VI 1972	" "	40°30,5	01°02,5"	14-20	17-15	80	SO -I	9	19,0
44	14.VI 1972	" "	40°33,0	01°04,0"	07-33	09-50	100	SO-2, змбь	8	18,0
45	15.VI 1972	Средиз. море	38°24,9	0°12,0"	10-15	14-09	90	SW -4	1	18,0
46	15.VI 1972	" "	38°29,7	0°24,20st	14-10	14-55	100	SSW-3	1	18,0
47	16.VI 1972	" "	38°18,4	0°04,0W	08-05	09-40	85	S -I, змбь	0	19,0
48	16.VI 1972	Средиз. море, побер. Испании	38°00,0	0°04,5"	12-20	00-30	1080	SW -2	0	19,0
49	17.IV 1972	Средиз. море	36°31,3	02°32,8"	17-49	19-30	1000	ost-I, змбь	7	17,0
50	18.VI 1972	Альборанское море	36°29,5	4°15,0"	10-08	11-49	45	ost-I, змбь	7	18,5
51	22.VI 1972	Атлантический океан	36°03,8	6°15,0"	15-51	00-54	39	NW -2, "	0	18,0
52	23.VI 1972	Средиз. море, побер. Африки	35°30,3	03°50,0"	17-06	21-40	80-400	штиль	0	20,0
53	24.VI 1972	Т о ж е	35°41,5	02°33,0"	06-05	06-11	550	NO-I	0	19,0

54	27.VI 1972	Средиз. море, мыс Ла-Галит	37°30,8	9°31,00st	I7-55	I8-38	400	NO-3, знобь	10	20,0
55	28.VI 1972	Тунис. пролив	37°32,6	11°40,2 "	08-01	09-68	50	NW-2, "	8	21,0
56	28.VI 1972	" "	37°36,4	11°27,2 "	I2-00	01-30	700	NW-2, "	0	21,0
57	29.VI 1972	Тиррен. море	38°20,2	13°23,0 "	I7-06	I8-40	1350	N-I	0	21,0
58	29.VI 1972	" "	38°21,6	13°33,2 "	I9-02	22-40	1420	N-I	0	24,0
59	30.VI 1972	" "	39°28,2	13°50,3 "	7-30	01-05	3400	ШТИЛЬ	0	24,0
60	7.VII 1972	Тиррен. море у о-ва Страм- боли	38°48,0	15°11,5 "	I2-24	I3-04	38	Ost -I	0	23,0
61	8.VII 1972	Ионич. море	37°30,0	17°24,6 "	08-00	08-10	2700	NNO-4	0	23,5
62	8.VII 1972	" "	37°18,0	18°05,5 "	I3-00	I3-15	3100	NNO-4	2	23,8
63	9.VII 1972	" "	36°44,0	19°06,0 "	08-00	08-07	3200	NW-3, знобь	0	23,5
64	9.VII 1972	Средиз. море	36°35,2	21°49,8 "	I3-01	I3-08	2200	NW-2, "	0	22,0
65	9.VII 1972	Эгейское море	36°10,8	22°44,7 "	I9-40	I9-45	499	NW -2, "	0	22,0
66	10.VII 1972	" "	36°43,3	23°34,5 "	08-00	08-08	540	NO-2, "	10	23,0
67	10.VII 1972	" "	37°16,0	23°50,0 "	I3-00	I3-09	215	NO-3, "	0	23,0
68	11.VII 1972	" "	39°15,1	25°03,7 "	08-00	I4-00	790	NO-2	8	23,0

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ - Г.Г.Поликарпов.....	3
Л.Г.Кулебакина. Исследования Института биологии южных морей АН УССР в 70-м рейсе на сс "Академик А.Ковалевский".....	4
В.В.Андрющенко. Изучение накопления и выведения ДДТ-С-14 морскими водорослями /в эксперименте/.....	14
В.В.Андрющенко, Л.Г.Кулебакина, Д.Б.Гиренко. Хлорофил-а пестициды в воде и организмах Средиземного моря....	17
А.Г.Бенжипский, Г.Г.Поликарпов. Нефтяные агрегаты в поверхностных водах морей Средиземноморского бассейна.....	33
А.Г.Бенжипский, Л.И.Сажина. Накопление кобальта-57 и железа-55 некоторыми зоопланктонными организмами Средиземного моря.....	36
Л.Г.Кулебакина. Накопление марганца-54, железа-55, кобальта-57 и кальция-45 <i>Idotea metallica</i> в зависимости от веса.....	40
Л.Г.Кулебакина, Г.Е.Лазоренко. Изучение накопления некоторых радионуклидов взвешенным веществом и живыми организмами.....	43
Г.Е.Лазоренко. Ионнообменные свойства альгинатов различного происхождения в морской воде.....	52
Л.И.Сажина, А.Г.Бенжипский. Динамика распределения гипонейстона в западной части Средиземного моря.....	60
Л.И.Сажина, Э.П.Балдина. Распределение сестона на суточных станциях Средиземного моря.....	62
Д.Д.Рындина. Роль высокомолекулярных соединений бурых водорослей в извлечении стронция-90 из морской воды.....	66
Д.Д.Рындина. Накопление и фиксация Ca^{45} , Mn^{54} , Co^{57} и Sr^{90} различными водорослевыми полисахаридами.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ. Координаты и гидрометеорологические данные станций 70-го рейса.....	84