

ПРОВ 98

Пров. 1980

ПРОВ 2010

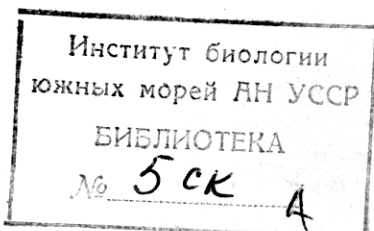
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

Экология моря

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1980 г.

Выпуск 2



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1980

**ZINC-65 ACCUMULATION AND REMOVAL
BY STEPHANOPIXIS PALMERIANA UNDER EXPERIMENTAL CONDITIONS**

Summary

The zinc-65 accumulation and removal of the diatom *Stephanopixis palmeriana* were studied under experimental conditions. When the environment illumination was 6000 ph the dividing alga culture after the 10 hour-experiment accumulated zinc-65 with a lower accumulation coefficient than the nondividing culture under conditions of low illumination intensity, which may be accounted for by the fact that the dividing culture acquires a new cell surface of unfilled zinc sorption pools. The non-dividing algae removed radioactive zinc in the low-intensity illumination environment with a higher rate than the dividing culture in the environment of high illumination intensity. The initial zinc-65 accumulation rate in the accumulation experiments and its residual radioactivity in the removal experiments were higher in the algae under high illumination conditions.

УДК 577.391+577.442

В. Н. ЕГОРОВ, В. Н. ИВАНОВ,
Т. Г. УСЕНКО, Н. А. ФИЛИППОВ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОБМЕНА
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ У ЗООПЛАНКТОННЫХ ОРГАНИЗМОВ**

Зоопланктонные организмы играют важную роль в трансформации и переносе минеральных веществ в океане. Зоопланктон принимает активное участие в круговороте биогенов [5, 7] и микроэлементов [2, 4, 6, 9, 10]. Содержание последних в тотальном планктоне и отдельных видах может превышать концентрацию в морской воде на 2—4 порядка [8, 11]. Количественная оценка биогеохимического значения вторичных продуцентов весьма важна и для изучения путей миграции тяжелых металлов и радиоактивных загрязнений, в итоге она характеризует способность океана к самоочищению.

Цель настоящей работы — изучить в экспериментальных условиях накопление и выведение ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{60}Co и ^{59}Fe зоопланктонными организмами Центральной и Юго-Западной Атлантики для определения скоростей обмена или микроэлементов.

Материалы и методы исследований. Зоопланктон отлавливали сетями МНТ, Джели или Джом, оснащенными ситом соответственно № 2, 19 и 46. Нужные виды выбирали из проб сачком или пипеткой и переносили в химические стаканы объемом 1 л. В экспериментах использовали хлористые соединения микроэлементов. Радиоактивность рабочих растворов была $1-6 \pm 10^{-6}$ К/л. Воду для опытов отбирали с поверхности океана и процеживали через газ № 46. В экспериментах с радионуклидами отбирали для измерений по 5 проб воды объемом по 1 мл в алюминивые подложки. Пробы воды перед радиометрированием содержали в сушильном шкафу до получения сухого остатка. Пробы гидробионтов готовили следующим образом: зоопланктонные организмы отлавливали пипеткой или маленьким сачком из сита № 21, ополаскивали морской водой, обсушивали на фильтровальной бумаге, заворачивали в пакет из кальки, подсушивали и радиометрировали. На каждую пробу приходилось от 3 до 30 животных. В экспериментах с зоопланктерами массой от 7 мг и более применяли прижизненное радиометрирование, т. е. в течение эксперимента животных извлекали из радиоактивного раствора, ополаскивали, помещали в бюкс с 1—2 мл чистой морской воды и в таком состоянии радиометрировали. Животных после измерения радиоактивности вновь помещали в эксперимен-

тальные аквариумы. Часть экспериментов ставилась с парами изотопов ^{65}Zn — ^{54}Mn и ^{60}Co — ^{54}Mn . Таксономические положения зоопланктеров определялись Л. И. Сажинной, за что мы выражаем ей искреннюю признательность.

Для радиометрических измерений использовали датчик «Воря» с кристаллом NaJ(Tl) 63×63 и анализатор АИ-128. Погрешность регистрации не превышала 3%. Расшифровку двухкомпонентных гамма-спектров и математическую обработку наблюдений выполняли на

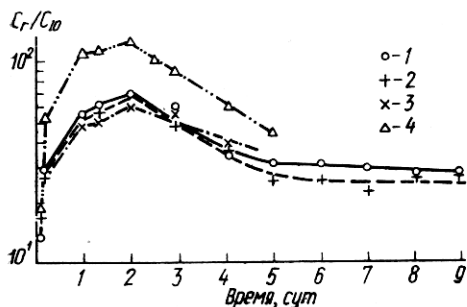


Рис. 1. Накопление и выведение ^{65}Zn *Idothea metallica* различной массы. C_f/C_0 — отношение концентраций цинка-65 в гидробионте и среде, из которой накапливался радионуклид:
1 — 110 мг, 2 — 42, 3 — 25 и 4 — 7 мг.

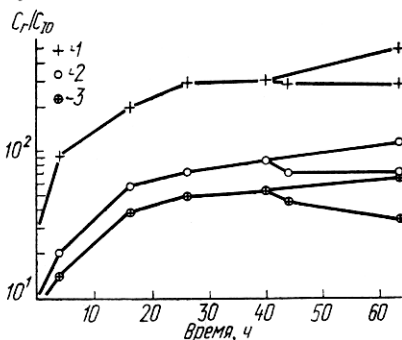


Рис. 2. Накопление и выведение ^{65}Zn (1), ^{60}Co (2) и ^{54}Mn (3) *Miracia effe-rata*.

ЭВМ. Объемы выборок планировали по оценкам коэффициента вариации, получаемым в предварительных опытах. Погрешность определения генерального среднего, рассчитываемого для $\alpha=0,05$ при условии нормальности распределения, не превышала 10—15% его выборочного значения.

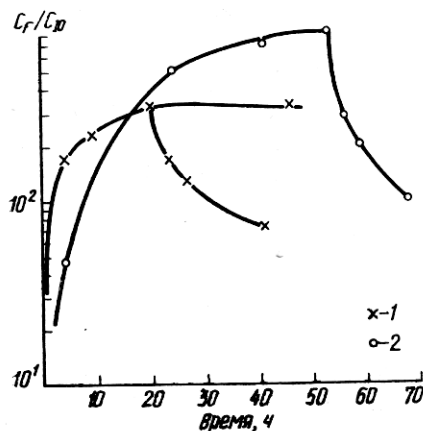


Рис. 3. Накопление и выведение ^{65}Zn (1) и ^{54}Fe (2) *Clausocalanus masti-gophorus*.

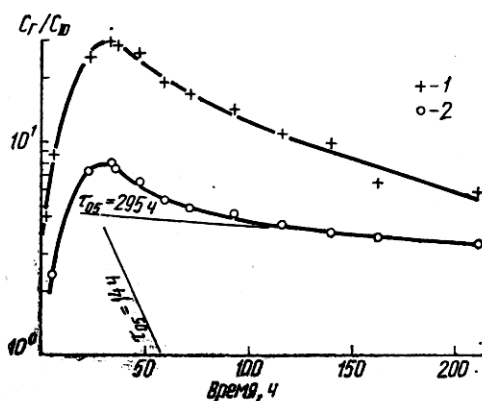


Рис. 4. Накопление и выведение ^{65}Zn (1) и ^{54}Mn (2) *Giperoche medusarum*.

Результаты и их обсуждение. Рис. 1—5 иллюстрируют накопление и выведение ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{60}Co и ^{59}Fe зоопланктонными организмами различных таксономических групп. Отклонение данных по выведению (рис. 1—5) от прямой линии на графиках с логарифмическим масштабом по оси ординат свидетельствует, что кинетика выведения рассматриваемых микроэлементов зоопланктонами не может быть описана одной экспонентой. В то же время описание зависимостей по выведению

суммой экспоненциальных членов дало удовлетворительную сходимость аппроксимирующих кривых с экспериментальными наблюдениями. Например, кинетика выведения ^{54}Mn *Giregoche medusarum* (см. рис. 4) складывается из двух экспонент, одна из которых имеет период полу-выведения 296, а другая 14 ч.

Известно, что если зависимости накопления или выведения описываются экспоненциальными функциями, то кинетика обмена радионуклидов гидробионтами с достаточной адекватностью отражается камерными моделями, имеющими число камер, равное числу экспоненциальных членов в кривых накопления или выведения [3]. Наши данные позволяют применить двухкамерную модель для описания обмена и сделать допущение, что зоопланктеры имеют по крайней мере два фонда, обменивающих микроэлемент со скоростями метаболических реакций первого порядка. В нашем случае радиоактивный пул гидробионта значительно меньше пула среды.

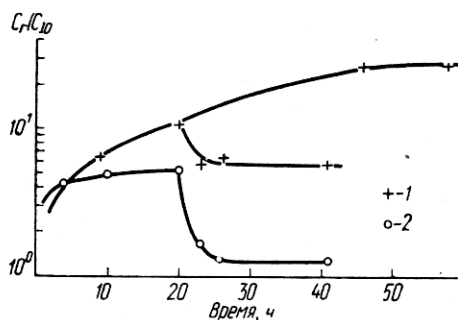


Рис. 5. Накопление и выведение ^{54}Mn (1) и ^{60}Co (2) *Clausocalanus mastigophorus*.

Изменение концентрации радионуклида в гидробионте C_r во времени при любых начальных концентрациях радионуклида в среде C_b и камерах гидробионта C_{10} и C_{110} описывается уравнением

$$C_r(t) = K_c C_b + (C_{10} - C_b B_1) e^{-p_1 t} + (C_{110} - C_b B_2) e^{-p_2 t},$$

где K_c — статический, или предельный, коэффициент накопления радионуклида гидробионтом; $B_1 p_1$ и $B_2 p_2$ — соответственно коэффициенты накопления $B_1 + B_2 = K_c$ и константы скоростей обмена радионуклида обменными фондами гидробионта.

При постоянстве физико-химических параметров среды и физиологического состояния гидробионта уравнение описывает все состояния системы радионуклид в морской среде — гидробионт. Если радиоизотоп находится в том же физико-химическом состоянии, что и стабильный элемент, то это выражение справедливо и для определения обменных фондов и скоростей их обмена гидробионтом по результатам опытов с радиоактивной меткой. Из уравнения следует, что скорость обмена радионуклида гидробионтом (единиц концентрации радионуклида или химического элемента единицей массы в единицу времени) численно равна тангенсу угла наклона касательной к кривой накопления в точке $t=0$.

В наших опытах изотопы микроэлементов вносились в ионной форме в невесомых количествах. Химическое равновесие между организмами и средой в экспериментальных аквариумах не нарушалось, поэтому уравнение, очевидно, справедливо для определения скоростей обмена гидробионтами микроэлементов данной химической формы. Эти скорости мы определяли по формуле численного дифференцирования по четырем точкам [1]. Результаты расчетов сведены в таблицу, из которой следует, что с наибольшей скоростью обменивают цинк мелкие формы зоопланктона. Большие величины коэффициентов накопления ^{65}Zn по сравнению с радионуклидами кобальта и марганца могут быть объяснены высокой скоростью обмена этого элемента в системе вода—гидробионт.

Изучение кинетических закономерностей накопления и выведения радионуклида позволяет моделировать концентрирование микроэлементов зоопланктонными организмами. Наиболее простая модель может

быть представлена как сумма обмена и трат микроэлемента на рост организма. К сожалению, в настоящее время вычлнить последнюю составляющую весьма сложно из-за методических трудностей (необходимость длительного содержания животных в экспериментальных условиях) и отсутствия количественных данных о соотношении биологических и физико-химических механизмов в аккумуляции. Важность этой задачи для будущих исследований нам кажется очевидной.

Скорость обмена радионуклидов зоопланктонными организмами

Номер опыта	Вид	Изотоп	Скорость обмена, 1/ч	Масса организма, мг
2	<i>Idotea metallica</i> Stephensen	^{65}Zn	6,65	110
	" " "	^{65}Zn	8,50	42
	" " "	^{65}Zn	6,65	25
	" " "	^{65}Zn	9,15	7
9	<i>Idotea metallica</i> Stephensen	^{65}Zn	10,40	7
11	<i>Miracia eferrata</i> Dana	^{65}Zn	27,30	0,11
11	" " "	^{54}Mn	5,23	0,11
12	" " "	^{65}Zn	30,70	0,11
14	" " "	^{65}Co	6,67	0,11
18	<i>Clausocalanus mastigophorus</i> Claus	^{54}Mn	2,20	0,15
19	То же	^{137}Cs	2,00	0,15
20	" " "	^{60}Co	3,00	0,15
24	<i>Hyperocha medusarum</i>	^{54}Mn	0,40	70—474
24	" " "	^{65}Zn	1,80	70—474
28	<i>Claucalanus mastigophorus</i> Claus	^{54}Mn	3,25	0,15
29	То же	^{59}Fe	11,50	0,15
29	" " "	^{65}Zn	1,30	0,15

Выводы. Кинетика процесса выведения зоопланктоном ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{60}Co и ^{59}Fe не описывается метаболической реакцией первого порядка. Интенсивность обмена радионуклидов микроэлементов зоопланктерами каждого вида тем выше, чем меньше масса их особей.

1. Копченова Н. В., Марон И. А. Вычислительная математика в примерах и задачах. — М.: Наука, 1972 — 366 с.
2. Олейник В. Я. Микроэлементы в приповерхностном планктоне Черного моря. — Биология моря, Киев, 1971, вып. 22, с. 48—60.
3. Bernhard M. The utilization of simple models in radioecology. — Mar. Radioecol., 1971, 12, p. 129—187.
4. Bostrom K., Joensuu O., Brohm I. Plankton: its significance as a source of pelagic sediments. — Chem. Geol., 1974, 14, N 4, p. 255—271.
5. Corner E. D. S. Phosphorus in marine zooplankton: Phosphorus fresh water and marine environment. — Oxford, 1973. — 110 p.
6. Fujita Tetsuo. The zinc content in marine plankton. Rec. Oceanogr. Works Jap., 1972, 11, N 2, p. 73—79.
7. Jawad M. Ammonia excretion by zooplankton and its significance to primary productivity during summer. — Mar. Biol., 1973, 23, N 2, p. 115—120.
8. Martin J. H., Knauer G. A. A comparison of inshore and offshore levels of 21 tracer and major elements in marine plankton. — In: Brookhaven National laboratory. 24—26 May 1972, p. 35—36.
9. Martin J. H., Knauer G. A. The elemental composition of plankton. — Geochim. et cosmochim. acta, 1973, 37, N 7, p. 1639—1653.
10. Patel B. Field and laboratory comparability of radioecological studies. — Techn. Repts. Ser. Int. Atom. Energy, 1975, N 167, p. 211—239.
11. Polikarpov G. G. Radioecology of agyatic organisms. — Amsterdam; New York: North-Holl. Publ. co. Reinhold Book Division, 1966. — 314 p.

**EXPERIMENTAL STUDY OF TRACE ELEMENT
METABOLISM IN ZOOPLANKTON ORGANISMS**

Summary

An experimental study was made for ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{60}Co and ^{59}Fe accumulation and removal by zooplankton organisms of the Central and South-Western Atlantic. It is determined that the kinetics of the trace element radionuclide removal process is not described by the first order metabolic reaction, the intensity of each trace element-by-zooplankton metabolism being inversely dependent on the specimen mass.

УДК 547.963.32

И. А. ДИВАВИН

**НУКЛЕИНОВЫЙ ОБМЕН ЧЕРНОМОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ
В РАЗЛИЧНЫХ БУХТАХ ЮГО-ЗАПАДНОГО
ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА**

Ранее нами показано, что значительные концентрации нефти в морской воде вызывают изменения в биосинтезе, полимерности и содержании нуклеиновых кислот и кислоторастворимых нуклеотидов у морских гидробионтов [1—4, 8]. В связи с широким распространением нефти и нефтепродуктов в Мировом океане особое внимание уделяется натурным исследованиям, чтобы выяснить влияние этих токсикантов на морскую флору и фауну. В настоящей работе изложены результаты изучения содержания кислоторастворимых нуклеотидов, состава и содержания нуклеиновых кислот у креветок (*Palaemon adspersus* Rathke), тритий (*Tritia reticulata* Linnae) и кардиумов (*Cerastoderma glaucum* Poiret) в двух бухтах юго-западного побережья Крыма, причем уровень содержания нефтепродуктов в бухте А был на 2 порядка ниже содержания нефтепродуктов в бухте Б.

Все объекты взяты для опытов в феврале. После вылова материал фиксировали этанолом, измельчали, отмывали ацетоном, хлороформом, смесью спирт-хлороформ и спирт-эфир. Кислоторастворимые нуклеотиды экстрагировали из воздушно-сухого материала 2×20 мин $0,5 \text{ HClO}_4$ при $0 + 4^\circ \text{C}$. Объединенные экстракты использовали для спектрофотометрического определения суммарного содержания нуклеотидов [7] и их состава. Осадок отмывали ацетоном до pH 7 и количественно определяли нуклеиновые кислоты по методу [6]. Мононуклеотиды РНК после щелочного гидролиза, так же как и кислоторастворимые нуклеотиды, разделяли по составу на колонках ($0,8 \times 35$) с дауэксом (1×4) 200—400 меш. Элюцию проводили $0,25 \text{ M NH}_4\text{Cl}$ в $0,2 \text{ M NH}_4\text{OH}$ со скоростью 20 мл/ч. Материал, соответствующий каждому пику, объединяли и определяли содержание нуклеотидов по формуле

$$A = \frac{E \cdot Y}{K},$$

где A — количество нуклеотида, ммоль; E — максимум экстинкции; Y — объем элюта, мл; K — миллимолярный коэффициент. Пики идентифицировали по УФ-спектрам поглощения.

Данные табл. 1 показывают, что объекты из бухты Б по всем показателям значительно отличаются от объектов бухты А. Содержание кислоторастворимых нуклеотидов у всех видов снижено (у креветок — на 22%, у тритий — на 42, у кардиума — на 28%). Содержание РНК уменьшено у креветок и тритий соответственно на 62 и 55%, а у кардиума увеличено на 39%. Снижение уровня ДНК у креветок и тритий