

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



27
—
1987

аэробной фазы максимальную активность проявляет сукцинатдегидрогеназа.

Уровень абсолютной и относительной (по отношению к ферментам анаэробной стадии окисления) активности сукцинатдегидрогеназы максимален у размерной группы 35—40 мм, что может обусловить большую смертность этой группы мидий в условиях низкого содержания кислорода или действия ионов тяжелых металлов.

1. Брайко В. Д., Дерешкевич С. В. Сезонные изменения в дыхании мидий // Биология моря. — 1978. — Вып. 44. — С. 31—36.
2. Виленькина М. Н. Дыхание тканей некоторых морских беспозвоночных // Там же. — 1968. — Вып. 15. — С. 16—28.
3. Вержбинская Н. А., Шапиро А. З. Тканевой окислительный обмен мидий и его сезонные изменения // Физиология и биохимия беспозвоночных. — Л.: Наука, 1968. — С. 233—242.
4. Горомосова С. А., Шапиро А. З. Основные черты биохимии энергетического обмена мидий. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. — 118 с.
5. Проссер Л. Сравнительная физиология животных. — М.: Мир, 1977. — Т. 1. — 608 с.
6. Рокицкий П. Ф. Основы вариационной статистики для биологов. — Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1961. — 217 с.
7. Шапиро А. З. Свойства малатдегидрогеназы мышц мидии (*Mytilus galloprovincialis*) // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. — 1984. — 20, № 2. — С. 135—139.
8. Gubler C. S. Studies on the physiological functions of thiamine. I. The effects of thiamine deficiency and thiamine antagonisms on the oxidation of keto acids by rat tissues // J. Biol. Chem. — 1961. — 236, N 12. — P. 3112.
9. Lowry O. H., Rosenbrough N. J., Farr A. L., Randall R. G. Protein measurement with the folin phenol reagent // Ibid. — 1951. — 193, N 1. — P. 265—275.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР,
Севастополь

Получено
17.03.86

A. Z. SHAPIRO, S. A. PETROV

ACTIVITY OF THE OXIDATIVE EXCHANGE ENZYMES IN MUSSELS (*MUTILUS GALLOPROVINCIALIS* L.) OF DIFFERENT SIZE

Summary

Data on the intensity of endogenic respiration oxidation, of the intermediate metabolites of the Krebs cycle (pyruvate, citrate, α -ketoglutarate, succinate) as well as of enzymes of carbohydrate catabolism in hepatopancreas of three size groups of mussels: 15-20, 35-40 and 55-65 mm are presented. Change in the activity of enzymes as dependent on the linear sizes is established only for the groups of 15-20 and 35-40 mm, that is connected with reproductive process. As to the relative activities of the above indices succinate dehydrogenase is suggested to be of particular concern in ontogenetic changes of the oxidative processes' intensity. Its absolute and relative activity is maximal in group of 35-40 mm, that can induce considerable damage of this stage of mussel ontogenesis under unfavourable conditions.

УДК 577.17.049—577 (260)

В. Н. ПОПОВИЧЕВ, В. Н. ЕГОРОВ

КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРЕНТЕРАЛЬНОГО И АЛИМЕНТАРНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ ¹³⁷Cs ЧЕРНОМОРСКИМИ ИДОТЕЯМИ

Исследование роли пищи и водной среды в поглощении химических элементов и их радионуклидов гидробионтами имеет важное значение для решения проблемы миграции загрязнений по трофическим цепям.

В настоящей работе на примере идотей изучалось влияние различных концентраций цезия в пище и водной среде на кинетические ха-

характеристики парентерального и алиментарного поглощения, а также выведения ^{137}Cs консументами.

Материал и методика. Опыты поставлены с морскими тараканами *Idotea baltica basteri* (Aud), пищей которым служила зеленая водоросль *Ulva rigida*. Материал для экспериментов отбирался в районе Севастополя. Для наблюдений использовались идотеи массой 30—35 и 70—80 мг и однородные по толщине, размеру и цвету образцы талломов ульвы.

В опытах, предназначенных для изучения парентерального (через внешние покровы тела) поглощения ^{137}Cs , идотей по одному животному, чтобы исключить каннибализм, пересаживали в химические стаканы объемом по 150 мл, содержащие по $3,7 \cdot 10^4$ БК·л $^{-1}$ ^{137}Cs и различное количество ^{133}Cs . В аквариумы помещали стеклянные палочки, которые служили убежищем идотеям, уменьшая их энергетические траты на движение.

Для изучения алиментарного (пищевого) пути поглощения цезия идотей содержали на заранее подготовленном, меченном ^{137}Cs корме. Кормом служили талломы ульвы, которые накапливали ^{137}Cs в условиях разных добавок стабильного цезия в воде. ^{137}Cs и стабильный цезий вносились в аквариумы в ионной форме.

В экспериментах применяли прижизненное радиометрирование водорослей и животных. Радиометрические измерения проводились на анализаторе АИ-128 с датчиком «Воря» с кристаллом NaI(Tl) 63×63 мм. Погрешность радиометрических измерений не превышала 5%. Объемы выборок планировались по оценкам коэффициента вариации, рассчитанным по результатам предварительного опыта. Доверительные интервалы средних значений определялись при уровне значимости 0,05 при условии нормальности закона распределения вариантов в выборках. Во всех случаях величина доверительного интервала не превышала 10—15% значений выборочных средних.

Кинетические закономерности накопления и выведения ^{137}Cs гидробионтами оценивались в относительных единицах. В качестве показателя накопительной способности гидробионтов использовался коэффициент накопления, рассчитываемый по экспериментальным наблюдениям как отношение концентраций ^{137}Cs в гидробионте и в воде. Кинетика выведения изучалась по изменению во времени отношения концентраций радиоактивного цезия в гидробионте в текущий и начальный моменты времени. За начальный момент принималось время пересаживания животных из аквариума с радиоактивностью в аквариум с нерadioактивной водой или пищей.

Результаты и обсуждение. В наших экспериментах отдельно изучалось поглощение ^{137}Cs идотеями из водной среды и из пищи.

Рис. 1, а иллюстрирует кинетические закономерности поглощения ^{137}Cs идотеями из воды в аквариумах, содержащих различные добавки цезия. После 6 суток парентерального поглощения ^{137}Cs в этих аквариумах идотеи были помещены в сосуды с водой без радионуклида и с природной концентрацией цезия. Кинетика выведения ^{137}Cs , выраженная в относительных единицах, у них не отличалась (рис. 1, б). В целом результаты опыта показали, что кинетические характеристики обмена поглощенного парентерально ^{137}Cs идотеями не зависят от концентрации цезия в воде вплоть до концентрации 5 мг·л $^{-1}$.

В эксперименте, результаты которого отражены на рис. 1, удельная радиоактивность воды различалась. Независимость закономерностей поглощения и выведения ^{137}Cs от концентрации его стабильного аналога в воде и гидробионте свидетельствовала, что идотеи накапливали и выводили с одинаковыми кинетическими характеристиками не только радиоактивный, но и стабильный цезий.

Известно, что в океанской воде концентрация цезия составляет 0,4—2,0 мкг·л $^{-1}$, а в Черном море — 1,4 мкг·л $^{-1}$ [1]. Экспериментальные наблюдения (рис. 1) показали, что при парентеральном поступле-

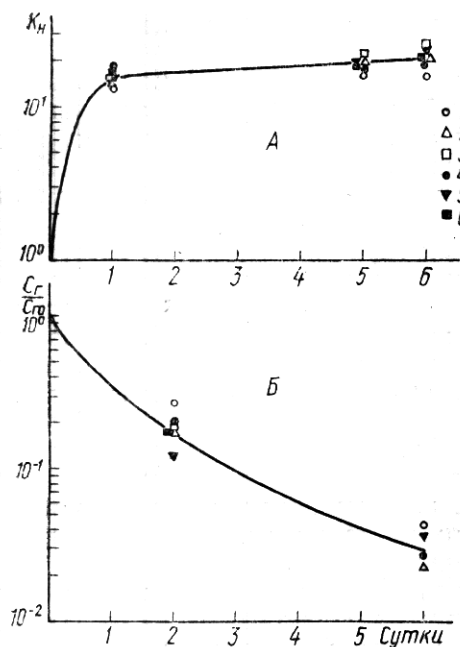


Рис. 1. Парентеральное накопление (А) и выведение (Б) ^{137}Cs *Idotea Baltica* при разных концентрациях цезия в воде:

1 — среда без добавки цезия, 2 — с добавками 50, 3 — 100, 4 — 500, 5 — 1000, 6 — 5000 мкг·л⁻¹

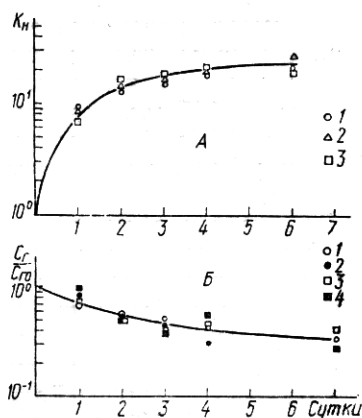


Рис. 2. Накопление (А) и выведение (Б) ^{137}Cs *Ulva rigida* при различных концентрациях цезия в воде

(А) 1 — вода без добавки стабильного цезия, 2 — с добавками 50 и 3 — 100 мкг·л⁻¹; (Б) 1 — выведение в воду без добавки стабильного цезия, 2 — с добавкой 100 мкг·л⁻¹, после предварительного накопления ^{137}Cs в воде без добавки цезия; 3 и 4 — выведение соответственно в среду без добавки цезия и с добавкой 100 мкг·л⁻¹ после предварительного накопления ^{137}Cs водорослями в воде с добавкой цезия 100 мкг·л⁻¹

нии кинетические показатели обмена цезия идотейми не зависят от содержания цезия в воде, превышающего природные уровни на два-три порядка величин.

Закономерности алиментарного поглощения цезия изучались на примере трофического звена идотей — ульва. Ставилась задача определить влияние различных концентраций цезия в водорослях на кинетические характеристики его усвоения и обмена идотейми при поглощении из пищи. Исходя из поставленной задачи было необходимо получить водоросли, удовлетворяющие следующим требованиям: а) таломы ульвы должны были содержать радиоактивный ^{137}Cs и различное количество его стабильного аналога; б) в период кормления идотей концентрация цезия и ^{137}Cs в ульве не должна существенно меняться. Для удовлетворения этим требованиям были поставлены опыты, в которых ульва сначала поглощала ^{137}Cs в условиях разных добавок цезия в воде, а потом в аквариумах с нерadioактивной водой и природным содержанием цезия достигалась относительная стабилизация концентрации цезия и его радионуклида в водорослях.

В черноморской воде с природным содержанием цезия, а также в среде с концентрацией цезия, не меньшей чем 100 мкг·л⁻¹, коэффициенты накопления ^{137}Cs ульвой не различались (рис. 2, а). Кинетика выведения ^{137}Cs ульвой в среде с разным содержанием цезия совпадает (рис. 2, б). Результаты опыта (рис. 2) позволили заключить, что кинетические закономерности накопления и выведения ^{137}Cs ульвой не зависят от содержания цезия в среде вплоть до концентрации, не меньшей чем 100 мкг·л⁻¹.

По результатам экспериментов, иллюстрируемых рис. 2, проверена адекватность и определены параметры двухкамерной модели кинетики

минерального обмена [2]. Установлено, что кинетические закономерности обмена ^{137}Cs ульвой в закрытой системе описываются выражением

$$C_r(t) = K_c C_{v0} + (C_{i0} - C_{v0} B_1) e^{-p_1 t} + (C_{20} - C_{v0} B_2) e^{-p_2 t}, \quad (1)$$

где $C_r(t)$ — концентрация ^{137}Cs в ульве в момент времени t ; K_c — статистический коэффициент накопления ^{137}Cs ульвой; B_1 и B_2 — относительные объемы обменных фондов цезия в ульве ($B_1 + B_2 = K_c$); p_1 и p_2 — показатели скоростей обмена обменных фондов; C_{v0} и C_{i0} , C_{20} — начальные значения концентрации ^{137}Cs в воде и обменных фондах ульвы. По данным экспериментальных наблюдений получено $K_c = 47,0$; $B_1 = 38,4$; $B_2 = 8,6$; $p_1 = 0,0853$ (сут $^{-1}$); $p_2 = 1,5$ (сут $^{-1}$). Результаты расчетов по уравнению (1) нанесены на рис. 2 сплошными линиями. Они свидетельствуют, что параметры модели не зависят от концентрации цезия в воде. Следовательно, уравнение (1) может быть применимо для прогноза накопления и выведения цезия ульвой в условиях различной его концентрации в воде.

При идентичности физико-химических форм ^{137}Cs и стабильного цезия в воде коэффициенты накопления цезия и его радионуклида водорослями должны совпадать. Расчеты по формуле (1) показали, что при $K_c = 47,0$ концентрация стабильного цезия в черноморской ульве оценивается в 66 мкг·кг $^{-1}$ сырой массы водорослей. При подготовке в качестве корма ульва находилась в аквариумах с ^{137}Cs в течение 6 сут. За это время в аквариуме с $C_{v0} = 100$ мкг·л $^{-1}$ концентрация цезия в ульве составляла не менее чем 2450 мкг·кг $^{-1}$. После цикла поглощения цезия и его радионуклида талломы водоросли в течение 14 сут находились в аквариуме без радиоактивности с природным содержанием цезия. После цикла выведения, согласно расчетам по соотношению (1), концентрация цезия в ульве снизилась до 1190 мкг·кг $^{-1}$, т. е. в 18 раз стала превышать начальную ($C_{i0} = 66$ мкг·кг $^{-1}$). Цикл питания идотей не превышал одних суток. За это время концентрация цезия в ульве с повышенным его содержанием снижалась до 1100 мкг·кг $^{-1}$, т. е. не более чем на 10%.

Таким образом, в предварительных экспериментах был подготовлен корм для идотей, содержащий ^{137}Cs , и отличающийся более чем на порядок концентрации стабильного цезия.

Кинетические закономерности выведения ^{137}Cs идотейми, которые предварительно в течение суток питались ульвой, меченной радиоцезием и содержащей различные концентрации цезия, приведены на рис. 3. Рисунок показывает, что выраженная в относительных единицах кинетика выведения ^{137}Cs животными не зависит от концентрации цезия в пище.

Степень усвоения ^{137}Cs из пищи с различным содержанием изотопного носителя изучалась на двух примерно равноразмерных группах идотей со средней массой особей 32,6 мг. Предварительно голодавшие идотей за время трехчасового питания получили в первом аквариуме рацион, в среднем равный 17,67, а во втором — 17,90% массы тела животных. За время кормления животные минимум по 1 разу выбросили фекальные комки. В первом аквариуме идотей питались пищей с природным содержанием цезия, а во втором — концентрация цезия в водорослях минимум на порядок превышала природную. Радиометрические измерения показали, что концентрация ^{137}Cs в ульве за время кормления животных достоверно не изменилась, а идотей из первого аквариума усвоили 22,7, а из второго 22,9% поглощенной с пищей радиоактивности. В течение трехчасового питания идотей часть радиоактивности ульвы в качестве «пищевых отходов» возвращалась в воду. Одновременно с ассимиляцией ^{137}Cs идотейми из пищи шел процесс выведения радионуклида через поверхностные покровы тела животных и с фекалиями. Естественно предположить, что две одноразмерные группы идотей при равном темпе питания имели и одинаковый темп

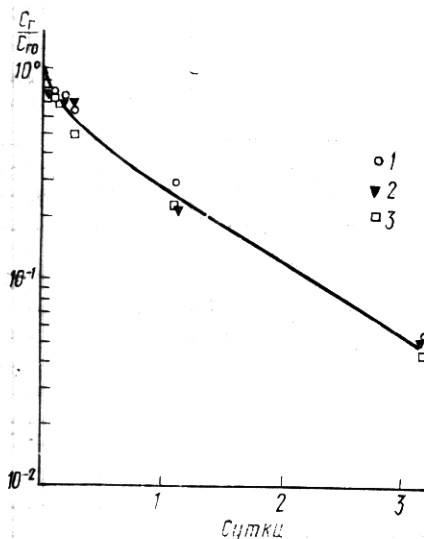


Рис. 3. Относительное выведение ^{137}Cs *Idotea Baltica*, предварительно накапливавшими в течение 1 сут изотоп из ульвы, содержащейся в аквариумах с добавками цезия 0 (1), 100 (2) и 1000 (3) $\text{мкг}\cdot\text{л}^{-1}$

ность пищи. Даже при максимальной концентрации цезия его содержание не превышало $2,5 \cdot 10^{-4} \%$ массы водорослей.

Выводы. 1. Кинетические закономерности метаболизма ульвы в отношении цезия не зависят от концентрации цезия в воде вплоть до 100 $\text{мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. 2. При парентеральном, а также алиментарном поглощении цезия в трофическом звене идотеи — ульва кинетические закономерности усвоения и обмена цезия животными не зависят от его концентрации в воде и пище, превышающей природные уровни на один-два порядка величин.

1. Поликарпов Г. Г. Радиозэкология морских организмов. — М.: Атомиздат, 1964. — 295 с.
2. Егоров В. Н., Иванов В. Н. Математическое описание кинетики обмена цинка-65 и марганца-54 у морских ракообразных при непищевом пути поступления радионуклидов // Экология моря. — 1981. — Вып. 6. — С. 37—43.
3. Петипа Т. С. Трофодинамика копепод в морских планктонных сообществах. — Киев: Наук. думка, 1981. — 241 с.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР,
Севастополь

Получено
02.01.86

V. N. POROVICHEV, V. N. EGOROV

KINETIC CHARACTERISTICS OF THE PARENTAL AND ALIMENTARY ABSORPTION OF ^{137}Cs BY THE BLACK SEA IDOTEAS

Summary

The Black Sea idoteas and ulva have been used as an example to study different caesium concentrations in food and water environment for their effect on kinetic characteristics of ^{137}Cs exchange by consumers.