

В. Н. ТИХОМИРОВ, В. В. ГРОМОВ, Р. Н. БЕРНОВСКАЯ,
академик Викт. И. СПИЦЫН

**РОЛЬ ПЛАНКТОНА В ПОВЕДНИИ Tc^{99} И Mn^{54}
В ОКЕАНСКОЙ ВОДЕ**

Радиоактивные изотопы, так же как и стабильные, попадая в океанскую среду, сорбируются минеральными и органическими взвесями, ассимилируются живыми микроорганизмами, а частично остаются в океане в растворенном состоянии. Поскольку живые организмы в морской воде накапливают различные микроэлементы (¹), то изучение поглощения ими радиоактивных изотопов имеет большое значение для определения закономерностей миграции элементов в морской среде.

Вовлечение Tc^{99} и Mn^{54} в биологический цикл, а также определение изменения состояния этих радиоэлементов в среде, обогащенной живым веществом, представляет интерес, так как ранее проведенные работы по их состоянию в морской воде показали, что при введении их в дистиллированную и «старую» морскую воду они меняют своего исходного состояния.

Таблица 1

Характеристика изотопов

Изотоп	Химическое соединение	Период полураспада, тип излучения	Вводимые концентрации (по элементу), г/л
Tc^{99}	Пертехнат аммония	2,12·10 ⁵ лет β^-	2,0·10 ⁻³
Mn^{54}	Солянокислый	310 дней β^- , γ	2,0·10 ⁻³

Эксперимент был выполнен с радиоактивными препаратами (см. табл. 1). Работа проводилась в Тихом океане, в 46-м рейсе «Витязя».

Для опытов собирали планктон сетью Джеди океанской модели (диаметр входного отверстия 80 см, материал: газ № 38) с горизонта 0—30 м; планктон извлекался из 15 000 л воды. Опыты выполнялись с двумя типами планктона. В одном случае планктон состоял в основном из представителей фитопланктона. Здесь наиболее богато были представлены диатомовые водоросли, преимущественно виды рода *Rhizosolenia*, остальные виды встречались в небольшом количестве или единично. Перидиней (жгутиковые водоросли) встречались редко, а сине-зеленые — в единичных случаях. В другом случае планктон содержал главным образом различных представителей зоопланктона: рачков, радиолярий, фораминифер, простейших.

Собранный планктон помещали в бутылку емкостью 20 л и разбавляли морской водой до концентрации 0,06 г сырого веса на 1 л воды.

Как показали предварительные опыты, выбранная концентрация планктона дает возможность четко регистрировать изменение радиоактивности в процессе эксперимента.

В обогащенную планктоном воду вводили один из исследуемых изотопов в количестве, достаточном для радиометрических измерений. Содержание стабильных изотопов марганца в морской воде практически не из-

Усвоение радиоэлементов планктоном (в процентах)

Изотоп	Характеристика растворов	Преобладает фитопланктон				Преобладает зоопланктон		
		8 час.	24 час.	48 час.	72 час.	24 час.	48 час.	72 час.
Tc ⁹⁹	О	13	14	15	14	12	32	32
	ОФ	30	32	38	34	19	58	57
	ТС	12	10	12	13	10	39	37
Mn ⁵⁴	О	12	29	30	33	13	26	27
	ОФ	25	42	40	39	10	23	22
	ТС	12	20	17	20	9	0	15

Примечание. Здесь и в табл. 3: О — опытный, ОФ — опытный с Fe³⁺, ТС — темная склянка.

менялось при добавлении Mn⁵⁴ в количестве 10⁻⁵ г/л (табл. 1). Предполагалось, что поведение Mn⁵⁴ не отличается от поведения в морской воде обычного нерадиоактивного марганца. В случае технеция такого допущения делать не нужно, так как в морской воде отсутствуют стабильные изотопы этого элемента.

После этого раствор разливался в 3 склянки, одна из которых была темная и предназначалась для определения потребления элементов при биосинтезе бактерий, а две другие были: первая — опытная, без дополнительной обработки, вторая — опытный раствор, в который добавлено 10 мкг/л Fe³⁺ для проверки влияния гидроокиси железа на процесс вовлечения радиоэлементов в биологический цикл.

Все склянки экспонировались одинаковое время в аквариуме-термостате с проточной морской водой. Через определенные промежутки времени из каждой склянки отбиралась аликвотная часть в 20 мл и отфильтровывалась через биологический фильтр № 3 (размер пор ~0,7 м). Это позволило сконцентрировать планктон на фильтре, а образовавшимся коллоидным частицам, если они возникали при этом, пройти в фильтрат; 10 мл последнего отбирали для определения состояния радиоэлементов путем ультрафильтрации через ацетатные биологические ультрафильтры с диаметром пор ~0,1 м по методике, описанной в работе (2). Затем стенки фильтровальной установки и планктон на фильтре промывали 10 мл 5% HCl для снятия изотона, сорбированного на поверхности, промывная соляная кислота и часть фильтрата объединялись, перемешивались и из общего объема отбиралось 0,2 мл для радиометрических определений. Зная активность исходного раствора, рассчитывали поглощение микроэлемента планктоном. Из результатов ультрафильтрации через фильтры с размером пор ~0,1 м определялось содержание образовавшихся коллоидных форм исследуемых изотопов (см. табл. 2, 3). Точность измерений была не хуже ±8—10%.

Как видно из табл. 2, исследуемые радиоэлементы в значительных количествах поглощаются планктоном. Технеций-99 усваивается фитопланктоном в меньшем количестве, чем зоопланктоном. Очевидно, в зоопланктоне элемент попадает непосредственно из воды, а также с фитопланктоном, являющимся продуктом питания зоопланктона. В присутствии железа усвоение изотопов планктоном повышается. Вероятно, продукты гидролиза железа, концентрируя на своей поверхности данные микроэлементы, способствуют вовлечению их в биологический цикл, так как железо относится к группе биогенных элементов, играющих важную роль в жизни морских организмов.

При отсутствии фотосинтеза водорослей в темных склянках закономерно снижается способность усвоения планктоном изотопов (табл. 2 и 3). Это наиболее заметно в случае поглощения Mn⁵⁴, который усваивается фитопланктоном несколько больше, чем зоопланктоном.

Таблица 3

Состояние радиоэлементов в присутствии активной биологической среды
(количество элемента в коллоидной форме в процентах)

Изотоп	Характеристика раствора	Преобладает фитопланктон			Преобладает зоопланктон		
		24 час.	48 час.	72 час.	24 час.	48 час.	72 час.
Тс ⁹⁹	О	—	—	—	25	32	42
	ОФ	—	—	—	30	35	39
	ТС	—	—	—	41	35	33
Mn ⁵⁴	О	0	—	12	26	27	24
	ОФ	0	—	20	9	6	4
	ТС	0	—	16	11	13	12

Данные по состоянию исследуемых изотопов в условиях активной биологической среды приведены в табл. 3. Результаты ультрафильтрации морской воды после отделения планктона показывают, что Тс⁹⁹ и Mn⁵⁴ образуют коллоидные формы размером частиц $> 0,1 \mu$, которые, по-видимому, представляют собой фекалии планктона, содержащие изучаемые изотопы. Вероятно также, что технеций и марганец переходят в результате биохимических процессов в микроорганизмах в сложные органические соединения, которые легко сорбируются на взвеси, образуя псевдоколлоиды, или коагулируют. И в том и в другом случае решающим является изменение формы существования марганца и технеция после усвоения их живыми микроорганизмами. Очевидно, только после биологического цикла Mn⁵⁴ и Тс⁹⁹ принимают формы, отвечающие их реальному состоянию в морской воде.

Институт физической химии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
4 V 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. П. Шведов, С. А. Патин, Радиоактивность океанов и морей, М., 1968.
² В. И. Спицын, Р. Н. Берновская, Н. И. Попов, ДАН, 182, № 4, 855 (1968).