

А. Д. АКАМСИН, В. П. ПАРЧЕВСКИЙ и Г. Г. ПОЛИКАРПОВ

**РАДИОАКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
ЧЕРНОМОРСКОГО ПЛАНКТОНА, БЕНТОСА И НЕКТОНА**

(по материалам 1958 г.)

Непрекращающиеся испытания ядерного оружия неуклонно повышают концентрацию осколочных продуктов в биосфере, причем основная масса радиоактивных загрязнений попадает в моря и океаны, занимающие около $\frac{2}{3}$ поверхности земного шара. К настоящему времени опубликована довольно обширная литература по накоплению различными организмами радиоактивных загрязнителей среды. Изучение радиоактивного загрязнения водоемов и водных организмов проводится в основном в местах сбросов радиоактивных отходов (Фостер и Дейвис, 1958) и испытательных взрывов (Research, 1956). Однако, насколько нам известно, в литературе отсутствуют исследования аккумуляции искусственно радиоактивных изотопов организмами в морях, далеко отстоящих от мест испытаний атомных и водородных бомб.

В связи с отмеченным выше нами была предпринята попытка исследовать некоторые массовые организмы Черного моря на содержание радиоактивности.

Объектами радиометрического анализа служили: планктон (в основном *Chaetoceros socialis* Land), бурая водоросль — *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.), зеленая водоросль — *Ulva rigida* (Ag.) Le Jolis, моллюск мидия — *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, краб травяной — *Carcinus moenas* (L.) и кефаль *Mugil cephalus* L.

Изучаемые объекты сжигались в муфельной печи при 700—800° С в течение 5—6 час. Из полученной таким образом золы приготавливались пробы в стандартных алюминиевых тарелочках. Измерение активности препаратов производилось на установке типа Б-2 с торцовым счетчиком МСТ-17 в свинцовой защите. Перед измерением радиоактивности препаратов алюминиевые тарелочки всегда проверялись на чистоту. Пустая тарелочка и фон просчитывались попеременно по 5 мин. не менее 5 раз для получения гарантированной вероятности отличия. Во всех случаях использованных тарелочек $p < 0,05$. Аналогичным образом производились измерения скорости счета в присутствии препарата. Реальными считались результаты тех измерений, для которых $p = 0,016—0,001$. Для статистической оценки полученных результатов применялся критерий значимости (Лучник, 1959). Так как заметной радиоактивности в организмах обладает только K^{40} , то для природного калия экспериментально была получена кривая зависимости скорости счета от навески хлористого калия. Данные о количестве калия в изучаемых объектах брались из работ А. П. Виноградова (Vinogradov, 1953), и определялась скорость

счета этого количества в наших условиях. В тех случаях, когда это было необходимо, вводилась поправка на самопоглощение. Искусственная радиоактивность выражалась разностью суммарной активности и активности K^{40} . Для перехода от относительной активности ($\frac{\text{имп}}{\text{мин}}/\text{г}$) к абсолютной (кюри/г) использовались калиевый и урановый стандарты. По калиевому стандарту рассчитывалась (Гусев, 1956; Былинкина, 1958) естественная (K^{40}), общая и искусственная активность. Урановый стандарт применялся для оценки количества общей и искусственной радиоактивности. Кроме этого, снимались кривые поглощения излучений препаратов золы цистозеры и мышц кефали в алюминии и сравнивались с полученными в этих же условиях кривыми поглощения для K^{40} и $Sr^{90} - Y^{90}$. Методика просчета с фильтрами аналогична описанной выше.

В таблице представлен материал по содержанию радиоактивности (суммарной, естественной и искусственной) в золе некоторых морских организмов и приведено соотношение (в %) искусственной и суммарной активности и кратность превышения активности осколочных продуктов над радиоактивностью содержащегося в организмах калия.

Радиоактивность золы некоторых морских организмов

Объект	Количество зола в мг на 1 г сы- рого веса	Радиоактивность, кюри/г · 10 ⁻¹¹					Искус- ственная ак- тивность от общей, %	Отношение искусственной к естественной активности	
		общая		естест- венная K ⁴⁰	искусственная			по K ⁴⁰	по U ²³⁸
		по K ⁴⁰	по U ²³⁸		по K ⁴⁰	по U ²³⁸			
Планктон	10,5	7,5	12,0	1,2	6,3	10,0	84	5,2	8,3
Цистозира	42,0	18,0	29,0	3,6	14,0	23,0	78	3,9	6,4
Ульва	26,2	4,4	7,0	2,2	2,2	3,5	50	1,0	1,6
Мидия (тело) . .	96,2	12,5	20,0	8,2	4,3	7,0	34	0,5	0,8
Краб травяной . .	18,9	1,4	2,2	1,4	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Кефаль (мышцы)	197,0	17,0	27,0	17,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0

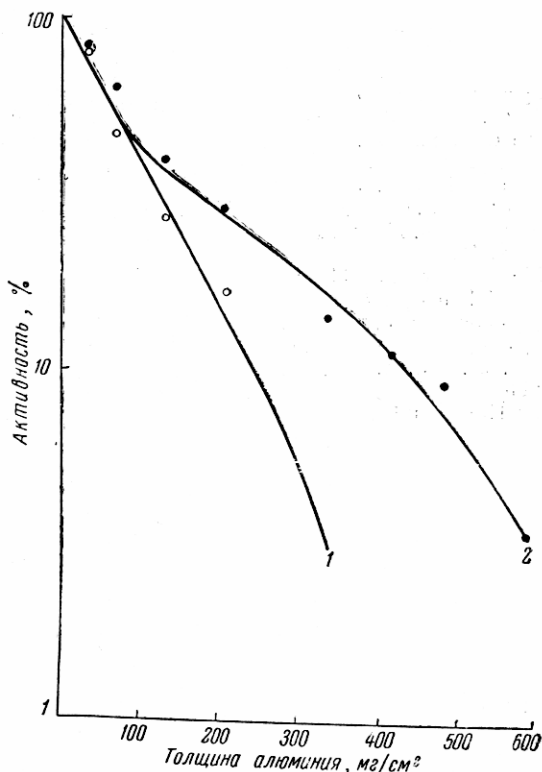
Значения, приведенные в таблице, показывают заметное превышение активности осколочных продуктов над радиоактивностью калия в планктоне и цистозире. В ульве и теле мидий отмечено небольшое превышение естественной активности. Если выразить содержание искусственной радиоактивности в кюри/кг сырого веса планктона и цистозеры, получают следующие величины: планктон $1,62 \cdot 10^{-9}$ кюри/кг, цистозира — $1,07 \cdot 10^{-8}$ кюри/кг. Не удалось обнаружить наличия искусственной радиоактивности в золе краба и мышц кефали.

На рисунке изображены кривые поглощения в алюминии ионизирующих излучений K^{40} , $Sr^{90} - Y^{90}$, препаратов цистозеры и мышечной ткани кефали. Как видно из расположения точек, энергия излучений препарата цистозеры превышает энергию излучения K^{40} , что свидетельствует о присутствии искусственных радиоактивных изотопов. Ход поглощения излучений мышечной ткани кефали совпадает с кривой K^{40} . Следовательно, характер кривых поглощения излучений препаратов цистозеры и кефали подтверждает результаты, приведенные в таблице.

Абсолютное количество естественной радиоактивности в морских организмах наиболее точно рассчитывается при использовании калиевого стандарта, тогда как абсолютная радиометрия долго живущих осколочных изотопов оказывается возможной на основании сравнения со стандартом, испускающим излучение с энергией, близкой к таковой бета-частиц $Sr^{90} - Y^{90}$ (2,27 Мэв). Таким стандартом является урано-

вый препарат (энергия излучения бета-частиц 2,32 Мэв). При оценке общей радиоактивности, связанной с K^{40} и продуктам деления, возникают трудности в выборе стандарта. Как видно из цифрового материала таблицы, величины абсолютной активности, полученные с применением калиевого и уранового стандартов, отличаются в 1,6 раза, что должно учитываться при определении кратности превышения искусственной активности над естественной (K^{40}). В то же самое время применение того или иного стандарта не отражается на величине процента содержания искусственной радиоактивности в общей.

Как известно, морской планктон обладает весьма высокими коэффициентами накопления смеси осколочных продуктов порядка 10^3 (Ревелл и др., 1958). Отсюда можно рассчитывать ожидаемую концентрацию искусственной радиоактивности в морской воде изучавшегося района. В нашем случае она равна порядка 10^{-12} кюри/л, что увеличивает концентрацию радиоактивности воды примерно на 0,1—1,0% от естественной радиоактивности морской воды. Различия в данных, полученных для цистозир и ульвы, по-видимому, обусловлены различными коэффициентами накопления. Так, известно, что Sr^{90} накапливается представителями Fucaceae, к которым принадлежит цистозира в большей мере, чем Ulvaceae (Spooner, 1949). Высокая соленость морской воды ограничивает накопление долгоживущих осколочных продуктов и в морских рыбах, для которых характерны очень низкие коэффициенты накопления этих изотопов (Hiyama и др., 1956). Этим можно объяснить отсутствие превышения искусственной активности над естественной в исследованных рыбах. Такие живые индикаторы, как планктон, ценны тем, что облегчают анализ радиоактивного загрязнения среды. Однако планктон неудобен тем, что процесс сбора его для анализа занимает много времени, а в зимний период года он практически отсутствует. Как показано в настоящей работе, повсеместно распространенная в береговой зоне Черного моря бурая водоросль — цистозира является удобным индикатором на присутствие следов искусственной радиоактивности в морской воде. Не исключена возможность, что виды семейства фукусовых в других морях окажутся аналогичными индикаторами. Примененную нами методику



Кривые поглощения в алюминии излучений K^{40} (мышцы кефали) и $Sr^{90}-Y^{90}$ (препараты цистозир)

и индикаторный вид — цистозиру — можно рекомендовать при проведении радиогигиенических анализов.

Таким образом, уже в настоящее время представляется возможным обнаружить в некоторых организмах Черного моря накопление осколочных продуктов, попадающих в море с атмосферными осадками.

ЛИТЕРАТУРА

- Былинкина А. А. К методике определения искусственных радиоактивных изотопов в поверхностных водах. Лабораторное дело, 1958, № 4.
- Гусев Н. Г. Справочник по радиоактивным излучениям и защите. М., 1956.
- Лучник Н. В. О статистической обработке коррелированных рядов. Фармакология и токсикология, 1959, № 4.
- Ревелл Р., Фолсом Т. Р., Голдберг Е. Д. и Айзекс И. Д. Ядерная физика и океанография. Матер. междунар. конф. по мирному использованию атомной энергии, 1958, т. 13.
- Фостер Р. Ф. и Дейвис И. И. Накопление радиоактивных веществ водными организмами. Матер. междунар. конф. по мирному использованию атомной энергии, 1958, т. 13.
- Hiyama Y., Ichikawa R. a. Yasuda F. Studies on the processes of contamination of fish by the fission products. Research in the effects and influences of the nuclear bomb test explosions, I—II, Ueno — Tokyo, 1956.
- Spooner M. Observations on the absorption of radioactive strontium and yttrium by marine algae. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 1949, v. 29, N 3.
- Vinogradov A. P. The Elementary Chemical Composition of Marine Organisms. New Haven, 1953.