

ПРОВ 98

Пров. 1980

ПРОВ 2010

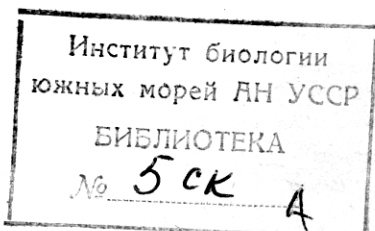
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

Экология моря

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1980 г.

Выпуск 2



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1980

З. П. БУРЛАКОВА, О. М. СЕРДЮКОВ, В. Н. ЕГОРОВ,
В. Н. ИВАНОВ, Т. Г. УСЕНКО, Л. С. МАРКОВА

НАКОПЛЕНИЕ И ВЫВЕДЕНИЕ ЦИНКА-65 ВОДОРОСЛЬЮ *STEPHANOXIS PALMERIANA* В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Морской фитопланктон — наиболее важное экологическое звено усвоения, трансформации и переноса микроэлементов. Изучение параметров накопления и выведения радионуклидов отдельных элементов помогает понять закономерности фиксации, обмена известных физико-химических форм элемента в системе вода — фитопланктон. Не исключено, что использование в экспериментах радионуклидов-микроэлементов, аккумулирующихся одноклеточными водорослями до величин порядка $1,5 \cdot 10^4$ [3], приведет к расширению возможностей метода «меченых атомов» при изучении продукционных процессов. Кроме того, одноклеточные водоросли — необходимый экспериментальный материал для опытов по питанию зоопланктонных организмов. Поэтому изучение накопления и выведения меченых соединений кормовыми объектами необходимо в исследованиях миграции радионуклидов и тяжелых металлов по пищевым цепям.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментов, поставленных на борту судна с цинком-65 и водорослью *S. palmeriana*, выделенной из морской среды во время 30-го рейса НИС «Михаил Ломоносов».

Материалы и методы исследований. Диатомовая водоросль *Stephanoxis palmeriana* выделена из вод Канарского течения в мае 1976 г., культивирована в судовой лаборатории, а в июле использована в экспериментах. За время содержания культуры в искусственных условиях величина клеток не изменялась: $l=81,7\mu$, $h=60,3\mu$, значение P (расчитанное по формуле эллипсоида) равно $0,154 \cdot 10^{-5}$ мг. Средние размеры клеток определялись по 24 измерениям. Скорость роста культуры 1,8—2,2 деления в сутки. Водоросли выращивались на среде Гольдберга.

Проведено 5 вариантов опытов по накоплению и выведению цинка-65 *S. palmeriana*: изучали кинетику накопления цинка на свету и в темноте, выведение на свету и в темноте цинка, накопленного в темноте. Варианты опытов на свету были поставлены на решетке с освещением 6000 лк, освещались водоросли в течение 12 ч в сутки. Во всех вариантах опытов радиоактивный цинк добавляли в 800 мл свежей среды Гольдберга и разбавляли радиоактивной средой 200 мл культуры водоросли. Концентрация клеток в экспериментальной среде была до $22 \cdot 10^4$ кл/л, концентрация цинка-65 — до $5 \cdot 10^{-6}$ кюри/л. За время содержания водоросли *S. palmeriana* в среде с цинком-65 радиоактивность экспериментальных растворов уменьшалась на 5—10%. Клетки водоросли *S. palmeriana* переносили из радиоактивной среды в среду без цинка на газе № 69.

Через определенные интервалы времени 5 проб по 30 мл культуры *S. palmeriana* пропускали через 2 мембранных фильтра AUFS с размерами пор $1,5\mu$, фильтры промывали 30 мл нерадиоактивной стерильной морской воды, подсушивали и подсчитывали на установке «Воря» с кристаллом NaJ(Tl) размером 63×63 мм и анализатором АИ-128. На этой же установке измеряли радиоактивность проб среды. Погрешность регистрации цинка-65 в пробах не превышала 5%. По радиоактивности верхнего фильтра судили о содержании цинка-65 в водорослях, по радиоактивности нижнего — о способности цинка-65 адсорбироваться на фильтре.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 суммированы результаты измерений радиоактивности нижних фильтров в зависимости от количества цинка-65 в среде. Эти данные свидетельствуют о том, что, во-первых, при пропускании проб через мембранные фильтры на них адсорбируется цинк-65 в количествах, пропорциональных радиоактивности раствора, и, во-вторых, что эти количества в течение экспериментов не изменялись. Последний вывод подтверждает полученные ранее данные, что цинк-65, внесенный в морскую воду из кислых сред, не меняет своих адсорбционных свойств в течение по крайней мере 10 суток [1].

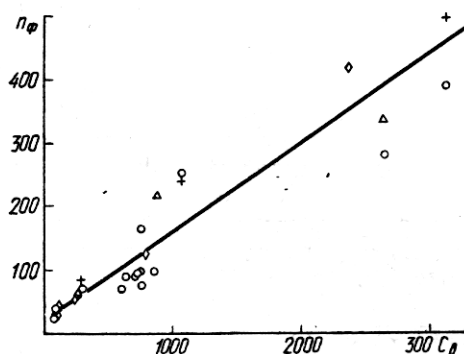


Рис. 1. Зависимость радиоактивности нижних фильтров n_{Φ} , имп/мин, от концентрации цинка C_{Φ} , имп/мин/мл, в фильтруемом растворе (условные обозначения — результаты различных опытов).

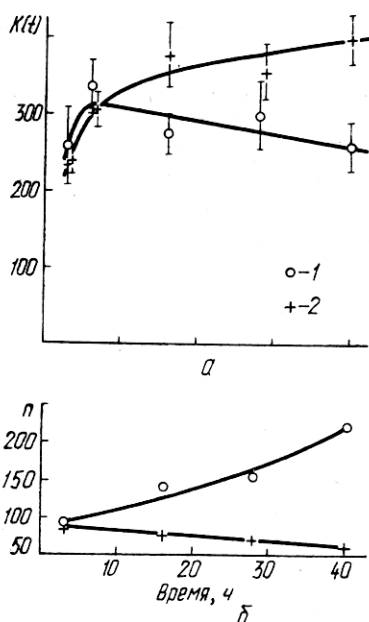


Рис. 2. Кинетика накопления цинка-65 (а) клетками *S. palmeriana* на свету (1) и в темноте (2), а также изменение концентрации клеток n , кл/мл, в среде (б) за время накопления цинка-65 на свету (1) и в темноте (2). $K(t)$ — коэффициент накопления.

Абсолютные значения n_{Φ}/C_{Φ} (рис. 1) в наших экспериментах не превышали 0,25. Не исключено, однако, что на верхнем фильтре количество адсорбировавшего цинка больше, чем на нижнем. В этом случае абсолютные значения радиоактивности проб водоросли в наших расчетах несколько завышены.

На рис. 2, а помещены данные по накоплению цинка-65 клетками *S. palmeriana* на свету и в темноте. В первые часы эксперимента коэффициент накопления радиоцинка водорослью на свету выше, чем в темноте. Однако через 10 ч абсолютное значение коэффициента накопления в темноте равно 398 ± 34 , на свету — 258 ± 32 . Рис. 2, б характеризует изменение количества клеток в экспериментальных сосудах в течение тех же опытов. Отличия в величинах коэффициентов накопления цинка-65 водорослью *S. palmeriana* на свету и в темноте с учетом темпа деления клеток можно объяснить представлениями о механизмах накопления микроэлементов водными организмами [2], в нашем случае — соотношением двух процессов — адсорбции на поверхности и накоплением радиоцинка внутри клеток.

В темноте культура *S. palmeriana* не размножается, за 40 ч пребывания в радиоактивной среде клетки водоросли почти достигают стационарных величин коэффициента накопления. На свету в связи с делением клеток постоянно увеличивается поверхность клеток с незаполненными адсорбционными фондами. За счет появления новых

клеток, не успевших накопить цинк-65, величина коэффициента накопления радиоцинка на свету оказывается меньше таковой в темноте.

Рис. 3, а иллюстрирует результаты экспериментов по выведению цинка-65 клетками *S. palmeriana*. На верхней части рисунка показано уменьшение радиоактивности водоросли в течение 40 ч, на нижней — изменение числа клеток в 1 мл культуры за то же время.

С наименьшей скоростью выводили цинк-65 в темноте водоросли, накопившие радиоцинок на свету. Средние показатели выведения на свету — после накопления радиоцинка на свету. Большую часть цинка-65 и с большей скоростью выводили клетки *S. palmeriana*, помещенные на время накопления и выведения в темноте. Через 40 ч выведения при отсутствии деления в клетках культуры остается около 13% радиоактивности.

Полученные данные свидетельствуют прежде всего о высокой скорости обмена цинка-65 клетками *S. palmeriana*. Существуют, по-видимому, и фонды цинка, обменивающиеся с незначительной скоростью, так как во всех вариантах опыта наблюдается медленное падение радиоактивности водорослей после 4-часовой инкубации клеток в среде Гольдберга без цинка-65. При накоплении на свету цинк-65 фиксируется в среднем более прочно, различия в ходе кривых могут характеризовать вклад фактора физиологического усвоения цинка-65 в процессе концентрирования цинка клетками *S. palmeriana*.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о сложности процессов накопления и выведения радиоцинка одноклеточными водорослями. На кинетику обмена и накопления цинка влияют различные физико-химические и биологические факторы. Очевидно, что в будущих радиоэкологических экспериментах необходимо учитывать, наряду с плотностью популяции, размеры клеток и темп их индивидуального роста.

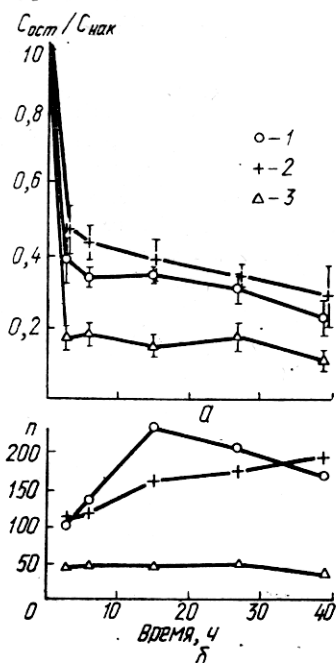


Рис. 3. Выведение клетками *S. palmeriana* цинка-65 (а) на свету (1) и в темноте (2), накопленного на свету, выведение в темноте после накопления (3), а также изменение концентрации клеток n , кл/мл, в среде за время выведения (б). $\frac{C_{ост}}{C_{нач}}$ — отношение остаточной радиоактивности к концентрации цинка-65 в водорослях в начале эксперимента по выведению.

1. Иванов В. Н., Рожанская Л. И. Поведение цинка-65 в морской воде и накопление его гидробионтами. — В кн.: Радиоактивная и химическая экология гидробионтов. Киев: Наук. думка, 1972, с. 42—62.
2. Brods E. Wie treten nützliche und schädliche Spurenelemente in die Nahrungskette ein? — Naturwissenschaften, 1973, N 9, S. 381—389.
3. Lowman F. L., Rice T. R., Richards F. A. Accumulation and redistribution of radio-nuclides by marine organisms. — In: Radioactivity in the marine environment. Washington, 1971, p. 161—199.

**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, Джеди 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 алюмининевые 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-