

А. Г. РОДИНА и А. С. ТРОШИН

ПРИМЕНЕНИЕ МЕЧЕНЫХ АТОМОВ В ИЗУЧЕНИИ ПИТАНИЯ ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 22 V 1954)

Метод меченых атомов позволяет по-новому подойти к решению ряда существенных вопросов гидробиологии и в том числе и многих вопросов питания водных животных.

В настоящем сообщении излагаются итоги экспериментальной работы, имевшей целью выяснить степень использования водными животными одного и того же элемента из водной среды (из раствора) и из оформленной пищи и скорость связывания этого элемента тканями тела. В этой работе был еще раз проверен механизм поглощения водными животными растворенных веществ,— вопрос, который уже был решен ранее одним из нас другим путем (2).

Опыты были проведены с жаброногими *Streptocephalus torvicornis* и с дафниями — *Daphnia pulex*. И жаброногам и дафниям давался изотоп фосфора (P^{32}), который вводился в воду (куда затем помещались животные): 1) в виде фосфорнодвухкалевой соли и 2) заключенным в телах бактерий (*Azotobacter chroococcum*), выращенных на среде, содержащей P^{32} . Азотобактер был выбран как наиболее охотно поедаемый водными животными вид бактерий (1, 3, 4). Пригодность клеток азотобактера для питания столь крупных

водных животных, как *Streptocephalus*, была выяснена специальными опытами. Оказалось, что при отсутствии другой пищи *Streptocephalus* интенсивно выедают скопления клеток этого микроорганизма.

С жаброногами было проведено две серии наблюдений, для каждой из которых было взято по 200 животных. Концентрации P^{32} в растворе были: в I серии 200 μ к/л, во II 20 μ к/л. Бактерии и в том и в другом случае выращивались на среде, содержащей радиоактивный фосфор в количестве 2 μ к /л. Выросшие культуры смывались с агара водой, отцентрифугировались, затем дважды промывались водой при последующем центрифугировании, после чего вводились в профильтрованную прудовую воду*, в которую затем помещались жаброноги. Характеристика сред дана в табл. 1.

Таблица 1
Радиоактивность сред, в которых были жаброноги

Среда	имп/мин. на 1 мл среды (средн. из 4 измер.)	
	I серия	II серия
С $K_2HP^{32}O_4$ в растворе :	79390	7870
С радиоактивн. бактериями	580	2005
Бактерии из 1 мл на мембр. фильтре № 2	578	1980
Фильтрат	12	90

* В литературе имеются данные о том, что ассимилированный бактериями радиоактивный фосфор в дальнейшем обменивается со средой с очень малой скоростью (5).

Таким образом, в I серии жаброноги имели сильно обогащенную радиоактивным изотопом воду, во II — относительно невысокое содержание этого элемента. Количество радиоактивного фосфора, которое жаброноги могли получать из клеток бактерий, было невелико и в той и в другой серии.

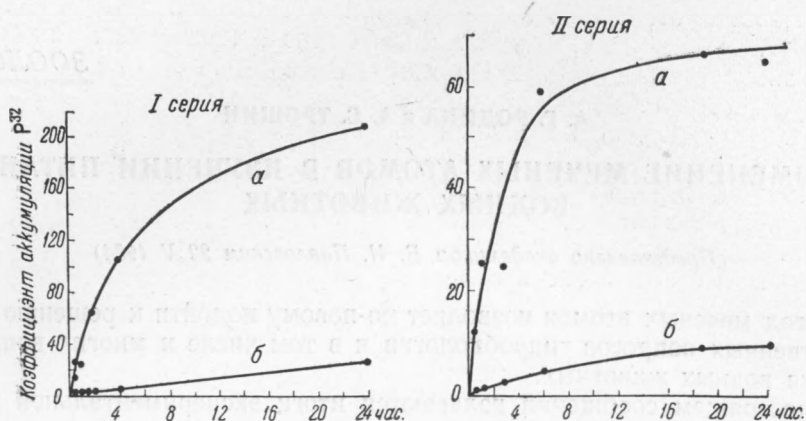


Рис. 1. Изменение коэффициента аккумуляции жаброногими радиоактивного фосфора во времени. а — в среде с радиоактивными бактериями; б — в среде с P^{32} в растворенном виде (в форме K_2HPO_4)

Для измерения радиоактивности и изготовления радиоавтографов жаброноги брались из той и из другой среды через 15, 30 мин., 1, 2, 3, 4, 6, 12, 19 и 24 часа по 6 экз. из каждой. Животные отмывались, высушивались при 100° в сушильном шкафу, 4 из них взвешивались в сухом состоянии на торзионных весах, растирались в агатовой ступке, и навеска в 20 мг сухого веса шла для определения содержания радиоактивного фосфора. Два экземпляра использовались для изготовления радиоавтографов. По полученным данным радиоактивности высчитывался коэффициент аккумуляции фосфора жаброногами (отношение активности фосфора в теле животного к активности среды). Этот коэффициент указывает на интенсивность использования фосфора животными.

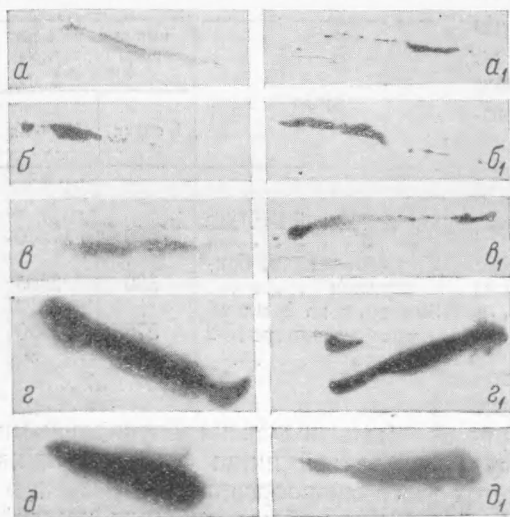


Рис. 2. Радиоавтографы жаброногов. I серия опытов. а — д — среда с P^{32} в растворе; а₁ — д₁ — среда с радиоактивными бактериями. а, а₁ — после 15 мин. пребывания в радиоактивной среде; б, б₁ — через 1 час; в, в₁ — через 2 часа; г, г₁ — через 6 час.; д, д₁ — через 24 часа

рат регистрирует их радиоактивность. При питании бактериями радиоактивность жаброногов оказывалась значительно выше (в среднем 588 имп/мин через 15 мин. и 1204 имп/мин через 20 мин.), чем в

среде с $K_2HR^{32}O_4$ в растворе (199 имп/мин через 15 мин. и 628 имп/мин через 30 мин.). Во II серии, где изотопа в растворе было в 10 раз меньше, радиоактивность жаброногов была еще ниже.

В I серии коэффициент аккумуляции радиофосфора в телах жаброногов был через 15 мин. в воде с P^{32} всего 0,04, в воде с бактериями 14,53. Через 30 мин. коэффициент аккумуляции фосфора в телах жаброногов был в воде с P^{32} в растворе 0,16, в воде с бактериями 30,71. И в дальнейшем накопление радиоизотопа фосфора в телах жаброногов продолжало идти в обеих сериях интенсивно в воде с радиоактивными бактериями и слабо в воде, содержащей P^{32} в растворе. Все же проведенные измерения продемонстрировали большую скорость проникновения радиоизотопа из внешней среды в тела жаброногов и в том и в другом случае.

Механизм поглощения фосфора из раствора отчетливо показали радиоавтографы (см. рис. 2). В обеих сериях были получены одинаковые картины, отличающиеся только большей интенсивностью отпечатка в первом случае, когда изотопа в растворенном виде в среде было в 10 раз больше. Уже через 15 мин. пребывания жаброногов в воде с P^{32} радиоавтографы регистрировали проникновение радиофосфора в пищеварительный канал. Еще более отчетливо это показали радиоавтографы, изготовленные из жаброногов, пробывших в такой среде 30 мин. и 1 час. Ткани тела на этих радиоавтографах еще не видны, отчетливо виден кишечник. Эта картина показывает отсутствие диффузии P^{32} через покровы тела. По мере увеличения продолжительности пребывания жаброногов в среде с радиоактивным фосфором радиоавтографы показывают усиление рисунка пищеварительного канала, а затем и проникновение P^{32} в ткани тела. Через 6 час. нахождения жаброногов в воде с радиоактивным фосфором P^{32} проник во все ткани тела.

Аналогичная картина наблюдается у жаброногов, поглощавших радиоактивный фосфор с клетками азотобактера (рис. 2, a_1-d_1). Радиофосфор и здесь проникает во все ткани тела раков через несколько часов питания их бактериями. Дальнейшее пребывание как в той, так и в другой среде уже не меняет картины радиоавтографов (рис. 2, d и d_1).

Полное совпадение показаний радиоавтографов говорит об одинаковом механизме использования как растворенных веществ, так и оформленной пищи — через пищеварительный канал. Скорость поглощения P^{32} из раствора даже при условии больших его количеств в среде ничтожна, что следует объяснить малым количеством заглатываемой жаброногами воды при питании их оформленной пищей. Высокая скорость проникновения P^{32} в ткани тела при питании бактериями говорит о значении оформленной пищи в питании этих водных животных.

О связывании радиоизотопа фосфора тканями тела жаброногов свидетельствует и продолжительность нахождения P^{32} в телах жаброногов.

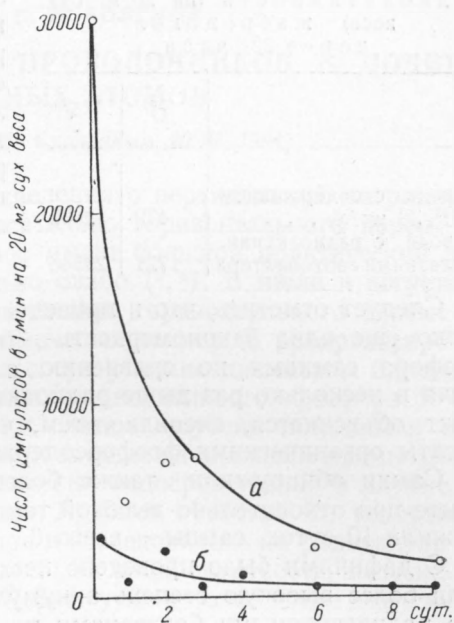


Рис. 3. Изменение радиоактивности жаброногов (самок) по извлечении их из радиоактивной среды. а — среда с радиоактивными бактериями; б — среда с раствором $K_2HR^{32}O_4$

Через 10 суток после изъятия животных из сред, содержащих радиоактивный изотоп в том или ином виде, рачки содержат еще измеряемые количества P^{32} . Это было выяснено специальной серией опытов. Большое количество жаброногов было помещено на 22 часа — одни (50%) в прудовую воду, содержащую P^{32} в количестве 20 $\mu\text{к/л}$, другие (50%) в прудовую воду, в которую были внесены клетки азотобактера, выращенные на радиоактивной среде. Через 22 часа жаброноги были отмы-

Таблица 2
Радиоактивность (на 20 мг сух.
веса) жаброногов
через 22 часа

	♂	♀
В воде с содержанием P^{32} 20 $\mu\text{к/л}$	479	2053
В воде с радиоактивн. клетками азотобактера	1721	29546

ты, и каждая партия перенесена в большой аквариум с профильтрованной прудовой водой. Вода в аквариумах сменялась каждый день, и ежедневно из них извлекалось по 5 жаброногов для измерения радиоактивности. Наиболее резкое падение радиоактивности имело место в первые дни по лишении жаброногов притока радиоактивного фосфора (см. рис. 3). Затем содержание P^{32} снижается весьма медленно.

Следует отметить, что в проведенных опытах выяснилась совершенно четко еще одна закономерность — более высокая степень аккумуляции фосфора самками по сравнению с самцами. Радиоактивность самок была в несколько раз выше радиоактивности самцов (см. табл. 2). Этот факт объясняется, очевидно, тем, что большие яйцевые мешки самок богаты органическими фосфорсодержащими соединениями.

Самки обнаружили также более высокую выживаемость в этом опыте при относительно высокой температуре воды в аквариумах. Самки выжили 10 суток, самцы — всего 6.

С дафниями было проведено несколько серий опытов. Все они показали более высокую степень аккумуляции фосфора при кормлении рачков радиоактивными бактериями по сравнению с растворами P^{32} , отсутствие диффузии меченых атомов через покровы тела, поглощение их через пищеварительный канал и быстрое проникновение их из пищеварительного канала в ткани тела.

Выводы. 1. Радиоактивный фосфор из среды как из раствора, так и из оформленной пищи попадает весьма быстро в пищеварительный канал водных животных.

2. Диффузии меченых атомов через покровы тела ни у дафний, ни у жаброногов обнаружено не было, что говорит о том, что водным животным присущ тот же тип питания, что и наземным.

3. Из пищеварительного канала фосфор проникает в ткани тела и связывается там.

4. Коэффициент аккумуляции фосфора во много раз выше при питании оформленной пищей, что говорит о значении этого вида пищи для водных животных.

5. Самки жаброногов аккумулируют во много раз больше фосфора, чем самцы.

Зоологический институт
Академии наук СССР

Поступило
5 II 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Г. Родина (Салимовская-Родина), ДАН, 29, № 3 (1940).
² А. Г. Родина, Зоол. журн., № 27 (1948). ³ А. Г. Родина, Микробиология, 17, в. 3 (1948). ⁴ А. Г. Родина, Природа, № 10 (1949). ⁵ L. W. Laraw, V. N. Mosley, R. Wishoff, J. Backter., 52, No. 2 (1950).