

ПРОНИКНОВЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ S³⁵ ИЗ ВОДЫ В ТЕЛО РЫБЫ

И. В. СМЕЛОВА

В настоящее время благодаря успехам в развитии биологии и химии все более ясным становится исключительное значение серосодержащих соединений в физиологии животного организма.

Сера в животном организме встречается главным образом как составная часть белка. Присутствие серы является одной из характеристик полноценного белка, в котором она содержится в форме аминокислот, содержащих серу: цистина и метионина. Сера в них составляет 26,6 и 21,93%. Эти аминокислоты входят в состав многих специфических белков и ферментов, а также в состав ряда биологически активных веществ: витаминов (биотин и тиамин), гормонов (особенно гормонов передней и задней долей гипофиза) и инсулина. Кроме того, сера содержится в нервной ткани в виде сульфатидов, в хрящах и костях — в виде хондроитинсерной кислоты. Наряду с указанными соединениями в животном организме встречаются эфиросерные кислоты (глутатион, трипептиды и другие), а также соли роданистой, тиосерной и дитионовой кислот.

Соединения серы, содержащиеся в животном организме, частично представляют собой соли и эфиры серной кислоты, частично являются производными сероводорода или соединениями, которые содержат сульфгидрильные группы.

Среди серосодержащих соединений наибольшее значение для животного организма имеют аминокислоты, содержащие сульфгидрильные и метильные группы, обладающие высокой химической активностью. Метильные группы организм использует для синтеза ряда биохимических соединений (холин, адреналин, креотинин) и для обезвреживания ядовитых продуктов обмена. Единственным переносчиком метильных групп является метионин.

Сульфгидрильные группы легко вступают в соединения. При образовании белковой молекулы они осуществляют связь между аминокислотами.

Помимо белкового обмена, сера участвует также в жировом, углеводном, желчном и пигментном обменах. Она влияет на общий обмен минеральных веществ: органические соединения серы при окислении минерализуются и выводятся из организма в форме неорганических сульфатов. В этом случае сера влияет на соотношение между кислотами и основаниями.

Кроме органической серы, в обмене веществ участвует также и минеральная сера, которая, будучи введена в организм, связывается с ядовитыми продуктами обмена (индол, скатол и др.), обезвреживает их и выделяется в виде эфиросерных кислот. До последнего времени счи-

тали, что синтез органической серы происходит в растениях, а животные ее только трансформируют и аккумулируют [3].

Проведенными исследованиями доказано, что у низкоорганизованных животных, например у насекомых [16] и у рыб [4], минеральная сера участвует в синтезе серосодержащей аминокислоты — цистина. Ряд исследователей [28, 15, 12, 13] указывает на аналогичное использование серы в форме сульфатов и сульфидов теплокровными животными, но в очень незначительном количестве (0,03%).

Возможность проникновения веществ, растворенных в воде, в тело водных организмов давно интересовала ученых. Еще в 80-х годах XIX в. М. С. Merejkowsky [23] писал о возможности питания губок и медуз растворенными в воде питательными веществами, проникающими через эктодерму.

Так в физиологии возникла новая теория, так называемая теория осмотического питания, которая нашла в дальнейшем многочисленных приверженцев и получила наиболее широкое развитие в работах А. Pütter. Изучая динамику органических веществ моря, он пришел к выводу, что море является неиссякаемым источником питательных веществ, хотя концентрация органических веществ в организме водных беспозвоночных в 10 раз больше, чем в море [27].

Проводя исследования с рыбами [26] и выдерживая их в искусственных питательных растворах (отвар из водорослей, из рыб, солевые растворы и др.), А. Pütter пришел к выводу, что до 55% энергии, расходуемой на обмен, покрывается за счет растворенных питательных веществ и 45% — за счет органических веществ тела рыбы. В заключение своей работы А. Pütter указывает, что растворенные питательные усвояемые вещества природных вод следует рассматривать как основные вещества в питании рыб, но в то же время он считает, что питание возможно также только за счет оформленной пищи, без растворенных веществ.

Несмотря на ошибочность фактических данных и ряда предпосылок, гипотеза А. Pütter явилась основой для широкой научной дискуссии, повлекла за собой многочисленные исследования в данной области. Появилось много противоречивых работ, одни из которых подтверждали, а другие опровергали теорию осмотического питания.

А. Lipschütz [22], проводя опыты на рыбах (карпы и личинки угря), которых он помещал в питательные растворы (аспарагин, глюкозамин, аспарагин с сахаром и тирозин с сахаром, экстракты из сухих дафний), пришел к отрицательному выводу.

И. Krizenecky [20], выращивая молодь карпов в питательных растворах (сахароза+пептон, пептон+глюкоза, водные экстракты из сухих дафний, рыбьего мяса и др.), пришел к выводу о возможности питания рыб растворенными веществами, причем, по его мнению, это питание не является вынужденным, т. е. оно возможно и тогда, когда имеется запас оформленной пищи.

В. Kostomarov [17, 18], экспериментируя с теми же рыбами и с теми же питательными растворами, установил, что рыбы используют растворенные в воде питательные вещества только для пластического, но не энергетического обмена.

С. Chomkovic [11], проводивший аналогичные работы с линем и карасем, нашел, что кожа способна пропускать питательные вещества только в одном направлении — внутрь. Работа Bonnet [9], проведенная с *Gasterosteus aculeatus*, не подтвердила вывода С. Chomkovic.

А. Krogh [19] проверил возможность использования растворенных веществ водными организмами специально разработанным микрометодом и пришел к выводу об ограниченной способности водных организмов питаться растворенными веществами. На его взгляд, за счет такого

питания может быть покрыто не более $\frac{1}{4}$ энергии, расходуемой на обмен.

Долгое время в науке господствовала «мембранная» теория, согласно которой на поверхности клеток имеется мембрана, проницаемая для анионов и катионов. Разбирая основные положения этой теории, А. С. Трошин [7] указывает, что животные и растительные клетки проницаемы для всех минеральных катионов и анионов и для самых разнообразных аминокислот.

Цель исследования, проведенного нами, заключалась в том, чтобы выяснить возможность проникновения различных соединений серы-35 из воды в тело рыб. При этом мы имели в виду, что в пресной воде сера присутствует в виде сероводорода, сульфата и сульфида, а из органических соединений, по данным W. N. Peterson, E. B. Fred и B. F. Domogalla [25], — в виде свободной аминокислоты цистина.

В своих опытах мы применяли метод меченых атомов, используя минеральные и органические соединения серы (сульфат, сульфид, метионин и цистин). Радиоактивную серу вводили в тело рыб путем выдерживания их в воде, в которой было растворено одно из указанных соединений серы. Поглощение радиоактивной серы контролировали путем подсчета количества импульсов в единицу времени в сырой навеске органов и тканей.

Подопытным материалом служили главным образом карпы (молодь и годовики) и частично молодь осетра. Рыба находилась в радиоактивной воде от 1 часа до нескольких суток, после чего ее тщательно промыли под струей проточной воды, а затем анализировали.

Исследовали рыбу на разных этапах развития; в процессе опытов меняли активность растворов и продолжительность выдерживания в них рыбы; 15—20 мг анализируемой сырой ткани помещали на предметное стекло, снизу которого был приклеен бумажный диск площадью 3 см² для размещения препарата в строго определенном положении под счетчиком.

Навеску ткани заливали смесью концентрированных соляной и азотной кислот, взятых в соотношении 1:2, и выдерживали на стекле 1,5—2 часа до полного растворения. Полученную гомогенную массу равномерным слоем размещали по всему кругу и на несколько часов оставляли на воздухе до полного высушивания. Для ускорения процесса препарат выдерживали 3—5 мин. в сушильном шкафу при температуре 80—90°. Добавление этих кислот ввиду их испарения не увеличивало вес препарата. Полученные указанным способом препараты были достаточно тонкими, что помогло нам избежать ошибки за счет самопоглощения активности в препарате.

Активность ткани подсчитывали на торцовом счетчике типа БФЛ-25 с толщиной слюдяного окна 1,2 мг/см². В соответствии с активностью препарата продолжительность подсчета колебалась от 5 мин. до 1 часа. Эффективность счета, исходя из стандартного препарата по С¹⁴, — 20%.

Препараты готовили из крови, мышц, чешуи, кожи, почек, селезенки, печени, кишечника и его содержимого, жаберных крышек, жабр, мозга и костей.

Чтобы иметь возможность сравнивать активность разных препаратов, строго соблюдали постоянное расстояние от препарата до поверхности счетной трубки. После измерения активности навески полученные данные пересчитывали на 100 мг сырой ткани.

В ориентировочном опыте, выдерживая карповых и осетровых рыб в растворе сульфата натрия активностью 12,5; 19,3 и 22,6 мкCi/л, мы не обнаружили радиоактивности органов и тканей. Чтобы окончательно убедиться в этом, поставили проверочный опыт с применением радио-

автографии, одним из достоинств которой является возможность измерения весьма малых излучений. После выдерживания группы рыб в течение 1 часа в радиоактивном растворе сульфата натрия активностью $23,8 \mu\text{Ci/l}$ из всех органов и тканей делали тонкие срезы, которые приклеивали к предметному стеклу и тщательно высушивали. Затем на них накладывали рентгеновскую пленку типа «Акфа» и оставляли препараты в таком состоянии на 40 дней, после чего пленку проявляли.

На проявленной пленке были видны отпечатки срезов органов и тканей в виде затемненных участков, сохраняющих контуры срезов (радиоавтографы). Хотя этот результат носит качественный характер, он достаточно достоверен и отвечает на наш вопрос. Основываясь на полученных данных, можно сказать, что сульфат натрия при активности раствора $23,8 \mu\text{Ci/l}$ проникает в тело карпов, но в ничтожном количестве, так как обнаружить активность удалось только после длительной регистрации импульсов при выдерживании пленки на срезах органов.

Увеличивая активность раствора до 135, 193 и $288 \mu\text{Ci/l}$, мы обнаружили S^{35} в теле рыбы весом 5—5,5 г с помощью счетчика, а по количеству импульсов судили о величине ее проникновения.

Активность воды в $\mu\text{Ci/l}$	Количество импульсов в минуту на 100 мг веса гомогенизированной ткани
12,5	0
19,3	0
22,6	0
57,9	80
135,0	264
193,0	346
288,0	530

Исходя из данных ориентировочных опытов, можно сказать, что проникновение сульфата натрия, меченного по S^{35} , незначительно: радиоактивность обнаружена только при активности раствора $57,9 \mu\text{Ci/l}$. При увеличении концентрации радиоактивного вещества в воде активность рыб увеличивается.

Чтобы судить о зависимости между количеством проникающей в организм серы-35 и продолжительностью пребывания рыбы в радиоактивном растворе, проделали опыт с карпами весом 5,5—6 г, которых выдерживали в растворе сульфата натрия активностью $193 \mu\text{Ci/l}$ от 1 часа до 7 суток при температуре 18° . Для каждого периода мы брали по три рыбы и два параллельных препарата.

Из табл. 1 видно, что общая активность тела возрастает при увеличении продолжительности выдерживания рыбы в растворе до 48 час. В дальнейшем активность рыбы снижается. Если из итоговых данных исключить активность выделительных органов, которая колеблется в значительных пределах и не может служить объективным показателем активности тканей тела рыбы, мы все же приходим к аналогичному выводу, с той лишь разницей, что наибольшей величины общая активность тела достигает после 96-часового выдерживания в радиоактивном растворе, а затем наблюдается ее снижение. Это свидетельствует о том, что организм не способен беспредельно вбирать в себя соединения серы, а в известный момент наступает некоторое равновесие, после чего количество серы-35 в тканях уменьшается.

Аналогичное явление отмечено Е. А. Тимофеевой-Ресовской и др. [5, 6], которые, проводя опыты по накоплению пресноводными организмами химических элементов из водных растворов, обнаружили, что

Таблица 1

Органы и ткани	Распределение серы ($\text{Na}_2\text{S}^{35}\text{O}_4$) в теле карповых рыб в опытах различной длительности (в часах) ¹				
	1	24	48	96	168
Кровь	11	24	25	55	56
Чешуя	58	45	168	47	120
Кожа	35	74	54	73	111
Мышцы	11	40	21	20	22
Почки	165	70	60	65	30
Печень	39	31	48	20	54
Селезенка	50	66	40	90	49
Содержимое кишечника	25	158	482	50	160
Кишечник	6	38	443	57	62
Желчь	—	91	300	890	716
Кости	19	91	66	40	14
Мозг	10	34	59	6	4
Жабры	27	40	65	42	47
Суммарная активность	456	802	1831	1455	1445
Суммарная активность за вычетом органов выделительной системы (почки, желчь, кишечник и его содержимое)	260	445	546	593	447

¹ Во всех таблицах распределение и проникновение серы характеризуется скоростью счета в имп/мин., пересчитанных на 100 мг сырого веса ткани.

у растений и моллюсков коэффициент накопления оставался постоянным.

Анализируя распределение радиоактивной серы в органах рыб после выдерживания их в радиоактивном растворе, можно отметить, что основное количество ее содержится в желчи, кишечнике, почках.

Включение серы (сульфата натрия) в органы и ткани и выделение ее происходит с различной скоростью. Такие органы, как почки, кожа, кишечник, играющие роль в выделении серы, а также чешуя быстро захватывают меченую серу и довольно быстро теряют ее. В мышцах отдача серы происходит менее интенсивно и колебания активности незначительные.

В. К. Бауман [1] при изучении обмена серы у кур наблюдала аналогичную картину медленного обмена в сердце, яичнике и мышцах.

Активность мозга в наших опытах была очень незначительной: наивысшая активность наблюдалась на вторые сутки. Основываясь на этих данных, можно было бы считать, что обмен в мозгу менее интенсивен, чем в других органах. Однако Ochlert и Schultze [24], изучая белковый обмен в центральной нервной системе кроликов и крыс радиоавтографическим методом, отмечают очень высокую активность ганглионарных клеток центральной нервной системы. В соответствии с интенсивностью белкового обмена авторы делят все клетки на четыре группы и к первой из них (с наиболее интенсивным обменом) относят, в частности, ганглионарные клетки вегетативной и центральной нервной системы.

Несоответствие этих данных с нашими может быть и объясняется тем, что Ochlert и Schultze выделяли ганглионарные клетки, где проис-

ходит синтез белка, а мы исследовали мозг в целом, учитывая и миелиновое вещество, нейроглин и т. п., характеризующиеся низким белковым обменом.

Наши данные согласуются с данными D. M. Greenberg и T. Winnick [14], которые также исследовали мозг в целом.

Сравнивая активность рыбы ненакормленной (см. табл. 1) и накормленной непосредственно перед опытом (см. табл. 2) после выдерживания ее в растворе одной и той же активности ($193 \mu \text{Ci/l}$), мы отметили большую активность органов накормленных рыб. Это объясняется, по-видимому, тем, что рыба некоторое количество воды заглатывает для смачивания пищевого комка. В данном случае это была вода с растворенной в ней радиоактивной серой, которая, проникая из кишечника в кровь, увеличивала общую активность организма. Быстрое исчезновение активной серы объясняется, по-видимому, тем, что при обеспечении рыбы серой органических соединений пищи диффундировавшая сера сульфатов не ассимилируется и быстро выводится из организма.

Таблица 2

Органы и ткани	Проникновение сульфата натрия (меченного по S^{35}) в тело накормленных карповых рыб при продолжительности выдерживания рыбы в активном растворе в часах и температуре 16°		
	24	96	168
Кровь	275	0	0
Чешуя	88	0	0
Кожа	32	0	0
Мышцы	28	0	0
Печень	19	0	0
Почки	50	70	100
Кишечник	66	380	—
Содержимое кишечника	665	427	150
Желчь	0	259	540
Мозг	34	0	0
Жабры	31	0	0
Итого	1288	1136	790

Как видно из табл. 2, активность к 96 и 168 часам обнаружена только в органах, выполняющих у рыб выделительные функции,— в кишечнике, его содержимом, почках и в продукте секреции—желчи. Приведенные данные свидетельствуют о том, что сера сульфата, не включаясь в обмен, сразу же выводится из организма.

Получив данные о проникновении сульфатов из воды в тело карпов, мы постарались выяснить, совпадает ли величина проникновения сульфатов у рыб, содержащихся на полноценном рационе, и у рыб, содержащихся на рационе с недостатком серы.

В течение трех месяцев две группы рыб весом 9,5—10 г содержали на разных рационах; контрольную рыбу кормили хириномидами, а опытную — солодовыми ростками. Для определения интенсивности проникновения серы рыбу помещали на 1 час в воду с растворенным в ней сульфатом натрия, меченным по сере (активность раствора $280 \mu \text{Ci/l}$). После просчета препаратов, приготовленных из органов и

тканей рыбы, мы получили данные, характеризующие поступление сульфатов, меченных по S^{35} , в тело рыб (табл. 3).

Таблица 3

Рыба	Проникновение сульфата натрия (меченного по S^{35}) в тело карповых рыб, содержащихся на различных кормах, при продолжительности выдерживания в активном растворе в часах		
	2	24	96
Опытная	681	518	620
Контрольная	530	456	546

Примечание. В таблице приведено суммарное число импульсов в минуту.

У опытных рыб общая активность была несколько больше, чем у контрольных. Хотя разница и незначительна, она все-таки свидетельствует в пользу того, что в случае недостатка серы в корме она может быть в какой-то степени компенсирована серой, растворенной в воде. Это обстоятельство имеет большое значение при неблагоприятных условиях жизни (недостаток питания, неполноценное питание, зимовка рыбы и т. д.).

Для сопоставления проникновения сульфатов и сульфидов в организм карпов мы проделали опыт с сульфидом натрия (Na_2S^{35}). Методика проведения опыта осталась прежней. Рыбу выдерживали в воде активностью $180 \mu\text{Ci/l}$ в течение различного времени при температуре 19° . Данные по скорости проникновения сульфида натрия из воды в тело рыбы приведены в табл. 4.

Таблица 4

Органы и ткани	Распределение сульфидов (меченных по S^{35}) в теле карповых рыб при продолжительности выдерживания их в активном растворе (в часах) и температуре 19°		
	2	24	48
Кровь	148	205	112
Чешуя	115	160	93
Кожа	96	106	121
Мышцы	34	25	23
Почки	183	50	84
Селезенка	41	27	16
Печень	71	30	46
Желчь	145	1158	2845
Содержимое кишечника .	52	158	500
Кишечник	53	—	111
Кости	57	84	34
Мозг	0	13	0
Жабры	86	63	54
Жаберные крышки . . .	78	50	53
Суммарная активность тела	1159	2129	4092
Суммарная активность тела за вычетом активности органов выделительной системы	716	742	652

Сравнение данных табл. 1 и 4 позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на меньшую активность раствора сульфида натрия по сравнению с раствором сульфата натрия, наблюдалось большее поступление серы-35 сульфида в тело рыб.

Суммарная активность, на первый взгляд, свидетельствует об увеличении проникновения соединений серы при увеличении продолжительности выдерживания рыбы в радиоактивном растворе. Но если из этих показателей вычесть активность органов, выполняющих выделительную функцию, то получаются величины, свидетельствующие об увеличении проникновения только в течение 24 часов.

Проникновение сульфата и сульфида натрия увеличивается при длительном выдерживании, но вместе с тем усиливается и выделение их. Это подтверждается очень высокой активностью кишечника, его содержимого, почек и желчи. Небольшое нарастание активной серы в организме за счет перераспределения ее и значительное усиление активности выделительной системы, по-видимому, являются результатом адаптации организма к сохранению постоянного состава жидкостей тела.

При изучении величины проникновения различных соединений серы в организм карповых мы суммировали активность всех исследуемых органов и тканей и, разделив ее на количество органов, получили осредненные данные (табл. 5).

Как видно из табл. 5, сульфид натрия проникает в большем количестве.

Для выяснения мест проникновения ионов серы в организм рыбы мы использовали органическую серу (метионин и цистин). Рыбу помещали в специальную камеру, которую ранее применяли в своих опытах И. А. Шеханова [8] и М. П. Богоявленская [2]. Камера состоит из двух отсеков, между которыми на-

тянута тонкая резиновая мембрана. Рыба закрепляется так, что в одном отсеке помещается голова с жабрами, а в другом—все туловище. В воду одного из отсеков добавляли радиоактивный раствор и краситель, чтобы иметь возможность контролировать «загрязнение» радиоактивной водой «чистого» отсека. В каждом опыте исследовали три рыбы. После часового выдерживания в камере рыбу тщательно промывали и готовили препараты из органов и тканей для определения их активности.

Результаты опытов показали, что ионы серы органических соединений проникают в тело карповых рыб и через жабры, и через поверхность тела, причем в последнем случае даже более интенсивно. После проникновения в тело рыбы сера быстро распространяется по всем органам и тканям, о чем свидетельствуют данные табл. 6.

Из приведенных данных обращает на себя внимание повышенная активность кожи в обоих случаях, т. е. при проникновении серы в организм через жабры и через кожу. Это объясняется, по-видимому, тем, что кожа является депонирующим органом серы.

Порядок величин при проникновении в тело рыбы метионина и цистина почти одинаков. Распределение и включение серы-35 в органы и ткани не зависит от того, в каком растворе выдерживается рыба: в растворе сульфата, сульфида, метионина или цистина. В случае применения органических соединений увеличивается лишь абсолютное содержание серы.

Таблица 5

Продолжительность выдерживания рыбы в растворе в часах	Проникновение минеральных соединений серы в тело рыбы из растворов	
	сульфата натрия активностью 193р. Сц/л	сульфида натрия активностью 180р. Сц/л
1	29	—
2	—	82
24	59	152
48	134	299

Таблица 6

Органы и ткани	Сравнительные данные проникновения через жабры и поверхность тела органических соединений серы-35 в тело карповых рыб из растворов			
	метионина активностью 12,5р. Су/л		цистина активностью 25,0р. Су/л	
	жабры	поверхность тела	жабры	поверхность тела
Кровь	65	200	43	244
Чешуя	46	234	112	189
Кожа	180	708	218	400
Мышцы	43	125	17	22
Почки	128	24	191	18
Печень	75	20	100	24
Селезенка	115	25	42	60
Желчь	65	43	68	61
Содержимое кишечника	92	133	62	64
Кишечник	55	75	104	66
Кости	44	50	50	42
Мозг	49	35	16	15
Жаберные крышки	92	39	31	30
Жабры	94	57	100	33
Итого	1143	1768	1154	1268

Таким образом, проведенные опыты подтверждают, что А. Rütter в известной мере был прав, считая, что органические вещества и минеральные соединения проникают из окружающей среды в тело рыб.

Таблица 7

Органы и ткани	Проникновение сульфата натрия (меченного по S ³⁵) в тело осетровых рыб при продолжительности выдерживания рыб в активном растворе в часах			
	1	24	120	240
Кровь	16	20	0	0
Жучки	60	40	15	35
Кожа	33	40	60	33
Мышцы	32	30	24	71
Почки	50	40	30	40
Печень	18	18	30	28
Содержимое кишечника	—	60	40	22
Кишечник	—	23	30	22
Мозг	16	28	22	20
Жаберные крышки	42	29	27	25
Жабры	—	21	24	19
Плавники грудные	21	30	32	20
Итого	288	379	334	335

Вопрос, следовательно, заключается лишь в том, какие вещества и в какой степени используются организмом таким путем.

В результате опытов, проведенных с двухгодовиками осетровых рыб, установлено, что неорганическая сера (сульфат натрия) проникает в их тело уже при активности раствора $54 \mu\text{Si/l}$ (табл. 7).

При сравнении данных проникновения сульфата и сульфида натрия в организм двухгодовиков осетровых и молоди карпа видно, что у карпов в большем количестве проникает сера сульфидов, а у осетровых, наоборот, сульфатов проникает больше, чем сульфидов.

Опытами, проведенными с мальками осетровых, установлено, что активность рыбы при проникновении сульфида натрия из раствора активностью $28,2 \mu\text{Si/l}$ и выдерживании рыбы 1 час характеризовалась 90 имп/мин., а при проникновении сульфата натрия из раствора активностью $135 \mu\text{Si/l}$ —53 имп/мин. Эти данные свидетельствуют о том, что мальки осетровых, которые до покатной стадии обитают, как и карпы, в пресной воде, аналогично карпам воспринимают из нее и сульфиды, и сульфаты, т. е. можно думать, что интенсивность проникновения сульфидов и сульфатов связана со средой обитания рыб. Подтверждением этому являются также полученные нами средние величины суммарной активности на 100 мг веса тела для мальков карпов и для мальков стерляди при активности раствора $32 \mu\text{Si/l}$ (табл. 8).

Таблица 8

Виды рыб	Проникновение различных соединений S^{35} в тело мальков карповых и осетровых рыб из растворов		
	сульфата натрия	сульфида натрия	метионина
Стерлядь	15	24	58
Карп	25	35	197

Как видно из табл. 8, в тело стерляди и карпа сульфидов проникает больше, чем сульфатов. Данные о проникновении метионина свидетельствуют о том, что органическая сера проникает в организм интенсивнее, чем неорганическая, и что у карпов интенсивность белкового обмена выше, чем у стерляди.

ВЫВОДЫ

1. Минеральная сера, растворенная в воде, поглощается рыбами из окружающего их водного раствора в незначительном количестве.
2. Проникает сера через кожу и жабры.
3. Сера, поступившая в тело рыб, распределяется по всем органам и тканям.
4. В тело мальков осетровых и мальков и двухлетков карповых сульфид натрия проникал в большей степени, чем сульфат натрия.
5. Проникновение серы сульфатов в тело двухгодовиков осетра было более интенсивным, чем серы сульфидов.
6. Органические соединения серы (метионин, цистин) проникают в организм осетровых и карповых рыб в большей степени, чем неорганические.
7. Рыбы, содержащиеся на неполноценном рационе (с недостатком серы), потребляют большее количество серы из воды, чем рыбы, питавшиеся полноценным кормом.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бауман В. К., Изучение обмена серы у кур, АН Латв. ССР, № 5, 1955.
2. Богоявленская М. П., Изучение кальциевого обмена с целью использования Ca^{45} в качестве метки рыб, изд. «Рыбное хозяйство», 1959.
3. Сисакян Н. М., Биохимия обмена веществ, АН СССР, 1954.
4. Смелова И. В., Использование минеральной серы на построение серосодержащих аминокислот у рыб, Информационный сборник ВНИРО, № 5, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
5. Тимофеева-Ресовская Е. А., Тимофеева Н. А., Тимофеев-Ресовский Н. В., О накоплении пресноводными организмами химических элементов из водных растворов, Бюллетень МОИПа, 64, вып. 5, 1959.
6. Тимофеева-Ресовская Е. А., Попова Э. И., Поликарпов Г. Г., О накоплении пресноводными организмами химических элементов из водных растворов, Бюллетень МОИПа, т. 63, вып. 3, 1958.
7. Трошин А. С., Проблема клеточной проницаемости, АН СССР, 1956.
8. Шеханова И. А., О возможности усвоения рыбами фосфора из воды, ДАН СССР, т. 106, 1, 1956.
9. Bonnet, Einige experimenten omtrent de thorie von Pütter, Doct. diss. a Univ. Leyden, 1927.
10. Carrington U. S., Mitchell H. H., Hale W. H., Albin I. S., The value of elemental sulfur in a methionine deficient spectration, J. Anim. Sci. 9, 4, 1950.
11. Chomkovic C., Ueber die Permeabilität der Haut bei Fischen für Lösungen organischen Nährsubstanzen, Pfl. Arch., 211, 1926.
12. Dziewiatkowsky D. D., Conversion of sulfide sulfur to cystine sulfur in the rat with use of radioactive sulfur, J. Biol. Chem., 164, 1, 1946.
13. Dziewiatkowsky D. D., Utilization of sulfate in the rat for the synthesis of cystine, J. Biol. Chem., 207, 1, 1954.
14. Greenberg D. M. and Winnick T., Studies in protein metabolism with compounde labelled with radioactiv carbon, J. of biological chemistry, Baltimore, v. 173, 1, 1948.
15. Hevesy C., Radioactive indikators in turnover study. Adv. Enz., VII, 1947.
16. Hilchey D., Bloch I., Miller, Weed., The sulfur metabolism of insects, I..e Utilization of sulfate for the formation of cystine and methionine by the German cochroach *Blatella germanica*, Contrib. Boyce Thompson Inst., 18, 2, 1955.
17. Kostomarov B., Muze kapriplüdek vjuritkovative vode rozouszehe ziviny, Vestnik Ceskoslovenske Akademie Zemeaelske, Roc. 11, c. 5—6, 1926.
18. Kostomarov B., Prispvek k otazee, Jsouliiryby schopny vyzitkovati zivin roz-pustenych ve vode, Sb. Ceskoslovenske Academie Zemedelske, Roc. 11, Sec. 3, 1927.
19. Krogh A., Dissolved substances as food of aquatic organisms, Rap. et Proc. Verb., v. XXV, 1931.
20. Krizenecky I., Experimentelle Untersuchungen zur Frage nach der Ernährung der Wassertiere durch geloste Nährstoffe, Zool. Anz., Bd. 58, 1923.
21. Looski S. K., Harris L. E., Methionine increases the value of urea for lambs, J. Anim., Sci. 4, 1945.
22. Lipschütz A., Über den Hungerstoffwechsel der Fische, Zeitschr. f. Allgem. Physiol., Bd. 12, 1911.
23. Merejkowsky M. C., Sur une anomalie chez les Hydromeduses et sur leur mode du nutrition on moyen de ectoderme, Arch. Zool. experim., Bd. 18, 1879—1880.
24. Ochlerl and Bricite Schultze, Autoradiographic findings on the amount of protein metabolism in single tissues and cells with special view to the central nervous system of the rabbit, Radioisotops in Scientific Research, v. 3, Proceedings of the First (UNESCO), Intern. confer, 1958.
25. Peterson W. N., Fred E. B. and Domogalla B. F., The occurrence of amino acids and other organic nitrogen compounds in lake water, J. Biol. Chem., 63, 1925.
26. Pütter A., Die Ernährung der Fische, Z. f. Allgem. Physiol., Bd. 9, 1909.
27. Pütter A., Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer, Jena, 1909.
28. Tarver H., Schmidt C. L., Radioactive sulfur studies, J. Biol. Chem., 146, 1, 1942.