

УДК 591.524.1

А. Ш. КАНБЕТОВ¹, А. Ф. СОКОЛЬСКИЙ², А. К. САДАНОВ³

ПАРЭНТЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РЫБ

Биосорбция различными рыбами аминокислот и других органических соединений показывает, что, поскольку их концентрации в водоемах невелики, то и биосорбируются они мало, дефицит в организме именно соединений такого рода должен покрываться за счет оформленной пищи.

И. В. Смелова [7–10] исследовала биосорбцию рыбами минеральных и органических соединений серы. Оказалось, что сера минеральных соединений используется для синтеза цистина. Использование серы сульфида и сульфата для синтеза цистина идет в 2–3 раза слабее, чем серы метионина.

Интенсивность усвоения органических соединений серы (метионина и цистина) в 2–6 раз выше, чем минеральных. Из минеральных соединений серы сульфида в 1,5–2 раза усваивается больше, чем сульфата.

При дефиците в рационе серы интенсивность ее инкорпорирования повышается.

Смелова также изучила возможность использования инкорпорированной серы в процессе биосинтеза белка и установила, что это имеет место и показала, что сера из разных соединений в разном количестве (наибольшее – метионина) утилизируется; при этом сера сульфата и сульфида натрия мобилизуется при синтезе цистина, который затем принимает участие в синтезе белка, а сера метионина также используется для синтеза цистина. Таким образом, цистин у рыб является заменимой, а метионин – незаменимой аминокислотой.

Теперь рассмотрим некоторые аспекты парэнтерального питания рыб органическими соединениями. Мы пересчитали данные И. В. Смеловой [9] по биосорбции метионина и цистина сеголетками карпа в весовые единицы.

Эффективность счетчика Т-25-БФЛ, которым пользовалась И. В. Смелова, как известно равен 22 %. В естественных условиях карпы будут биосорбировать аминокислоты жабрами и поверхностью кожи параллельно. Значит радиоактивность 100 мг кожи карпа-сеголетка, находившегося 1 час в радиоактивном растворе, должна быть равна по метионину – 2781 имп/мин. Поскольку 1 мкюри соответствует $222 \cdot 10^4$ имп/мин и $0,235 \cdot 10^{-4}$ мкг серы – 35, то легко сосчитать, что

в 100 мг кожи карпа за 1 час накопится серы метионина $0,235 \cdot 10^{-4} \cdot 3999,6 \cdot 10 : 222 \cdot 10000 = 0,42 \cdot 10^{-7}$ мкг, а серы цистина $0,235 \cdot 10^{-4} \cdot 2781 : 222 \cdot 10^{-4} = 0,29 \cdot 10^{-7}$ мкг.

Теперь произведем пересчет на молекулы метионина и цистина, относительно которых известно, что молекулярный вес первой аминокислоты $M_1 = 152$, а соотношение в ней серы-35: $152/35 = 4,3$.

По цистину эти данные таковы: $M_2 = 246$, а соотношение серы-35 = $246/70 = 3,5$.

Количество положенных аминокислот кожей рыбы в пересчете на 1 г будет равно: для метионина – $0,42 \cdot 10^{-7} \cdot 10 \cdot 4,3 = 0,2 \cdot 10^{-5}$ мкг, а для цистина – $0,1 \cdot 10^{-5}$. В сеголетке карпа весом 10 г за 30 суток биосорбируется метионина $0,2 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 24 \cdot 30 = 0,14 \cdot 10^{-1}$, а цистина – $0,1 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 24 \cdot 30 = 0,72 \cdot 10^{-2}$ мкг.

По Ю. Г. Майстренко [5], в пойменных водоемах Каховского водохранилища содержится до 273 мкг/л аминокислот, что примерно в $2 \cdot 10^5$ больше, чем в опытах И. В. Смеловой. Ясно, что в условиях названных водоемов в соответствии с законом Генри биосорбция сеголетком карпа смеси имеющихся там аминокислот должна протекать во столько же раз активней. Кроме того, стабильные нуклиды всегда биосорбируются интенсивнее радиоактивных.

Можно предположить, что биосорбция смеси аминокислот может протекать со скоростью биосорбции метионина, то есть за 1 месяц сеголеток карпа весом 10 г может биосорбировать аминокислот в общей сложности $0,14 \cdot 10^{-1} \cdot 2 \cdot 10^5 = 2800$ мкг, а округление – 3 мг.

В пресных водах, кроме аминокислот имеются и другие азотсодержащие органические соединения, являющиеся для рыбы трофически ценными. Так, согласно А. М. Алмазову [1], в устьях Дуная, Днепра, Днестра и др. рек Украины может быть до 2,0 мг/л нитратов; в меньших количествах имеются нитриты и соли аммония. Только нитратов, как видим, в природных водах может быть в 7 раз больше, чем аминокислот. Пусть

нитраты биосорбируются с той же скоростью, что и метионин. В таком случае за месяц их может накопиться в сеголетке карпа 24 мг.

И. В. Смелова [10] показала, что молодь карпа потребляет серу-содержащие соединения (органические и неорганические) существенно больше стерляди и осетра. Так, если в часовом опыте количество поглощенного осетром метионина принять за единицу, то стерлядь этой аминокислоты резорбирует 1,2, а карп – 4,2 единицы. Это одно подтверждение ранее высказанной мысли, что различные виды рыб могут биосорбировать существенно различные количества растворенных веществ, в том числе – аминокислот.

Приведенные нами материалы по биосорбции азотосодержащих соединений следует рассматривать с учетом того, что, согласно И. Я. Клейменову [12], содержание белка у рыб может быть от 10,3 до 24,4 %. Для рассматриваемого здесь сеголетка карпа это составляет 0,6–2,5 г.

Далее следует учесть, что вода в теле карповых рыб, по Ф. С. Касаткину и соавт. [4], составляет в среднем 72,9 % при амплитуде колебаний от 67,1 до 78,7 %. По данным Н. С. Строганова [11] минеральных веществ в теле рыбы – 3 % и с увеличением возраста их количество возрастает.

И. Ф. Вельтищева [2] на годовиках карпа, верховки и молоди осетровых показала способность

рыб биосорбировать карбонат натрия и использовать накопленный таким образом углерод для построения самых разнообразных органических веществ. Произведем некоторые расчеты на основании полученных ею данных.

Использовался водный раствор $\text{NaHC}^{14}\text{O}_3$ концентрацией 2,2, 22, 220 мг/л, 22 мг соды имели активность 100 мккюри. Следовательно, 1 мккюри = $222 \cdot 10^4$ имп/мин = 220 мкг соли.

Радиоактивность определяли с помощью счетчика Т-25-БФЛ, эффективностью 22 % (но мы для удобства будем считать 20 %).

По А. М. Алмазову [1], в низовьях рек Украины (Дунай, Днепр, Днестр и др.) содержится от 90 до 530 (среднее – 226,5) мг/л HCO_3^- . В пересчете на натриевую соль это составит от 123 до 723,4 (среднее – 309,2) мг/л. Таким образом, в природе концентрация соды в среднем выше в 140 раз, чем в опытах Вельтищевой.

Табл. 1 дает представление о биосорбции соды живой рыбой. На основании изложенных в ней данных легко заметить, что первые четверо суток включительно процесс накопления вещества находится в прямой зависимости от времени. Для животного весом 55 г за 4 суток количество накопленной соды может достигнуть величины 6,05 мг, а за месяц – 45,4 мг. В пересчете на 10 г веса животного это составит 8,3 мг.

Таблица 1. Данные о способности осетрят биосорбировать соду в пересчете на 1 г живого веса при концентрации соды 22 мг/л, активности 100 мккюри/л (пересчитано авторами по данным И. Ф. Вельтищевой [2])

Продолжительность опытов	Активность по Вельтищевой, имп/мин на 100 мг сухого веса	Биосорбировано соды, мг/г	Продолжительность опытов	Активность по Вельтищевой имп/мин	Биосорбировано соды, мг/г
20 мин	1134	$0,72 \cdot 10^{-3}$	5 час	5541	$0,33 \cdot 10^{-2}$
45 мин	1246	$0,70 \cdot 10^{-3}$	1 сутки	18952	$0,11 \cdot 10^{-1}$
60 мин	1365	$0,76 \cdot 10^{-3}$	2 сутки	23763	$0,13 \cdot 10^{-1}$
2 часа	2175	$0,12 \cdot 10^{-2}$	3 сутки	125343	$0,73 \cdot 10^{-1}$
3 часа	2578	$0,15 \cdot 10^{-2}$	4 сутки	185845	0,11
4 часа	3342	$0,20 \cdot 10^{-2}$	5 сутки	234516	0,13

Из материалов Вельтищевой, вытекает, что скорость накопления соды чешуйчатым карпом, осетром и севрюгой при ее концентрации 2,2 мг/л в двухчасовом опыте примерно одинакова. Если эту скорость для осетра принять за единицу, то для карпа она составит 1,2, а для севрюги – 1,25. При концентрации соды 22 мг/л картина несколько меняется: для карпа коэффициент станет равным 1,3, а для севрюги – 0,62.

Из табл. 1 видно, что за 5 суток осетрята могут накопить соды до 0,13 мг/г. Для карпа эта величина будет в среднем в 1,25 раза больше, то есть 0,16 мг/г. За месяц это составит $0,1625 \cdot 6 = 0,975$ мг/г. Учитывая, что в воде водоемов в среднем двууглекислой соды в 140 раз больше, при пересчете на десятиграммового карпа за 1 мес, окажется, что этого вещества будет им биосорбировано в общей сложности 13,650 мг.

Ранее показано, что десятиграммовый сеголеток карпа за месяц способен биосорбировать азотсодержащих соединений 24 мг. Всего вместе с содой это составит 13 674 мг. Кроме этого, потребный этому животному кальций и стронций в основном пополняется за счет биосорбции.

По Ф. Г. Мартышеву [6] десятиграммовый сеголеток карпа в Центральной, Центрально-Черноземной и Юго-Западной зонах может за месяц прибавить 6–7 г. За вычетом в среднем 75 % воды это составит 1,5–1,8 г. Следует еще уменьшить на 3 % минеральных веществ [11], которые временно не учитываются. Следовательно, только на органическое вещество остается 1,32–1,54 г, из них белки составят 10 %, то есть 0,6–0,7 г. Только за счет биосорбции может быть покрыто 0,024 г или около 4 % потребных белков. Дефи-

цит жиров и углеводов может быть покрыт за счет биосорбции двууглекислой соды.

Теперь вспомним о минеральных веществах. Потребность в кальции и стронции может быть также почти полностью покрыта за счет биосорбции, а минерального фосфора сеголеток карпа может получить лишь 3 % от необходимого. В итоге мы видим, что оформленная пища сеголетку карпа нужна главным образом для ликвидации дефицита азотсодержащих веществ, а также фосфора.

И. А. Зубченко исследовал биосорбцию органических соединений ряда морских и пресноводных рыб. В прилагаемой табл. 2 показаны полученные в опытах максимальные количества биосорбированных РОВ в пересчете на 10 г рыбы за месячный срок.

Таблица 2. Максимальные количества биосорбированных рыбами РОВ, пересчитанные 10 г рыбы за месячный срок (по Зубченко [3])

Виды рыб	Вес рыб, г	Испытываемое меченное соединение	Его концентрация, мг/л	Количество биосорбированного вещества, мг
Морские				
Смарида	15	метионин-IC ¹⁴	2,9	4,87
Ставрида	25	метионин-IC ¹⁴	2,9	1,12
Пресноводные				
Карась	130	глицин-IC ¹⁴	0,9	4,98
Сазан	15	глицин-IC ¹⁴	0,39	33,12
Вьюн	10	аденин-С ¹⁴	0,9	0,65

Интересно сравнить полученные им данные по сеголетку сазана (табл. 2) с приведенными ранее данными Смеловой по сеголетку карпа. В его опытах сазан мог биосорбировать глицина за месяц около 33 мг, при концентрации в воде этой аминокислоты 0,27 мг/л, он биосорбирует 22,9 мг. Генетически родственный ему карп способен был в тех же условиях биосорбировать других аминокислот лишь 3 мг, а исследованный им карась – всего 1,5 мг.

Конечно, можно говорить, что сопоставление изложенных данных с материалами Смеловой недостаточно показательно, особенно если учесть, что использованные И. А. Зубченко в опытах караси были двухлетками. С помощью этого сопоставления выясняется значительная вариабельность цифрового материала и наличие во всех случаях факта биосорбции.

Данные, приведенные Смеловой и Зубченко, по биосорбции различными рыбами аминокислот и других органических соединений показывают, что, поскольку их концентрации в водоемах невелики, то и биосорбируются они мало. Ясно, что дефицит в организме именно соединений такого рода должен покрываться за счет оформленной пищи. Есть смысл в лабораторных условиях создать высокие концентрации этих соединений и исследовать их способность заменить оформленную белковую пищу. Материалы, приведенные в этих работах, дают возможность ожидать от экспериментов положительных результатов, особенно в случае применения их для рыб на стадии личинки и вообще первое время их постэмбрионального существования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазов А.М. Гидрохимия понизовьев рек, открытых лиманов и предустьевых взморья (сев. Причерноморье): Автореф. докт. дис. М.: МГУ, 1960. 52 с.

2. Вельтицева И.Ф. Проникновение углерода – С¹⁴ карбоната из воды и распределение его в теле рыбы // Труды ВНИРО. 1961. Т. 44. С. 23-47.

3. Зубченко И.А. Биосорбция гидробионтами растворенных веществ // Докл. МОИП за II полугод. 1972 – I полугод. 1973 гг., зоология и ботаника. М.: МГУ, 1976. С. 78-79.

4. Касаткин Ф.С., Елисеев Д.С., Куликов П.И. Технология рыбных продуктов. Ч. 1. М.: Гизлегпищепром, 1952. С. 257.

5. Майстренко Ю.Г. Об изучении свободных аминокислот в воде водоемов Украины // Гидробиологический журнал. 1965. Т. 1, № 1. С. 70-72.

6. Мартышев Ф.Г. Прудовое рыбоводство. М.: Высшая школа, 1973. 425 с.

7. Смелова И.В. Использование минеральной серы на построение серусодержащих аминокислот у рыб // Информ. сборн. ВНИРО, 1959. Т. 5. С. 22-28.

8. Смелова И.В. Распределение в теле рыбы серы-35, введенной с живыми комами // Вопр. ихтиол. 1961. Вып. 17. С. 110-114.

9. Смелова И.В. Проникновение различных соединений серы-35 из воды в тело рыбы // Тр. ВНИРО. 1961б. Т. 44. С. 37-47.

10. Смелова И.В. Закономерности обмена серы у рыб, выращиваемых в искусственных условиях: Автореф. канд. дис. М.: ВНИРО, 1973. 30 с.

11. Строганов Н.С. Экологическая физиология рыб. Т. I. М.: МГУ, 1962. 442 с.

12. Клейменов И.Я. Химический и весовой состав основных промысловых рыб. М.: Пищепромиздат, 1952.

¹Атырауский институт нефти и газа, г. Атырау;

²Кастийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Российская Федерация, г. Астрахань;

³Республиканское государственное предприятие «Центр биологических исследований», г. Алматы

Поступила 10.02.07г.