

УДК 639.215:639.387

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КОСТЯКА СЕГОЛЕТКОВ ЧЕШУЙЧАТОГО И ЗЕРКАЛЬНОГО КАРПА ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОДЕРЖАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ

В. А. ВЛАСОВ, А. А. ИВАНОВ

(Кафедра прудового рыбоводства и кафедра физиологии
и биохимии с.-х. животных)

Минеральный обмен занимает особое место в общем обмене веществ у позвоночных животных. У рыб в отличие от теплокровных минеральные вещества поступают в организм как *per os*, так и за счет проникновения через покровные ткани. Интенсивность поступления кальция, магния, железа, цинка, фосфора зависит от содержания их в пище [4, 18]. Если в пище кальций отсутствует, то 91 % его рыба получает из воды. Потребность же в других элементах таким путем удовлетворяется в меньшей степени. Так, поступление фосфора через поверхность рта и жаберных лепестков составляет всего 2—3 %. Считается, что минеральные вещества пищи усваиваются по-разному: хорошо усваиваются рыбами фосфор и магний [21], плохо — кальций [3, 15].

При промышленном выращивании карпа для повышения интенсивности роста рыбы и снижения затрат кормов некоторые исследователи [19] предлагают вводить в кормосмесь кальций и магний. Однако другие авторы [8] установили, что добавление 2 % мела к углеводистому и белковому рационам при содержании кальция в воде 60—80 мг/л приводит к замедлению темпов роста карпа. Увеличение содержания катионов кальция в воде с 30—35 до 71—75 мг/л положительно сказывается на интенсивности роста рыб и отложении кальция в их организме [12]. В литературе также отмечается [21], что потребность рыб в магнии полностью не удовлетворяется за счет его абсорбирования из воды, поэтому большая часть магния должна поступать алиментарным путем. Сеголетки карпа при достаточном содержании фосфора в рационе должны потреблять с кормом до 12—15 мг магния на 1 кг массы тела. Существует мнение, что при достаточной минерализации воды, в которой выращивается рыба, наличие кальция и магния в кормах необязательно [1].

Вероятно, усвоение и отложение тех или иных минеральных веществ в организме рыб зависят не только от содержания каждого из

них в пище и воде, но и от их соотношения, а также наличия других веществ. Наиболее благоприятным отношением кальция к магнию в воде принято считать 3,7—4:1 [3, 9]. При других отношениях эти элементы становятся антагонистами. В организме рыб обмен кальция очень тесно связан с фосфорным обменом, что наиболее четко проявляется в системе кровь — костяк. Нормальное соотношение кальция и фосфора в организме обеспечивает оптимальный уровень обменных процессов у рыб.

Противоречивость литературных данных, характеризующих особенность минерального обмена у рыб, частично объясняется отсутствием универсальных тестов, при помощи которых можно определить степень обеспеченности организма минеральными веществами. Более того, само понятие «потребность рыб в минеральных веществах» носит абстрактный характер и каждым автором трактуется по-своему.

На наш взгляд, прежде чем говорить о степени обеспеченности рыб минеральными веществами, необходимо установить критерии оценки удовлетворения потребности в них рыб. Принципиальным является вопрос, какую ткань организма рыб можно использовать для анализа в целях получения наиболее объективной информации о минеральном обмене в целом и какие биохимические показатели наиболее пригодны для этого. В отношении птиц и млекопитающих данный вопрос решен. Показано [6], что недостаток минеральных веществ в организме птиц прежде всего приводит к снижению прочности костей. Минеральный состав мягких тканей (мышцы, печень и др.) более постоянный, он изменяется лишь после того, как исчерпаны запасы минеральных веществ костей. В такой же последовательности развивается минеральная недостаточность и у млекопитающих [7]. Поэтому для выявления патологии минерального обмена, особенно на начальных стадиях, у птиц и млекопитающих используют показатели минерального состава костной ткани, содержания золы и отдельных макро- и микроэлементов [10, 20].

Правомерно предположить, что и у рыб основной, хотя, возможно, и не единственной тканью, испытывающей дефицит минеральных веществ, является костная.

Принимая во внимание вышеизложенное, мы поставили задачу изучить минеральный состав костей сеголетков карпа, выращиваемых в различных условиях (разные хозяйства, условия развития, степень минерализации воды, уровень минерального питания).

Материал и методика исследования

Изучался минеральный состав костяка сеголетков карпа, выращиваемых в сезон 1983 г. в рыбсовхозах «Касплянский» Смоленской области, «Ставропольский» Ставропольского края и рыбхозе «Сходня» Московской области. В прудах рыбсовхоза «Касплянский» и рыбхоза «Сходня» для исследований были взяты сеголетки карпа различного чешуйчатого покрова (табл. 1) средней массой 22—25 г. Средний уровень минерализации воды в рыбсовхозе «Касплянский» в период выращивания сеголетков составил 170 мг/л; на долю кальция приходилось 55 мг/л. В рыбхозе «Сходня», который специализировался на выращивании форели, эти показатели были значительно выше (табл. 1). Рыбы получали гранулированные комбикорма рецепта № 110-1.

В рыбсовхозе «Ставропольский» в аквариальных условиях выращивали чешуйчатых сеголетков карпа индивидуальной массой 6,8—12 г. Использовались 5 аквариумов объемом по 150 л, в которых в течение месяца (август 1983 г.) при температуре 19—21° выращивали по 30 сеголетков. В аква-

риумах № 2—4 вода была средней степени минерализации (205 мг/л); в аквариуме № 1 — малой степени (58 мг/л), что достигалось смешиванием трех четвертей дождевой воды и одной четверти прудовой; в аквариуме № 5 — наиболее высокой степени минерализации (260 мг/л) благодаря внесению водно-меловой суспензии. Для очистки воды от остатков корма и экскрементов аквариумы оснащались гравийными фильтрами, нормальный кислородный режим поддерживался с помощью микрокомпрессоров типа МК-2.

В аквариальных условиях изучался минеральный состав костяка рыб при разном уровне минерализации воды и прежде всего катионов кальция, а также в зависимости от уровня минерального питания. Карпа в аквариумах, кроме аквариума № 4, где рыбы голодали, кормили 5—6 раз в сутки, суточная норма кормов составляла 3—5 % от массы рыб. Основной рацион (ОП) сеголетков карпа в аквариумах № 1, 2 и 5 был представлен гранулированным комбикормом, предназначенным для сеголетков карпа в

Схема опыта

Место проведения исследований	Чешуйчатый покров сеголетков	Среднее содержание минеральных веществ в воде, мг/л	Исследуемые показатели в костях рыб
Пруды рыбсовхоза «Касплянский»	Чешуйчатый, разбросанный, линейный, голый	170 (55)	Зола, Са, Р, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn
Пруды рыбхоза «Сходня»	Чешуйчатый, разбросанный, линейный	240 (82)	То же
Аквариумы рыбсовхоза «Ставропольский»:			
№ 1	Чешуйчатый	58 (19)	Зола, Са, Р, Mg
№ 2	»	205 (72)	То же
№ 3	»	205 (72)	»
№ 4	»	205 (72)	»
№ 5	»	260 (92)	»

Примечание. В скобках дано содержание Ca^{+2} в воде. Во всех вариантах рыбы получали основной рацион (ОР) и лишь в аквариуме № 3 — ОР + 2 % мела, в аквариуме № 4 рыбы голодали.

прудах. Содержание в нем протеина составляло 24,6 %, жира — 4,9, БЭВ — 62,5, минеральных веществ — 7,2 %, из которых 1,0 % приходился на кальций, 0,9 % — на фосфор. Рыбы в аквариуме № 3 получали комбикорма с повышенным уровнем кальция (добавка к ОР — 2 % мела).

В период опыта в аквариальных условиях наблюдали за поведением рыб, их ростом; контролировали уровень кислорода и минеральных веществ в воде. Ежедневно около 10 % воды в аквариумах заменялось свежей.

Для изучения минерального состава костяка брали по 20 сеголетков карпа из различных вариантов, предусмотренных мето-

дикой опыта. Сразу после вылова проводили анатомическую разделку рыбы. Кости, отделенные от мягких тканей, подвергались высушиванию до воздушно-сухой массы и озолению при температуре 450—500°. В золе определяли концентрацию кальция по Луцкому, фосфора — по Боданскому [11], магния — путем набора реактивов «Био-тест» фирмы «Реанал». Анализ микроэлементов проводили методом атомной абсорбции и спектрофотометрии. Концентрацию макроэлементов в золе выражали в процентах, микроэлементов — в миллиграммпроцентах. Цифровой материал обработан биометрически [14].

Результаты исследования и обсуждение

Содержание минеральных веществ в золе костной ткани сеголетков карпа, выращенных в условиях различных хозяйств, колеблется в пределах 36—52 % (табл. 2). Содержание золы в костях рыб из рыбхоза Московской и рыбсовхоза Смоленской областей было достоверно выше (около 50 %), чем у сеголетков рыбсовхоза «Ставропольский» (36 %). Так как степень минерализации воды в первых двух хозяйствах существенно различалась (170 и 240 мг/л), а в рыбсовхозе «Ставропольский» она составила 205 мг/л, то с этим фактором нельзя связывать различную зольность костей карпа. Более вероятной причиной отмеченной разницы в зольности костей могут быть различия в живой массе рыб. В хозяйствах «Касплянский» и «Сходня» масса сеголетков составляла 22—25 г, а в рыбсовхозе «Ставропольский» — всего 6,8—12,0 г.

У теплокровных животных степень минерализации костной ткани повышается по мере их роста и развития [7]. У новорожденных она минимальная, у старых животных — наиболее высокая.

По содержанию кальция в золе костной ткани сеголетки, выращенные в разных хозяйствах, существенно не различались. Если сравнивать этот показатель у рыб и теплокровных, то следует признать, что у птиц и млекопитающих он существенно выше (37—38 %). Однако считают, что содержание лабильной фракции кальция в костном депо составляет 17—20 % [10], в экстремальных условиях уровень кальция в скелете может снижаться на 30—35 % без губительных последствий для организма [7]. Таким образом, и у рыб можно ожидать существенные колебания содержания кальция в костной золе.

Содержание макроэлементов в костях сеголетков карпа различного чешуйчатого покрова (%) при разной степени минерализации воды

Покров тела	Зола	Ca	P	Ca:P	Mg
Рыбсовхоз «Каспьянский» (минерализация воды 170 мг/л)					
Чешуйчатый	51,77±1,00	**21,60±0,71	*9,13±0,38	2,36	0,22±0,02
Разбросанный	50,90±0,90	**24,40±0,01	9,60±1,46	2,54	0,23±0,03
Линейный	51,10±0,57	23,20±0,81	**8,02±0,48	2,89	0,23±0,08
Голый	52,35±0,76	*24,13±0,90	**11,71±0,92	2,06	0,26±0,05
В среднем	51,53	23,3±0,61	9,62±0,81	2,42	0,24±0,05
Рыбсовхоз «Ставропольский» (205 мг/л)					
Чешуйчатый	36,0±2,69	26,6±1,42	8,88±1,55	3,00	0,20±0,02
Рыбхоз «Сходня» (240 мг/л)					
Чешуйчатый	52,63±0,97	22,88±2,92	10,47±0,49	2,19	**0,27±0,02
Разбросанный	48,28±1,31	26,61±3,53	8,65±0,71	3,08	0,18±0,03
Линейный	47,36±2,54	26,12±2,67	*8,47±0,64	3,01	*0,20±0,02
В среднем	49,09	25,2±3,02	9,2±0,61	2,70	0,22±0,02

Примечание. Одной звездочкой обозначена достоверность различий при $P < 0,05$, двумя — при $P < 0,01$.

Уровень магния в золе костей сеголетков карпа из разных хозяйств колеблется от $0,20 \pm 0,02$ до $0,24 \pm 0,45$ %, т. е. является достаточно стабильным. У млекопитающих содержание магния в костной золе составляет 1,2—1,5 %, но у молодняка в первые недели жизни оно в 2—3 раза ниже [22]. Предполагается [7], что этот элемент в составе кристаллов гидроксиапатита способствует повышению прочности костной ткани. Прочность костей у животных, живущих на земле и в водной среде, неодинакова. Кости наземных животных испытывают огромные нагрузки, связанные с действием сил гравитации. В водной среде эти нагрузки значительно меньше, отсюда требования к прочности костной ткани у рыб, с чем может быть связано более низкое содержание магния в костной ткани сеголетков. Соотношение Ca: Mg у последних ниже, чем у теплокровных животных — 114: 1 против 50:1.

Значительная доля минеральных образований кости представлена соединениями фосфора, входящими в состав гидроксиапатита, причем более $\frac{2}{3}$ общего количества фосфора в теле находится в костной ткани. У высших позвоночных [6, 7, 10] уровень кальция в организме с возрастом меняется. Содержание фосфора в золе костной ткани сеголетков довольно стабильное (8—11 %) и в два раза меньше, чем у высших позвоночных (15—20 %). Соотношение Ca:P у теплокровных различных возрастных категорий в среднем составляет 2:1, у сеголетков карпа — 2,7:1.

Практически все рыбы имеют чешую. Однако чешуйчатый покров у рыб развит неодинаково. Установлено также, что наличие или отсутствие чешуи не является видовым признаком рыб. Например, у карпа (*Cyprinus carpio* L.) встречаются формы с сильно развитой чешуей и формы, утратившие ее [13]. Зольность чешуи довольно высокая — 30—40 % [17], причем в золе более 40 % минеральных веществ приходится на долю фосфата кальция. Следовательно, чешуя может играть активную роль в минеральном обмене у рыб и выполнять роль депо минеральных веществ.

В связи с этим мы изучали минеральный состав костной ткани у сеголетков карпа с различным чешуйчатым покровом. Как видно из табл. 2, общая минерализация костной ткани не зависит от развития

чешуйчатого покрова. Содержание кальция в золе костей у рыб с разным чешуйчатым покровом было различным. Например, в условиях рыбсовхоза «Каспьянский» у чешуйчатого карпа в костной золе содержание кальция составило $21,6 \pm 0,71$, у голого $24,13 \pm 0,9$ %, разница достоверна при $P < 0,05$. Достоверной была разница по этому показателю между чешуйчатым карпом и карпом с разбросанной чешуей ($P < 0,01$). Такая же картина наблюдалась у рыб в рыбхозе «Сходня»: у сеголетков с сильно развитой чешуей в золе содержалось меньше кальция, чем у рыб с зеркальным покровом. Вероятно, при поступлении кальция в организм чешуйчатого карпа он аккумулируется не только в скелете. Кальций используется и для построения чешуи, с этим и связано некоторое обеднение им скелета. Как известно, чешуя выполняет функции механической защиты тела, и необходимое содержание в ней кальция придает телу значительную прочность. Однако по мере приобретения механической прочности кожный покров теряет эластичность и способность изгибаться. Это противоречие может быть разрешено путем снижения количества кальция в скелете, что в конечном счете позволит костным образованиям обрести некоторую подвижность.

Уровень фосфата в костной золе рыб с различным чешуйчатым покровом был неодинаковым. Например, в рыбсовхозе «Каспьянский» больше всего фосфора содержалось у голого карпа ($11,71 \pm 0,92$ %) и меньше всего у линейного ($8,02 \pm 0,48$ %). В рыбхозе «Сходня» наибольшее количество фосфора содержалось в костях чешуйчатого карпа. По данным ряда авторов [16, 17], уровень фосфора в костях рыб в значительной степени зависит от минерального обмена и от факторов внешней среды, т. е. этот показатель является мобильным.

По содержанию магния в костной золе разница оказалась достоверной только у сеголетков различного чешуйчатого покрова в рыбхозе «Сходня». Концентрация магния в костной золе у рыб с хорошо развитой чешуей была больше, чем у зеркального карпа. Известно, что кожа принимает участие в абсорбции магния из воды. Не исключено, что определенную роль в этом физиологическом процессе играет и чешуя. Доказано активное участие ее в абсорбции фосфора [16].

В опытах, проведенных в аквариальных условиях, уровень минерализации воды оказывал большое влияние на содержание в костяке кальция и магния, а также на рост рыб. Сеголетки, выращиваемые в аквариуме № 1 при низкой степени минерализации воды (табл. 3),

Т а б л и ц а 3

Рост сеголетков карпа в аквариумах (в скобках дан уровень Ca^{2+} в воде)

Аквариум	Степень минерализации воды, мг/л	Кормление рыб	Масса рыб, г	
			в начале опыта	в конце опыта
№ 1	58 (19)	ОР	$7,1 \pm 0,17$	$11,6 \pm 0,11$
№ 2 (контроль)	205 (72)	ОР	$7,0 \pm 0,10$	$*11,8 \pm 0,14$
№ 3	205 (72)	ОР + 2 % мела	$7,1 \pm 0,08$	$*11,3 \pm 0,16$
№ 4	205 (72)	Голодание	$7,3 \pm 0,21$	$6,8 \pm 0,23$
№ 5	260 (92)	ОР	$7,2 \pm 0,09$	$12,0 \pm 0,15$

* Различия достоверны при $P < 0,05$.

росли хуже, чем при средней минерализации (аквариум № 2). Костяк этих рыб был более мягким, в нем содержалось меньше кальция и магния (табл. 4), что обусловлено прежде всего недостаточным содержанием указанных элементов в воде. В процессе роста карпы расходовали на поддержание обменных процессов и развитие мягких частей тела кальций и магний из костей. Повышение концентрации в воде катионов кальция (аквариум № 5) существенно не повлияло ни на рост рыб, ни на отложение в костяке данного элемента, хотя наблюдалась определенная тенденция к снижению в нем содержания зольных

Содержание макроэлементов в костях сеголетков карпа, выращиваемых в аквариумах

Аквариум	Зола, %	Ca, %	P, %	Ca: P	Mg, %
№ 1	34,01±3,18	*24,46±0,82	7,64±0,94	3,20	*0,16±0,01
№ 2	38,02±3,85	*28,42±1,12	9,62±2,28	2,95	*0,22±0,02
№ 3	34,03±1,53	24,84±1,74	8,15±0,83	3,05	0,18±0,02
№ 4	36,68±3,10	28,12±2,28	8,22±0,80	3,42	0,20±0,02
№ 5	34,90±2,60	26,62±3,08	8,28±1,03	3,21	0,18±0,02

* Различия достоверны при $P < 0,05$.

элементов. По-видимому, это вызвано нарушением оптимального соотношения в воде кальция и других элементов, в результате проявляется вторичная недостаточность фосфора, магния и других элементов.

Заслуживают внимания результаты выращивания сеголетков карпа, получавших комбикорма, в которых содержание кальция было увеличено за счет добавки мела с 1 до 1,65 % (аквариум № 3). Сеголетки, питавшиеся таким кормом, росли медленнее, чем в контрольном варианте, что, вероятно, связано со снижением переваримости и усвоения питательных веществ вследствие вторичной недостаточности фосфора, магния, цинка, меди и других веществ при избытке в рационе кальция. Минеральный состав костяка этих рыб и карпа в контроле существенно не различался.

При содержании сеголетков карпа в прудовой воде без кормления (аквариум № 4) за месяц их масса снизилась на 0,5 г, или на 7,3 % от массы тела. Обменные процессы в организме рыб в период голодания поддерживаются в основном за счет использования жира и частично других питательных и минеральных веществ. Поскольку рыбы хорошо усваивают минеральные вещества из воды, при месячном голодании содержание в костяке рыб кальция, магния и фосфора не изменилось.

Сравнивая минеральный состав костяка сеголетков карпа массой 6,8—12,0 и 20—25 г (табл. 2 и 4), можно с уверенностью сказать, что в процессе роста рыб костяк минерализуется и особенно интенсивно в первое лето выращивания.

В регуляции обменных процессов наряду с макроэлементами большую роль играют микроэлементы. Недостаток или избыток их приводит к патологии развития, а нередко и к гибели. Известно, что у теплокров-

Таблица 5

Содержание микроэлементов в костях сеголетков карпа с разным чешуйчатым покровом (мг % в пересчете на золу)

Покров тела рыб	Cu	Mn	Zn	Fe
Рыбсовхоз «Каспийский»				
Чешуйчатый	4,15±0,92	13,90±1,32	*67,20±2,44	*18,20±4,15
Разбросанный	2,95±0,17	14,80±1,48	62,95±3,08	15,65±1,64
Линейный	3,20±0,61	16,0±2,34	65,80±6,34	15,20±0,64
Голый	3,56±0,35	11,67±0,94	*55,72±3,37	*14,23±1,19
В среднем	3,47	14,09	62,91	15,82
Рыбхоз «Сходня»				
Чешуйчатый	*1,24±0,06	7,32±0,82	100,6±8,77	19,2±2,43
Разбросанный	1,33±0,21	8,67±0,95	88,70±6,75	17,0±1,88
Линейный	*1,50±0,11	*10,11±1,01	93,40±9,01	16,8±1,67
В среднем	1,36	8,70	94,23	17,67

* Различия достоверны при $P < 0,05$.

ных животных медь, цинк и марганец в основном содержатся в костяке. Железа в последнем значительно меньше (около 5%), этот элемент преимущественно содержится в крови [6, 7].

Как показали наши исследования (табл. 5), концентрация меди, марганца, цинка и железа в костной ткани различная. Больше всего в костях содержится цинка (55—100 мг% в пересчете на золу), второе место занимает железо (14—19 мг%), третье — марганец (7—16 мг%) и последнее — медь (1,2—4,1 мг%). Причем условия выращивания рыбы оказывают существенное влияние на микроминеральный состав костей. У сеголетков, выращенных в условиях рыбсовхоза «Каспьянский», в костях содержалось достоверно больше меди и марганца, а цинка — меньше. Интересно отметить, что вода в прудах рыбхоза «Сходня» отличалась повышенной концентрацией соединений железа. Тем не менее это не сказалось на содержании железа в костной ткани рыб (в рыбсовхозе «Каспьянский» данный показатель у сеголетков составил 15,82, а в рыбхозе «Сходня» — 17,67 мг%). Наиболее вероятную причину установленных различий следует искать в неодинаковом микроминеральном составе воды и грунтов этих хозяйств и питании сеголетков карпа.

В рыбхозе «Сходня» основу рациона сеголетков карпа составляли естественные корма (бентос, планктон), в рыбсовхозе «Каспьянский» — искусственные. В литературе указывается [2, 5, 16], что тип питания рыбы в значительной степени определяет уровень микроэлементов в отдельных тканях их тела. Установлено, что искусственные корма, применяемые в карповодстве, по содержанию микроэлементов неадекватны естественным кормам. Кроме того, довольно сложно установить оптимальный уровень этих веществ. На первом году жизни спектр питания карпа меняется от инфузорий, коловраток до крупных форм зоопланктона и бентосных организмов. И все указанные организмы, входящие в рацион сеголетков карпа, неоднородны по минеральному составу. Показано, например, что мышечные ткани леща богаче марганцем, чем ткани плотвы, и главная причина этого заключается в том, что лещ — бентософаг, плотва — планктонофаг, а содержание марганца в бентосе — несравнимо выше [2].

Наблюдались существенные различия в микроминеральном составе костной ткани сеголетков с разным чешуйчатым покровом. В условиях рыбсовхоза «Каспьянский» в костной ткани чешуйчатых сеголетков содержалось достоверно больше цинка и железа, чем у сеголетков, утративших чешую. Такие же различия в содержании цинка и железа обнаружены и у сеголетков рыбхоза «Сходня», однако они не подтверждаются результатами биометрической обработки. У чешуйчатых карпов из рыбхоза «Сходня» уровень меди и марганца в костях был более низкий, чем у линейных сеголетков того же хозяйства.

Выводы

1. По минеральному составу костной ткани сеголетков карпа можно судить о степени обеспеченности рыбы макро- и микроэлементами.
2. В среднем общая минерализация костей сеголетков карпа массой 6—25 г составила 36—51%, содержание кальция в костной золе — 23—26%, фосфора — 8—9, магния — 0,20—0,24%.
3. Уровень микроэлементов в костной ткани сеголетков карпа менее стабилен и зависит от условий выращивания, а также от породной принадлежности. В среднем в золе костей сеголетков меди содержалось 1,36—3,47 мг%, марганца — 8,7—14,09, цинка — 62,9—94,2, железа — 15,8—17,7 мг%.
4. Изменение общей минерализации прудовой воды в пределах 170—205—240—260 мг/л не сказалось на общей зольности костной ткани сеголетков карпа и ее макроминеральном составе. При понижении общей минерализации воды до 58 мг/л рост карпа замедлялся и изменялся минеральный состав костей.

5. Добавление к основному рациону карпа мела в количестве 2 % приводило к замедлению роста рыбы.

6. У рыбы, голодавшей в течение 30 дней и содержавшейся при температуре воды 19—21°, минеральный состав костной ткани не изменялся.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аминева В. А., Яржомбек А. А. Физиология рыб. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 2. Берман Ш. А., Ильзинь А. Э. Распределение микроэлементов марганца, железа, меди и цинка в органах и тканях пресноводных промысловых рыб. — В сб.: Микроэлементы в организме рыб и птиц. Рига: Зинатне, 1968, с. 45—51. — 3. Богоявленская М. П. Изучение кальциевого обмена с целью использования ⁴⁵Са в качестве метки для рыб. М.: ВНИРО, 1959. с. 5—50. — 4. Богоявленская М. П., Шеханова М. А. Применение ³²P и ⁴⁵Са при изучении некоторых сторон фосфорного и кальциевого обмена у молоди карповых и осетровых рыб. — В сб.: Изучение животного организма. М.: Пищевая пром-сть, 1958, с. 27—32. — 5. Воробьев В. И. Микроэлементы и их применение в рыбоводстве. М.: Пищевая пром-сть, 1979. — 6. Георгиевский В. И. Минеральное питание сельскохозяйственной птицы. М.: Колос; 1970. — 7. Георгиевский В. И., Анненков Б. Н., Самохин В. Т. Минеральное питание животных. М.: Колос, 1979. — 8. Казлаускаене О. П., Щербина М. А. Влияние добавок мела на биологическую ценность рационов двухлетнего карпа — В сб.: Экологическая физиология рыб (Тез. докл. Всесоюз. конф. по экологии и физиологии рыб). М.: ВНИИПРХ, 1973, с. 185—186. — 9. Карзинкин Г. С. Использование радиоактивных изотопов в рыбном хозяйстве. М.: Пищепромиздат, 1962. — 10. Лукьяновский В. А., Белов А. Д., Беляков И. М. Болезни костной системы животных. М.: Колос, 1984. — 11. Луцкий Д. Я. Методы исследования. — В сб.: Патология обмена веществ у высокопродуктивного крупного рогатого скота. Под ред. В. П. Шишкова. М.: Колос, 1978, с. 295—376. — 12. Моляревская А. Я. Азотистый обмен у карпа при различном содержании Са в воде и кормах. — В сб.: Некоторые вопросы физиологии питания и обмена веществ у рыб. Киев: Изд-во АН СССР, 1962, с. 88—97. — 13. Никольский Г. В. Частная ихтиология. М.: Высшая школа, 1971, с. 254—257. — 14. Плохинский Н. А. Алгоритмы биометрии. М.: Изд-во МГУ, 1980. — 15. Рудаков Н. П. Применение радиоизотопов для изучения закономерностей минеральных ионов у рыб и их маркировки. — Автореф. канд. дис. М., 1958. — 16. Сорвачев К. Ф. Основы биохимии питания рыб. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. — 17. Строганов Н. С. Экологическая физиология рыб. Т. 1. М.: Изд-во МГУ, 1962, с. 32—34. — 18. Строганов Н. С., Лошманова А. П. Проницаемость кожи пресноводных рыб. — В сб.: Некоторые проблемы гидробиологии, 1968, с. 159—167. — 19. Суховерхов Ф. М. Кормление карпа отходами промышленности и сельского хозяйства. М.: Пищепромиздат, 1957, с. 139. — 20. Шарабрин И. Г., Данилевский В. М., Беляков И. М. и др. Патология обмена веществ и ее профилактика у животных специализированных хозяйств промышленного типа. М.: Колос, 1984. — 21. Chinkih Ogino. Jiing Vum Chion Mineral Requirements in Fich.— II Magnesium Requirement of Scientific Fisheries, 1976, vol. 42, N 1, p. 71—75. — 22. Widdowson E. M. et al.— Mineral metabolism/ /C. L. Comar, Bronner. N.-York-London, 1962, vol. 2, part A, p. 113.

Статья поступила 7 января 1985 г.