

внутри и между экспериментами трудно вследствие гибели личинок и мальков и разного темпа роста разновозрастной молодежи, что искажает картину роста организмов.

Список использованной литературы

Шеханова И.А., Орлов Э.В., Воронина Э.А. Методические указания по оценке воспроизводительной системы рыб и методам инкубации икры в опытах с радиоизотопами. М., ВНИРО, 1976. 26 с.

THE IMPACT OF COPPER UPON THE EARLY PERIOD OF ONTOGENESIS OF TILAPIA IN THE MARINE ENVIRONMENT

E.A. VORONINA, I. N. GORKIN

SUMMARY

The impact of cuprous chloride on eggs, larvae and fry of *Tilapia mosambica* Peters in the sea water with salinity of 20‰ was investigated in the laboratory. The survival rate of embryos, number of larvae hatched, resorption rate of the yolk sack, palpitation rythm, weight growth rate and survival rate of larvae and fry were used as criteria in the tests involving 13 concentrations of the toxicant (2.5-0.01 mg/l).

The concentrations ranging from 2.5 to 1.5 mg/l of copper result in a high rate of mortality of eggs at the stage of organogenesis. The toxicant content of 1.0-0.3 mg/l retards hatching and affects greatly the survival rate of free embryos when they start feeding from the environment. The toxicant content of 0.1-0.01 mg/l increases pulpitation and causes hypertrophy of blood circulation organs in moving embryos.

The influence of the copper concentrations tested on the survival rate of larvae and fry from three age groups was ascertained with reference to the time of exposure and age of the young. The normal growth rates of larvae and fry were affected in relation to the concentrations of the toxicant. The growth rate tends of lowering in the young.

Effects of ionizing radiation on aquatic organisms and ecosystems. IAEA, Tech. Rep. Ser., No. 172, Vienna, 1976, pp. 1-131.

УДК 597 – 15:539.16:597.58

ФОРМИРОВАНИЕ ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ И ЭФФЕКТЫ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ТИЛЯПИЙ В РАСТВОРАХ СТРОНЦИЯ-90

Э.В. Орлов, А.П. Панарин,
И.А. Шеханова

Современным уровням радиоактивного загрязнения водоемов соответствуют очень низкие дозы облучения гидробионтов и проследить вызываемые ими эффекты в экспериментальных и тем более естественных условиях за редким исключением не удастся.

Для оценок такого рода особенно интересны работы, в которых исследовались эффекты хронического облучения ряда поколений рыб, т.е. популяции. Опыты с хроническим облучением рыб в растворах радионуклидов наиболее точно моделируют радиационную ситуацию природных водоемов. Однако в их описаниях обычно приводятся только концентрации растворов и лишь изредка рассчитанные дозы облучения рыб (Воронина, 1972; Нилов, 1973).

Общую дозу облучения вычисляют без учета распределения радионуклидов в теле рыбы и принимают ее для критических органов (гонад, почек и т.п.) можно только условно. Расчет интенсивности облучения отдельных органов также носит довольно условный характер, поскольку в нем допускают грубые приближения. При накоплении в костях рыбы $P=32$ или $\$r.=90$ пространственная картина β -эмиссии настолько сложна, что рассчитать дозовую нагрузку на гонады практически невозможно. Отсутствие ясного представления о величинах доз, обусловивших наблюдаемые эффекты, ограничивает возможность интерпретации результатов.

В предлагаемом исследовании сделана попытка определить зависимость "доза-эффект" у рыб, содержащихся в растворах $\$r = 90$, с помощью термомюлюминесцентных дозиметров. Вызванные облучением изменения в гонадах сопоставлены со степенью изменения у рыб других морфо-физиологических показателей.

В нескольких сериях опытов, проведенных в 1973-1976 гг., тилапий (*Tilapia mossambica* Peters) на разных стадиях онтогенеза содержали в растворах $\$r = 90$, концентрацией от 5×10^{-10} до 5×10^{-6} Ки/л. Все варианты опытов дублировались. Рыб содержали при стабильной температуре 26°C непроточных аквариумах объемом 15 и 60 л при плотности посадки для неполовозрелых и размножающихся особей не более 2 и 0,2 экз/л соответственно.

Воду аэрировали и осветляли губчатыми фильтрами, меняя ее по мере загрязнения не менее одного раза в неделю. Для осаждения взвеси и концентрирования органических остатков небольшую часть аквариума отделяли сетчатой перегородкой, которую использовали также при отлове рыб и для изоляции нерестящихся пар. Не участвующих в нерестах взрослых самцов содержали отдельно от самок.

Икру инкубировали в плавающих инкубаторах собственной конструкции. Методика инкубации икры и подращивания тилапий подробно описана Э.В. Орловым (1974, 1976). Чтобы уменьшить вероятность внесения с кормом возбудителей заболеваний, его подвергали кратковременной термообработке. При заболеваниях рыб, в основном, по-видимому, грибковой природы, воду в течение нескольких дней подсаживали до 5-8%.

Рыб массой более 2 г метили ярко-красным текстильным красителем. Каплю красителя наносили на обсушенный фильтровальной бумагой участок чешуйного покрова и под каплей слегка приподнимали иглой 4-5 чешуй, после чего прижимали их пальцем. Небольших рыб метили под бинокляром. В подавляющем большинстве случаев метки хорошо сохранялись больше двух лет при увеличении массы рыбы в 5-10 раз.

Для определения содержания радионуклидов в растворах и подопытных рыбах пользовались общепринятыми методиками с неболь-

шими модификациями (Дементьев, 1967). Пробы воды брали через бумажный фильтр, чтобы очистить ее от высокоактивной органической взвеси. Пробы с большой общей активностью озоляли в муфеле при температуре 600°C, растворяли золу в 5%-ной соляной кислоте и выпаривали часть объема (0,3–0,5 мл) под ртутной лампой на алюминиевой подложке, покрытой битумным лаком. Мягкие ткани рыб (до 300 мг) озоляли на подложке, растворяли золу в капле воды и подсушивали. Костные элементы (до 10 мг) после озонирования на помещенном в подложку покровном стекле растворяли в капле концентрированной кислоты, распределяли на площади 1 см² оплавленным концом Пастеровской пипетки и высушивали под лампой. Все препараты дублировали.

Активность препаратов измеряли на УМФ-1500 со стабилизатором напряжения, счетчиком СБТ-13 и пересчетным прибором ПС-20. Абсолютную активность препаратов рассчитывали с учетом всех необходимых поправок, определенных для конкретных условий измерения (Гусев, 1955; Прайс, 1960). Параллельно суммарной активности препарата определяли его активность по γ -90. Для этого использовали алюминиевый фильтр плотностью 0,167 г/см², который, по расчетам, поглощает β -излучение, β_r -90 практически полностью, а γ -90 - на 50%. Расчетные поправочные коэффициенты проверены по эталону. Максимальные отклонения величин активности дублированных препаратов от средних значений не превышали 20–25%.

Накопление радионуклидов в икре и рыбах определяли в зависимости от их концентрации и возраста рыб по суммарной или индивидуальной активности нескольких экземпляров, уменьшая количество рыб в пробе от личинок до взрослых с 10 до 3. Предназначенных для анализа рыб вскрывали и осторожно извлекали внутренности, стараясь не выдавливать содержимое желудочно-кишечного тракта. Кусочки мягких тканей, чешую, жесткие лучи спинного плавника и части других костей брали на радиометрию, а гонады созревающих и взрослых самцов - также для гистологической обработки и визуальной оценки их состояния. Полость тела рыбы отмывали проточной водой, от сбитой чешуи и возможного загрязнения содержимым кишечника, после чего в рыбе с пластилиновым фантомом внутренностей экспонировали дозиметры, располагая их в области гонад. Длительность экспозиции устанавливали ориентировочно (от 1 до 30 сут) в зависимости от уровня накопления радионуклидов и размера рыбы.

Параллельно облучали дозиметры на извлеченном желудочно-кишечном тракте. Часть дозиметров экспонировали в целых рыбах. Экранированные друг от друга препараты держали в холодильнике в охлажденном или замороженном виде. Характеристика дозиметров на основе порошка LiF и методика замеров доз у рыб описаны ранее (Шеханова, Пристер и др., 1976, статья Панарина в настоящем сборнике). Изготовленные из териленовой пленки трубчатые капсулы для порошка LiF имели сечение 1x1,5 мм, очень близкое к сечению семенников взрослых теляпий. В опытах с β -излучателями этот момент имеет важное значение для решения поставленной задачи.

Для статистической оценки сходства-различия ряда биологических показателей опытных и контрольных групп рыб пользовались критериями χ^2 и λ (Урбах, 1964).

Стерильность самцов - наиболее яркий из ранних эффектов облучения тилапий в растворах $Sr-90$ концентрацией около 10^{-6} Ки/л. По наблюдениям Э.В. Врониной (1974) у четырехмесячных самцов, выросших в растворах, к моменту созревания в гонадах почти не было половых клеток. Стерильность самцов тилапии в хронических опытах с растворами концентрацией $(3-5) \times 10^{-6}$ Ки/л неоднократно отмечалась и нами. При этом молодые самцы приобретали брачную окраску и проявляли типичное нерестовое поведение в присутствии готовых к нересту самок.

У выросших в растворах двухмесячных самцов, как и у контрольных, мы обнаружили в гонадах немногочисленные сперматогонии. Помешенные в раствор $Sr-90$ нормальные половозрелые самцы спустя месяц также мало отличалась от контрольных: в семенниках имелись все типы половых клеток. Но через 2 мес в их гонадах, как правило, не оставалось других половых клеток, кроме зрелых спермиев (рис. 1а). У трех самцов, вскрытых на 80-й день, дегенерация незрелых половых клеток была полной; на давленных препаратах гонад были видны только многочисленные спермии, имевшие в воде нормальную подвижность.

Выросшие в растворах самки некоторое время нерестились с контрольными самцами и давали внешне полноценное потомство, но затем прекращали нереститься. Отмечены нересты облученных самок в возрасте 10 мес. Развитие стерильности у самок детально не прослежено.

По сравнению со стерильностью самцов другие физиологические изменения у облученных тилапий не приводили так быстро к полному прекращению их воспроизводства. Это дает основание в данном случае считать семенники критическим органом и по отношению к ним рассматривать процесс формирования дозовой нагрузки у тилапий. Оценить интенсивность облучения семенников в период возникновения стерильности проще на взрослых рыбах. Кроме того, относительно крупные рыбы пригодны для более детального радиометрического анализа.

Послупление и выведение $Sr-90$ и $Y-90$ у тилапий подчинено общим для рыб закономерностям, рассмотренным в обзорной статье Д.Г. Флейшмана (1971), но имеет и свою специфику, обусловленную особенностями содержания и питания тилапий в аквариумах. Постоянно присутствующие в непроточных аквариумах экскременты рыб, остатки корма, бактерии и микроскопические водоросли сорбируют значительную долю вносимых в воду радионуклидов. Количество живого и мертвого органического материала в аквариумах непостоянно, в результате меняется и концентрация растворенного $Sr-90$, которая может на 1/3 отклоняться от расчетной, а концентрация $Y-90$ обычно составляет 10-40% от равновесной со стронцием. Склонность иттрия к образованию комплексов и сорбции на органическом материале решающим образом влияет на весь ход опытов.

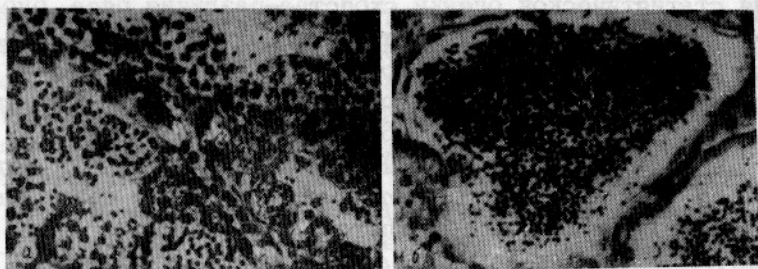


Рис. 1. Гистологические срезы семенников контрольных и облученных тилапий двухлетнего возраста: а — контроль, видны половые клетки на разных стадиях развития; б — после 2 мес пребывания рыб в растворе $4 \cdot 10^{-6}$ Ки/л из половых клеток сохранились только зрелые спермии (Буэн, железный гематоксилин, Об 40 X ок · 10).

Большое количество $Y = 90$ попадает в желудочно-кишечный тракт тилапий с кормом и случайно проглоченными посторонними органическими частицами. Более того, благодаря устройству своего ротового аппарата тилапии могут отфильтровывать и поедать детритную взвесь, соскабливать тонкий бактериально-водорослевый налет с поверхности аквариумов и заглатывать с поверхности воды пленку пылеватых частиц. Все это ведет к интенсивному поступлению в желудочно-кишечный тракт рыб радионуклидов (главным образом $Y = 90$), которые облучают гонады.

Тонкие парные семенники тилапий вытянуты вдоль выпуклого верхнего свода брюшной полости примерно на $3/4$ его длины. Сверху они прилежат к плавательному пузырю, а снизу — к желудочно-кишечному тракту (рис. 2). При одноразовом кормлении взрослых рыб их желудок, быстро наполняясь пищей и сильно увеличиваясь, растягивается почти до задней стенки брюшной полости; масса его с содержимым составляет около 5% от массы рыбы. Постепенно, в течение нескольких часов, пища переходит в кишечник; размеры желудка уменьшаются и масса его снижается до 1,5%. Кишечник тилапии с 4-месячного возраста в пять раз превышает длину тела; масса его вместе с содержимым колеблется в пределах 4–8% от массы рыбы. Скорость продвижения пищи по кишечнику зависит от интенсивности питания рыб; после двухдневного перерыва в кормлении он все еще содержит значительное количество переваренной пищи.

Некоторое представление о роли желудка и кишечника в облучении семенников дает соотношение их удельной и суммарной активности. По данным 10 измерений соотношение радиоактивности желудка и кишечника с содержимым колеблется от 1:1,3 до 1:5, что зависит от загрязненности пищи радионуклидами и ее количества. В желудках сытых рыб корм загрязнен меньше; ненаевшиеся рыбы в поисках дополнительной пищи заглатывают много радиоактивно загрязненных органических частиц. Суммарные активности желудка

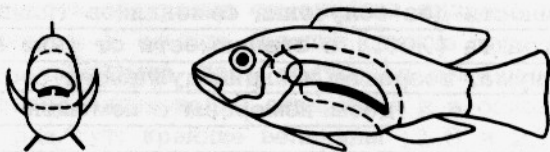


Рис. 2. Схема расположения у тилапии семенников и окружающей их области 90%-ного поглощения внешнего излучения γ -90. Прилежащие к плавательному пузырю семенники обозначены жирной линией, пунктиром вокруг них обведен слой ткани толщиной 5 мм.

и кишечника вскоре после кормления относятся как 1:2 - 1:6, а после опорожнения желудка их отношение падает до 1:50, так как небольшие количества загрязненной дополнительной пищи попадают в кишечник, не задерживаясь в пустом желудке.

Растянутый наполненный пищей желудок экранирует семенники от кишечника и некоторое время играет значительную роль в их облучении. Но этот период составляет меньше 1/3 суток, а семенники экранируются не полностью. Поэтому даже наибольшей суммарной активности желудка, очевидно, соответствует не более 20% дозы, создаваемой кишечником. Удельная активность содержимого кишечника в направлении от желудка сначала возрастает, но в самом заднем отделе снижается; отношение минимальной и максимальной величин (данные по трем рыбам) составляют 1:3.

По результатам многих измерений у тилапий содержание Sr -90 в желудочно-кишечном тракте, наполненном пищей, как правило, не превышает нескольких процентов от количества γ -90. Напомним, что Sr -90 и дочерний продукт его распада γ -90 очень неравноценные β -излучатели. Для β -частиц Sr -90, имеющих максимальную энергию 0,535 Мэв, толщина слоев ткани половинного и полного поглощения и 90%-ного самопоглощения соответственно 0,2, 2,0 и 3,0 мм (при условной плотности ткани 1 г/см³). Тем же относительным показателем для β -частиц γ -90 с энергией 2,26 Мэв соответствуют слои ткани в 1; 7; 10 и 20 мм. В брюшной полости исследованных рыб желудочно-кишечный тракт подобен эллипсоиду с меньшим диаметром 10-20 мм, поэтому в его объеме почти полностью поглощается и без того небольшая доля β -частиц Sr -90.

Таким образом, семенники тилапий облучаются от желудочно-кишечного тракта почти исключительно за счет γ -90, сорбированного на поедаемом рыбой органическом материале. Незначительный вклад в дозу (в пределах ошибки измерений) дает γ -90, образующийся при распаде Sr -90, поступающего в желудочно-кишечный тракт с пищей, с водой и инкорпорированного в его тканях.

Из данных, приведенных в таблице, видно, насколько может ме-

Изменение мощности доз облучения семенников тилапий от желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в зависимости от типа корма, загрязненности аквариума, возраста и индивидуального состояния рыб (дозы измерены с помощью ТЛД)

рыбы, г	Масса		Суммарная активность ЖКТ, $n \times 10^6$ распадов в минуту	Мощность дозы, рад/сут	Условия опыта
	г	%			

Рыбы старше 2 лет. Концентрация раствора 4×10^{-6} Ки/л

24	-	-	-	1,9	Дозиметры на кишечнике Умеренно загрязненный аквариум Корм - личинки хирономид
23	-	-	-	4,0	
55	-	-	-	4,2	
29	-	-	-	8,5	
39	-	-	-	23,0	
					Дозиметры в целых рыбах Рыбы из контроля накормлены в очень грязном аквариуме, отсажены обратно в контроль и забиты через 6 ч
29	-	-	-	5,2	Корм - личинки хирономид
25	-	-	-	5,3	
35	-	-	-	15,2	
39	-	-	-	30,0	
33	-	-	-	63,0	
20*	-	-	-	13,0	

Рыбы моложе 1,5 лет. Концентрация раствора 3×10^{-6} Ки/л

19	0,90	5,0	3,6	29,0	Дозиметры на кишечнике Умеренно загрязненный аквариум. Корм - личинки хирономид
16	0,90	6,0	4,7	30,0	
11	0,94	9,0	8,0	52,0	
21	1,10	5,4	4,9	56,0	

Желудок

17	0,65	4,0	0,35	2,9	Чистый аквариум Корм - личинки хирономид
----	------	-----	------	-----	---

Кишечник

-	0,83	5,0	0,5	6,3	
18	0,80	4,5	1,0	7,5	
19	1,43	7,4	3,9	13,4	

* Забита через сутки.

няться интенсивность облучения семенников тилапий в зависимости от условий опыта. У самцов тилапии старше двух лет, питавшихся личинками хирономид, дозы облучения семенников не выходят за пределы 4–15 рад/сут; крайние величины (1,9 и 23 рад/сут), очевидно, отражают наиболее и наименее активное поведение рыб в поиске дополнительной пищи. У таких же рыб, вынужденно съевших вместе с распыленным кормом массу радиоактивной грязи, дозы резко возросли – 30–60 рад/сут.

Более молодые самцы чаще соскабливают с поверхности аквариумов обрастания и, вероятно, поэтому лучевая нагрузка на их гонады также оказывается очень высокой. В чистом аквариуме величины доз – 2,9–13,4 рад/сут сходны с дозами у старших рыб, на которых выполнены гистологические исследования. Ввиду ограниченности и большой вариабельности данных нельзя с уверенностью оперировать средней величиной дозы, рассчитанной для первых 8 рыб – $8,4 \pm 2,3$ рад/сут. Но, по-видимому, без большой погрешности можно принять, что в рассмотренных условиях мощность дозы облучения семенников тилапий от желудочно-кишечного тракта – порядка 10 рад/сут.

Радионуклиды, накапливающиеся в теле рыбы, облучают семенники со значительно меньшей интенсивностью.

Чтобы определить относительный вклад в дозу отдельных источников облучения, нет необходимости детально анализировать ход накопления ^{90}Sr тилапиями – важны самые общие закономерности. В природных водоемах накопление стронция в костной ткани рыб тесно коррелирует с содержанием в воде кальция (Флейшман, 1971). Концентрации в воде кальция 40 мг/л в наших опытах должен соответствовать коэффициент накопления ^{90}Sr в костях тилапий не более 400, между тем он превысил 1000. Это находит объяснение, если признать, что ^{90}Sr поступает в рыб главным образом с пищей. Описанные выше особенности питания тилапий в аквариумах приводят к тому, что отношение $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ в их пище значительно больше, чем, например, у плотвы из естественного водоема при той же концентрации Ca в воде.

У тилапий, выросших в растворах, содержание ^{90}Sr в плотных костных образованиях примерно одинаково – в пределах $\pm 30\%$ от средней величины; различия между рыбами, отличающимися по массе даже в несколько раз, также невелики.

Соотношение удельной активности тушки без головы, головы (отделенной по линии жаберных крышек) и костей – 0,7:1:(11–15); близкий к предельному уровень накопления отмечен уже у трехмесячных рыб.

У посаженных из контроля в раствор взрослых рыб в чешуе, неплотных костях и растущих участках одной и той же кости ^{90}Sr накапливался быстрее, чем в плотных и толстых костных элементах; показатели накопления у рыб значительно варьировали. Наибольший коэффициент накопления ^{90}Sr в чешуе (по пяти рыбам) через 2 мес составил около 200, причем около 100 – через 10 дней от начала наблюдений. Максимальное накопление ^{90}Sr в

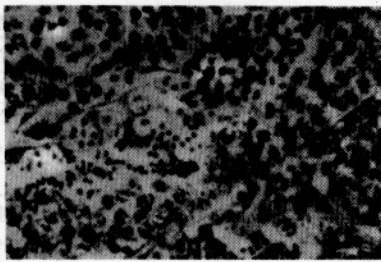


Рис. 3. Гистологический срез семенника тилапии, более двух лет облучавшийся дозами 0,5–2 рад/сут.

Видны все типы половых клеток (Буэн, железный гематоксилин. Об. 40хок. 10).

мягких тканях наблюдалось уже на пятый день (первый анализ), но по отношению к костям в мышцах составляло тысячные доли, а в желудочно-кишечном тракте, гонадах, почках и соединительной ткани – сотые. Несколько больше удельная активность печени, в которой накапливается ^{90}Sr , тогда как ^{90}Sr выводится с желчью; относительно много ^{90}Y накапливается также в яичниках половозрелых самок.

У тилапий, выросших в растворах, предельные суточные дозы облучения семенников от костей не превышали 5 рад (по шести рыбам). У четырех самцов, находившихся в растворе 2 мес, они составляли около 1 рад, что не превышает 10% мощности дозы от содержимого желудочно-кишечного тракта, к тому же эта доза формируется к концу опыта. Дозой от мягких тканей, учитывая их малую активность, вообще можно пренебречь, что следует из более детальных измерений, сделанных А.П. Панариным (см. статью в данном сборнике). На рис. 2 пунктиром вокруг гонад взрослой тилапии обведен слой толщиной 5 мм – область 90%-ного поглощения внешнего излучения иттрия; из этой схемы ясно, что основной вклад в облучение гонад вносят элементы осевого скелета, прилежащие к плавательному пузырю. У рыбы массой 20 г отмеченная область содержит 25% всей накопленной активности. При облучении самцов тилапии более двух лет в растворах меньшей активности с общей мощностью дозы 0,5–2 рад/сут в их гонадах резких нарушений не обнаружено (рис. 3), но иногда встречались необычно крупные половые клетки. Сравнение воспроизводительной функции этих самцов с контрольными различий между ними не выявило ввиду большой вариабельности результатов в 50 нерестах каждой группы.

Менее выражен по сравнению со стерильностью самцов другой эффект хронического облучения тилапий в растворах ^{90}Sr активностью $(3-5) \times 10^{-6}$ Ки/л – снижение их устойчивости к заболеваниям, которые при отсутствии профилактических и лечебных мер могут приводить к массовой гибели рыб (Шеханова, Воронина и др., 1975). Облученные рыбы в возрасте старше одного года эпизодически гибнут без признаков заразных заболеваний, так как прекращают питаться, что, вероятно, связано с поражением пищеварительной системы. При облучении в указанном выше диапазоне меньших доз рыбы и через два года не отличались от контрольных по восприимчивости к заболеваниям и выживаемости.

Влияния радиации на скорость роста рыб, отмеченного некоторыми исследователями (Лебедева, 1968; Воронина, 1974), нам наблюдать не удалось: в растворах всех использованных концентраций показатели роста тилапий (до 3 мес) находились в границах величин, полученных в повторностях контроля.

Таким образом, мы убедились, что данных о накоплении может оказаться совершенно недостаточно для оценки дозы облучения рыб в растворах β -излучателей. Применение ТЛД в подобных опытах, безусловно, позволяет получать более реальные величины доз и правильнее устанавливать связь эффектов облучения с дозовой нагрузкой. Но необходимая точность недостижима без массовых замеров, учитывающих различное состояние рыб.

ВЫВОДЫ

1. Полная дегенерация незрелых половых клеток у самцов - наиболее ранний и яркий эффект облучения тилапий в растворах Sr-90 концентрацией $(3-5) \times 10^{-6}$ Ки/л. Поскольку это ведет к полному прекращению воспроизводства рыб, семенники следует считать критическим органом и по отношению к ним рассматривать формирование дозовой нагрузки.

2. Вносимые в аквариумы радионуклиды в значительной степени сорбируются на органических остатках и обрастаниях ($Y-90$ - до 90%), вместе с которыми попадают в желудочно-кишечный тракт рыб и облучают гонады.

3. Семенники облучаются в основном присутствующим в содержимом кишечника $Y-90$. По результатам замеров с помощью ТЛД на основе LiF - порошка мощность дозы составляет около 10 рад/сут.

4. Коэффициент накопления $Sr-90$ в костях взрослых самцов за 2 мес составил 200, т.е. не более 1/5 предельной величины, которая отмечена уже у 3-месячных тилапий, выросших в растворе. Доза облучения семенников от костей создается в основном элементами осевого скелета, прилежащими к плавательному пузырю, и составляет по данным замеров около 1 рад/сут. Она не превышает 10% дозы, создаваемой желудочно-кишечным трактом и формируется к концу опыта. Таким образом, дозы, рассчитанные по накоплению радионуклидов, в данном случае дали бы совершенно неверную картину облучения семенников.

5. Облучение тилапий в течение 2,5 лет мощностью 0,5-2 рад/сут не вызывает резких нарушений в гистологии семенников; на срезах изредка встречаются необычно крупные половые клетки. Функциональная оценка не выявила достоверного отличия воспроизводительной системы облученных самцов от контрольных ввиду большой вариабельности результатов 50-ти нерестов каждой группы.

6. По сравнению со стерильностью менее выраженным эффектом радиации является снижение устойчивости тилапий к заболеваниям, которые при отсутствии лечебных мер могут вызвать массовую гибель рыб. Среди годовалых рыб в растворе концентрацией $(3-5) \times 10^{-6}$ Ки/л отмечена эпизодическая гибель, которой предшеству-

ет полное прекращение питания, что, по-видимому, связано с поражением пищеварительной системы.

7. Влияния радиации на скорость роста неполовозрелых рыб не наблюдалось.

Список использованной литературы

Воронина Э.В. Динамика весового и линейного роста *Tilapia mossambica* Peters, выращенных в замкнутых аквариумах с различным содержанием Sr-90. - Труды ВНИРО, 1972, т. 85, с. 31-35.

Воронина Э.В. Влияние инкорпорированного радиостронция на половые железы самцов тилляпии. - "Труды ВНИРО", 1974, т.100, с. 84-93.

Гусев Н.Г. Абсолютная радиометрия радиоактивных изотопов. - "Труды по применению радиоактивных изотопов в медицине и биологии", изд. 2-е, 1955, с.

Дементьев В.А. Измерение малых активностей радиоактивных препаратов. М., Атомиздат, 1967. 140 с.

Действие ионизирующих излучений на рыб. Инф. бюл. науч. совета по проблемам радиобиологии АН СССР, 1975, № 18, с.66-71. Авт.: И.А. Шеханова, Э.В. Воронина, Э.В. Орлов, С.П. Пешков.

Лебедева Г.Д. Влияние стабильного и радиоактивного стронция на пресноводные организмы. - "Гидробиологический журнал", 1968, т. 4, вып. 4, с. 3-10.

Методические указания по использованию дозиметрии в радиобиологических исследованиях. М., Изд-во ВНИРО, 1976. 12 с. Авт.: И.А. Шеханова, Б.С. Пристер, Г.Г. Рябов, Г.П. Шейн, С.П. Пешков.

Нилов В.И. Влияние стронция-90 - иттрия-90 на эмбриональное и постэмбриональное развитие белого амура. - В кн.: Экология гидробионтов водоемов Казахстана, Алма-Ата, 1973, с. 117-136.

Орлов Э.В. Эколого-физиологический аспект в опытах с хроническим облучением тилляпий малыми дозами в растворах Sr-90. - "Труды ВНИРО", 1974, т. 100, с. 116-127.

Орлов Э.В. К методике инкубации икры рыб в опытах с радиоизотопами. - "Методические указания по оценке воспроизводительной системы рыб и методам инкубации икры в опытах с радиоизотопами". М., Изд-во ВНИРО, 1976, с. 4-13.

Панарин А.П. С перспективности использования термолюминесцентных дозиметров в гидробиологических исследованиях. Статья опубликована в данном сборнике.

Прайс В. Регистрация ядерного излучения. М., "Иностранная литература", 1960, 464 с.

Урбах В.Ю. Биометрические методы. М., "Наука", 1964. 415с.

Флейшман Д.Г. Накопление искусственных радионуклидов пресноводными рыбами. - В кн.: Современные проблемы радиобиологии, т. 11, "Радиоэкология", М., 1971, с. 395-420.

BODY BURDEN AND IMPACT OF CHRONICAL RADIATION OF TILAPIA IN SOLUTIONS OF STRONTIUM-90

E. V. ORLOV, A. P. PANARIN, I. A. SHEKHANOVA

SUMMARY

Complete degeneration of immature sexual cells in males of *Tilapia* reared in water contaminated with Sr^{90} over the concentration range $(3-5) \times 10^{-6}$ Ci/liter was observed after two months. The testicles of males were radiated mainly with Sr^{90} which got into the alimentary canal together with food. The doses measured in adult males by the TLD's using LiF powder ranged from 1 to 23 rads per day (10 rads per day, on the average). The dispersion of food and general pollution of the aquarium increased the daily dose to 30-60 rads. Sr^{90} accumulated in bones induced radiation of the testicles from elements of the skeleton adjacent to the swimming bladder. By the end of the second month the dose did not exceed 10% of that which had been produced by the intestine content on the first days of the experiment. A postevent effect was found to be manifested as a lower resistance of *Tilapia* to diseases, which may cause heavy mortality of fish under certain circumstances. Some yearlings of *Tilapia* reared in the solution also died. It seems that the specimens ceased feeding because of radiation damage of the alimentary canal. In two-year-olds radiated at 0,5-2 rads per day only insignificant histological changes were found as compared to the control. No radiation impact on the growth rate of immature fish is found.

УДК 597.554.31+597-15:539.16

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХРОНИЧЕСКИ ОБЛУЧАЕМОЙ ПОПУЛЯЦИИ СИБИРСКОЙ ПЛОТВЫ

*И.А. Шеханова, С.П. Пешков
С.П. Мунтян, В.Я. Ермохин*

Исследованная популяция сибирской плотвы (*Rutilus rutilus lacustris* Pall) длительное время обитала в водоеме, искусственно загрязненном смесью $Sr-90$ и $Cs-137$ в количестве $1,6 \cdot 10^{-7}$ и $3,9 \cdot 10^{-9}$ Ки/л соответственно. Суммарная β, γ -активность воды была $2,14 \cdot 10^{-7}$ Ки/л. Плотва выбрана объектом исследования потому, что она широко распространена в водоемах различного типа и ее биология изучена довольно хорошо, что дало возможность сопоставить материалы, полученные на экспериментальном водоеме, с соответствующими показателями рыб, обитающих в обычных природных условиях.

Кроме того, сравнивали биологические показатели изученной популяции сибирской плотвы и обитающей в водоеме, который был выбран в качестве контрольного. Оба водоема расположены в одной климатической зоне, и их гидрохимический режим близок; они мо-

Уважаемые читатели!

Редколлегия тома и издательство "Пищевая промышленность" приносят свои извинения за допущенные в томе погрешности. В томе неправильно заверстаны иностранные источники в списках использованной литературы - после *Summary* ; кроме того, они сдвинуты на одну статью: относящиеся к первой статье заверстаны после предисловия, относящиеся ко второй - после первой и так далее. Помимо этого, допущен ряд опечаток.

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
82	Рисунок, на оси ординат подпись к рисунку, 2-я строка снизу	мг/кг сырого вещества морская вода.	% сырого вещества вода
78	7-я снизу	... 2 раза	...в двух повторностях
	5-я снизу	... к воде...	...в воду...
99	13-я снизу	... в I;7;10...	...в I,7; 10...
III	6 и 7-я снизу	... у плотвы сибирской популяции...	...популяции сибирской плотвы...
II6	23,24,25-я снизу	0 - ширина лба; i_0 - длина нижней... l_{mk} - расстояние от... a_0 - расстояние между...	i_0 - ширина лба; l_{mk} - длина нижней... a_0 - расстояние от... p_1 - расстояние между...