

УДК 597—146:539.16

**ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ
НА ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ РЫБ**

И. А. Шеханова, Э. А. Воронина

Проблема биологического действия ионизирующей радиации в условиях хронического облучения живых организмов еще далеко не разработана. Это относится прежде всего к обитателям гидросферы, которые подвергаются длительному воздействию растворенных в водной среде искусственных радионуклидов. Радиоактивное загрязнение морских и пресных вод рассматривается в настоящее время как экологический фактор, возникший в связи с широким освоением атомной энергии. Известные оценки количества радиоактивных отходов в ближайшие десятилетия свидетельствуют о возможности значительного повышения уровня радиоактивного загрязнения водной среды, а следовательно, и гидробионтов. В связи с этим необходимость исследования влияния инкорпорированных радионуклидов на рыб очевидна.

Одним из существенных показателей состояния животных является их способность к воспроизводству. В литературе есть много указаний на то, что ионизирующая радиация отрицательно влияет на воспроизводительную функцию рыб. Исчерпывающая сводка относительно действия на половые железы рыб одноразового острого облучения большими дозами рентгеновских и гамма-лучей дана в работах К. А. Головинской и Д. Д. Ромашова (1958, 1960) и Н. Б. Черфас (1962). Влияние же хронического облучения малыми дозами радиации на воспроизводительную способность рыб практически не изучалось, и данные в литературе по этому вопросу весьма отрывочны.

Задачей настоящей работы было в экспериментальных условиях изучить действие разных концентраций растворенных в воде стронция-90-иттрия-90 на формирование и функциональную деятельность половых желез рыб при длительном обитании их в радиоактивно загрязненной среде.

Было проведено две серии опытов. В первой серии подопытными объектами были взрослые половозрелые (IV стадия по шестибалльной шкале) самки вьюна (*Misgurnus fossilis* L.). Перед опытом им была сделана гипофизарная инъекция. Через двое суток после инъекции у текущих самок отцедили икру и разместили по 25 самок в четыре эмалированные ванны. Таким образом, самки оказались на VI—II стадии зрелости. В течение трех месяцев их содержали в растворах стронция-90-иттрия-90 активностью $3,1 \times 10^{-10}$, $1,5 \times 10^{-8}$ и $1,3 \times 10^{-6}$ кюри/л. Контрольные самки находились в ванне с чистой водопроводной водой. Воду и растворы меняли раз в четыре-пять дней, температуру среды в течение всего опыта поддерживали в пределах 18—20°C, кормили рыб личинками хирономид. По истечении трех месяцев рыб из растворов радиоактивного стронция перенесли в чистую воду, однако за время пребывания в растворах они накопили такое количество

стронция-90, что до конца опыта, который длился 215 дней, их организм подвергался инкорпорированному облучению. За семь месяцев гонады самок снова достигли IV стадии зрелости, и так как созревание новой генерации половых клеток проходило в условиях хронического облучения, мы имели возможность исследовать влияние стронция-90-иттрия-90 на формирование гонад самок.

Для гистологического анализа кусочки яичников фиксировали жидкостью Буэна, заливку проводили через ксилол-парафин, срезы окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну. Помимо анализа гистологической структуры половых желез, исследовали относительную плодовитость, коэффициент зрелости и относительное количество икринок, находящихся на отдельных стадиях развития. Данные опыта сравнивали с контрольными по критерию Стьюдента.

Вторая серия опытов была проведена с тилапиями (*Tilapia mossambica* Peters). Икру, полученную от одной пары производителей, сразу после набухания разделили на четыре части: три из них поместили в раствор стронция-90-иттрия-90 различной активности ($3,1 \times 10^{-10}$, $1,5 \times 10^{-8}$ и $1,3 \times 10^{-6}$ кюри/л), а четвертую — в чистую воду. Для каждого варианта опыта было взято по 115 икринок. Инкубировали икру при температуре воды 26°C в 6%-ном растворе поваренной соли ($\text{pH}=7,1$) в аквариумах емкостью 8 л из органического стекла. Для инкубации были созданы оптимальные условия: икра помещалась в специальные воронки, где благодаря постоянному продуванию воздуха компрессором находилась во взвешенном состоянии. Период эмбрионального развития длился три с половиной—четыре дня. Выключившихся личинок выращивали до взрослого состояния в непроточных аквариумах емкостью от 20 до 60 л при температуре воды 26 — 28°C . Растворы меняли через три—четыре дня. Мальков кормили сначала мелким планктоном, затем постепенно заменяли его более крупным и личинками хирономид. Опыт с тилапиями длился год. На протяжении всего опыта рыб содержали в радиоактивных растворах. За это время рыбки стали половозрелыми и начали нереститься. Это дало возможность сопоставить время наступления половой зрелости в контроле и в разных вариантах опыта, частоту нереста, рабочую плодовитость при каждом нересте и ряд других показателей. Результаты опытов сравнивали с контролем по критерию Колмогорова—Смирнова (Урбах, 1964).

Данные, полученные в первой серии опытов, представлены в табл. 1 и 2. Вьюн — рыба с порционным типом икрометания, поэтому в ястыках половозрелых самок постоянно присутствуют яйцеклетки всех фаз развития — от овогоний до зрелых овоцитов. Гистологическое исследование яичников контрольных и опытных самок вьюна показало, что за 215 дней в гонадах развились яйцеклетки новой генерации, и к концу опыта самки снова достигли IV стадии зрелости. У контрольных рыб при исследовании препаратов под микроскопом (окуляр $\times 7$, объектив 90) в поле зрения — большое количество молодых овоцитов, что свидетельствует об активном процессе формирования (см. табл. 1). Аналогичная картина наблюдалась и у рыб, находившихся в растворе с минимальным содержанием стронция-90-иттрия-90. В яичниках самок из растворов активностью 10^{-8} и 10^{-6} кюри/л овоциты периода синаптного пути на срезах не были обнаружены. Возможно, это связано с угнетающим действием инкорпорированных радионуклидов на молодые овоциты. Подобное явление наблюдалось в опытах с мышцами млекопитающих. Действие радиации на более развитые яйцеклетки не столь резко, и у самок из всех вариантов опыта имеются овоциты периода малого и большого роста, только у рыб из растворов с более высоким содержанием стронция-90-иттрия-90 их по количеству меньше, чем у контрольных.

Таблица 1

Результаты гистологического исследования яичников вьюна

Активность раствора, <i>кюри/л</i>	Вес, г		Фазы роста овоцитов				
	самок	гонад	синаптенного пути	ювенильная	однослойного фолликула	первоначального накопления желтка	наполненного желтком овоцита
Контроль	23,6	2,4	+++	+++	+++	+++	+++
$3,1 \times 10^{-10}$	34,8	4,1	+++	+++	+++	+++	+++
$1,5 \times 10^{-8}$	29,4	2,5	—	+	++	++	++
$1,3 \times 10^{-6}$	23,6	2,1	—	+	++	++	++

Примечания: 1. Здесь и далее в таблицах приведены осредненные данные по пяти экземпляров в каждом варианте опыта. 2. Знак «+++» показывает большое количество клеток в поле зрения микроскопа; «++» — среднее; «+» — малое; «—» — отсутствие клеток данной фазы развития.

Таблица 2

Характеристика состояния яичников вьюна в разных вариантах опыта

Активность раствора, <i>кюри/л</i>	Относительная плодовитость, икринок	Коэффициент зрелости, %	Соотношение икринок на стадиях зрелости, %		
			II	III	IV
Контроль	203	10,4	28,1	15,6	56,3
$3,1 \times 10^{-10}$	161	11,7	16,9	16,4	66,7
$1,5 \times 10^{-8}$	107	8,2	21,5	13,8	64,7
$1,3 \times 10^{-6}$	95	8,5	19,3	16,5	64,2

Таблица 3

Характеристика состояния самок тилапии в разных вариантах опыта

Активность раствора, <i>кюри/л</i>	Средний вес самок, г	Различия по критерию Колмогорова-Смирнова			Абсолютная плодовитость, икринок	Среднее число икринок за нерест	Различия по критерию Колмогорова-Смирнова			Средний вес икринок, мг	Различия по критерию Колмогорова-Смирнова		
		χ^2	$\chi^2_{0,005}$	$\chi^2_{0,01}$			χ^2	$\chi^2_{0,05}$	$\chi^2_{0,01}$		χ^2	$\chi^2_{0,05}$	$\chi^2_{0,01}$
Контроль	21,6				1979	181				4,07			
$3,1 \times 10^{-10}$	22,7	1,66	—	—	2155	166	—	—	—	4,30	1,05	—	—
$1,5 \times 10^{-8}$	11,3	2,80	+	+	3696	200	2,36	+	+	2,50	7,90	+	+
$1,3 \times 10^{-6}$	20,3	0,96	—	—	1914	174	0,51	—	—	3,00	2,50	+	—

Примечание: Знак «+» показывает достоверные различия; «—» — недостоверные.

Морфологические исследования подтвердили данные гистологического анализа (см. табл. 2). Просмотр яичников опытных и контрольных самок показал, что основная масса яйцеклеток достигла IV стадии зрелости. Одновременно с этим в гонадах были икришки на II и III стадиях зрелости. По количеству икришек на каждой стадии созревания ни в одном из вариантов опыта не было достоверных различий с контролем, хотя тенденция к некоторому увеличению в контроле икришек на II стадии зрелости наблюдалась. Коэффициент зрелости самок, содержащихся в растворах разной активности, также достоверно не отличался от коэффициента зрелости контрольных самок. Лишь в более высокоактивных растворах отмечалась тенденция к уменьшению коэффициента зрелости. Относительная же плодовитость самок, содержащихся в растворах стронция-90-иттрия-90, была достоверно меньше относительной плодовитости контрольных самок. Уменьшение этого показателя при отсутствии различий в коэффициенте зрелости и количестве икришек разных стадий созревания может быть обусловлено разными причинами, однако в любом случае это приводит к снижению плодовитости самок при длительном воздействии на них инкорпорированной радиации.

Результаты второй серии опытов, которые проводились с тилапией, представлены в табл. 3 и на рис. 1—3. При выращивании личинок и молоди тилапии в растворах стронция-90-иттрия-90 разной активно-

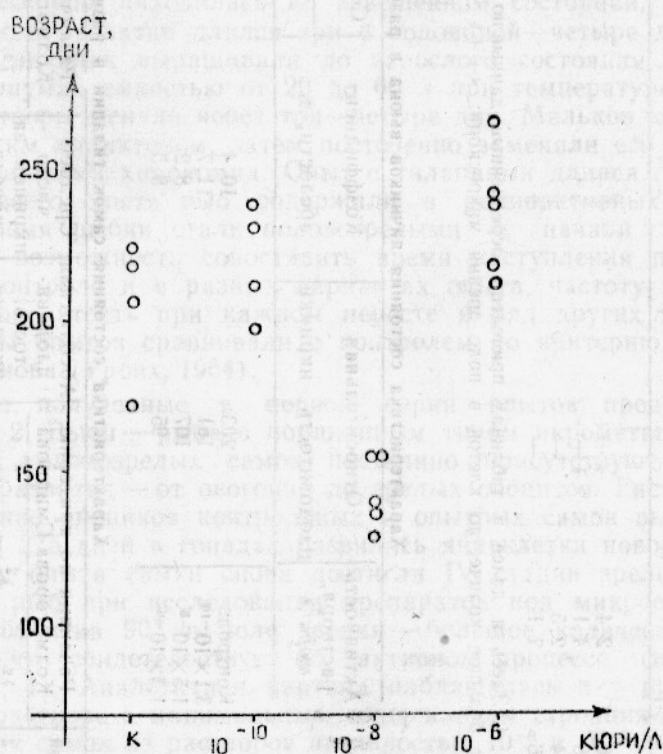


Рис. 1. Время достижения половой зрелости у самок тилапии в разных вариантах опыта.

сти непосредственной реакции рыб на облучение не наблюдалось, не было повышенного отхода в опытных аквариумах, поведение подопытных рыб не отличалось от поведения контрольных. Через 129 дней после выклева отдельные самки достигли половой зрелости и начали

нереститься. Первыми вступили в нерест рыбы, выращенные в растворе активностью 10^{-8} кюри/л (см. рис. 1). У всех пяти самок из этого аквариума первый нерест был значительно раньше, чем у самок из контроля и других вариантов опыта. В контроле первая самка отнерестилась в возрасте 172 дней, в растворе активностью 10^{-10} кюри/л — в возрасте 194 дней, а в растворе активностью 10^{-6} кюри/л — в возрасте 214 дней. При этом самки из аквариума с раствором 10^{-8} кюри/л были значительно мельче самок из других аквариумов (см. табл. 3), что можно объяснить более ранним достижением половой зрелости и связанным с этим замедлением весового и линейного роста.

В наблюдаемый период у рыб из аквариума с раствором 10^{-8} кюри/л частота нерестов была выше и их общее количество больше, чем у рыб из других аквариумов. Так, у контрольных самок в течение 8 мес. было 12 нерестов, у самок из раствора активностью 10^{-10} кюри/л — 16 нерестов, из раствора 10^{-8} кюри/л — 24 и из раствора 10^{-6} кюри/л — 11 нерестов (см. рис. 3).

Среднее количество икринок, отложенное самками за один нерест в разных аквариумах, было различным. Показатели в аквариумах с активностью 10^{-10} и 10^{-6} кюри/л близки к контрольным, в аквариуме с раствором активностью 10^{-8} кюри/л самки за нерест откладывали достоверно большее количество икринок, чем контрольные (см. табл. 3). Раннее достижение половой зрелости, более высокие частота нереста и плодовитость привели к тому, что за наблюдаемый период в растворе активностью 10^{-8} кюри/л было отложено почти вдвое больше икринок, чем в контроле и в других вариантах опыта. Правда, икра, полученная от самок из этого варианта опыта, была достоверно мельче икры, полученной от контрольных самок. Такая же мелкая икра была и у самок, выращенных в растворе активностью 10^{-6} кюри/л, в то время как у самок из раствора 10^{-10} кюри/л размер икринок был такой же, как у контрольных.

Объяснить причину появления наблюдаемых нами различий в одном из вариантов опыта при отсутствии различия в других вариантах, даже при воздействии более высокой дозой инкорпорированного облучения, мы пока не можем. Данные, приведенные в настоящем сообщении, следует рассматривать как предварительные. Для суждения о воздействии на воспроизводительную способность рыб растворенных в воде радионуклидов нужен очень большой фактический материал, который позволит более тщательно исследовать этот процесс. Бесспорно лишь, что воспроизводительная функция рыб более подвержена влиянию ионизирующей радиации, чем прочие функции, и что в период эмбрионального развития рыбы менее чувствительны к действию радиации, чем в другие периоды жизни. Подавляющая же масса исследований влияния радиоактивного загрязнения водной среды на рыб выполнена на эмбрионах.

О влиянии инкорпорированных радионуклидов на половые железы рыб свидетельствует и тот факт, что самцы, выращенные в аквариуме с содержанием стронция-90-иттрия-90 10^{-6} кюри/л, оказались стерильными. Гонады их представляли собой тонкие тяжи, заполненные прозрачной бесцветной жидкостью. Потомство от самок из этого варианта было получено лишь после того, как их икру оплодотворили самцы, выращенные в аквариуме с более низкой концентрацией стронция-90-иттрия-90.

Таким образом, длительное содержание рыб в воде, загрязненной различными концентрациями стронция-90-иттрия-90, приводит к появлению ряда изменений в структуре и функциональной деятельности половых желез. Наиболее существенным изменением следует считать снижение плодовитости, которое наблюдалось у самок вьюна, и атрофию половых желез, отмеченную у самцов тилапии, выращенных в растворе

активностью 10^{-6} кюри/л. Представляют интерес данные, полученные при содержании самок тилапии в растворе активностью 10^{-8} кюри/л. Раннее достижение половой зрелости, более частые повторные нересты, повышенная по сравнению с контролем плодовитость свидетельствуют о своеобразном стимулирующем действии определенного уровня радиации на эти показатели. Однако, учитывая большое теоретическое и практическое значение подобного рода исследований, мы считаем преждевременным делать какие-либо выводы. Необходимо накопить большой

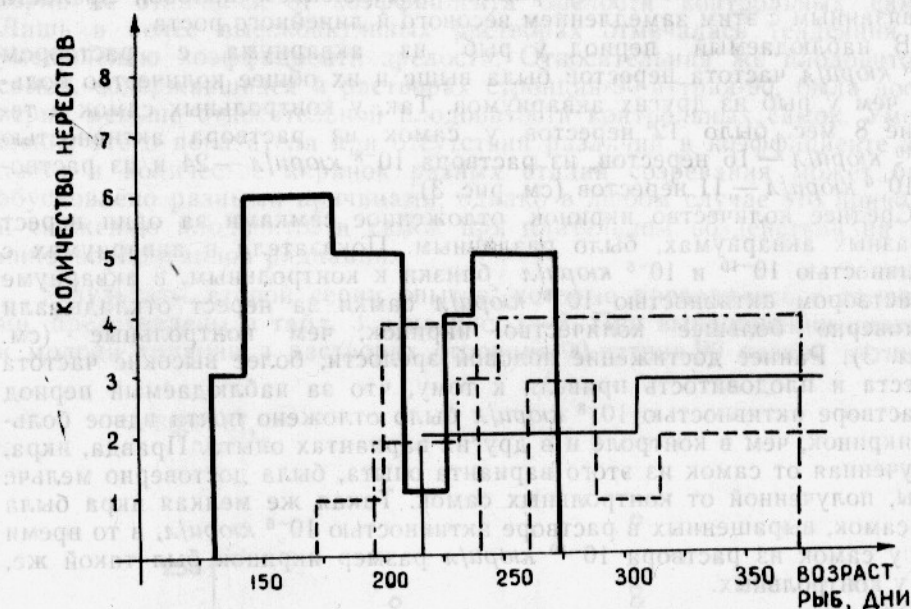


Рис. 2. Частота нереста самок тилапии в зависимости от радиактивности раствора: ————— контроль; - - - - - 10^{-10} кюри/л; — · — · — 10^{-8} кюри/л; - - - - - 10^{-6} кюри/л.

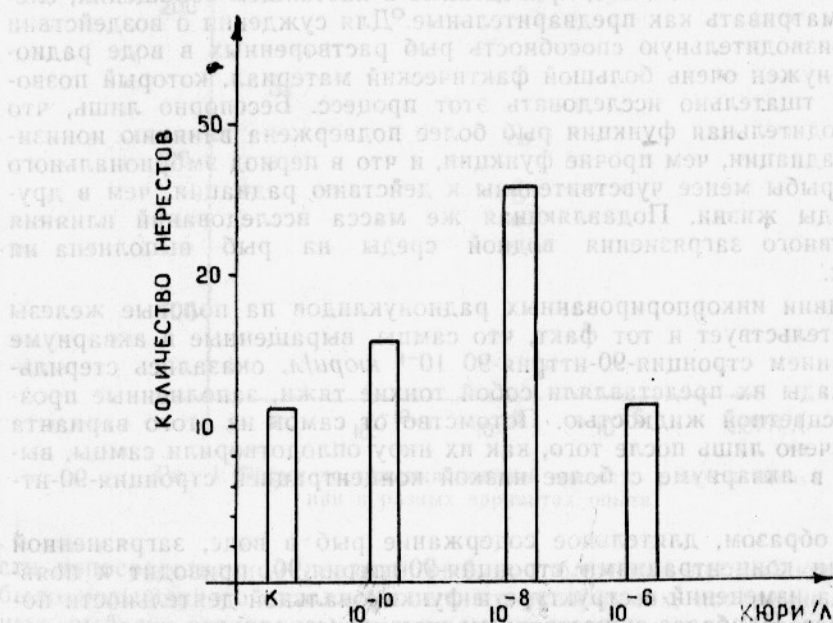


Рис. 3. Общее количество нерестов у самок тилапии в наблюдательный период.

фактический материал, который поможет объективно оценить влияние разных уровней радиоактивного загрязнения водной среды на численность и воспроизводство рыб.

ЛИТЕРАТУРА

- Головинская К. А., Ромашов Д. Д. Действие ионизирующей радиации на развитие и размножение рыб «Вопр. ихтиол.». Вып. II, 1958.
Черфас Н. Б. Радиационное поражение гонад карпа. «Вопр. ихтиол.». Т. 2. Вып. 1 (22), 1962.
Урбах В. Ю. Биометрические методы. М., изд-во «Наука», 1964.

EFFECT OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF AQUATIC MEDIUM ON THE REPRODUCTIVE CAPACITY OF FISH

I. A. Shekhanova and E. A. Voronina

SUMMARY

The effect of various levels of contamination of aquatic medium on the formation and functional activity of gonads of some species was studied in experimental conditions. It was revealed that a prolonged stay of loach and tilapia in the water containing Sr^{90} — Y^{90} at a concentration of 10^{-10} , 10^{-8} and 10^{-6} curie/l. causes some changes in the structure and functional activity of gonads. In the 10^{-6} curie/l. solution the relative fecundity of female loach showed a twofold decrease. The male tilapia in this experiment became sterile.

L'INFLUENCE DE LA POLLUTION RADIOACTIVE DU MILIEU AQUATIQUE SUR LA REPRODUCTION DES POISSONS

I. A. Shekhanova et E. A. Voronina

RÉSUMÉ

Dans les conditions expérimentales on étudiait l'influence de la pollution radioactive du milieu aquatique de différent degré sur la formation et l'activité fonctionnelle des glandes sexuelles de certain poissons.

Les travaux prouvent que le séjour prolongé des loches et des tilapies dans l'eau contenant le strontium⁹⁰, l'yttrium⁹⁰ à la concentration de 10^{-10} , 10^{-8} , 10^{-6} Curies/l entraîne les modifications dans la structure et l'activité fonctionnelle des glandes. Dans la solution ayant l'activité de 10^{-6} Curies/l la fertilité relative chez les femelles de loche diminue de deux fois. Les mâles de tilapie deviennent stériles dans cette variante de l'expérience.

Замеченные опечатки

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
15	1-я сверху	«Perscu»	«Perscy»
15	2-я снизу	10 juin	10 juillet 1941
29	13-я сверху	палочки «Рачек»	палочки «Рачок»
82	8-я сверху	Дунарский О. М.	Дукарский О. М.
100	подпись	— — — — 10 ⁻⁸ кюри/л,	— 10 ⁻⁸ кюри/л
	под рис. 2	— 10 ⁻⁶ кюри/л	— 10 ⁻⁶ кюри/л
142	26-я сверху	в массе рыбы	в мясе рыбы
158	24-я снизу	inakiri	Inakiri
169	4-я снизу	soutre	soufre