

**ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО α -, β -, γ -ОБЛУЧЕНИЯ
НА ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ВЬЮНА
(MISGURNUS FOSSILIS L.).**

В. Л. Печкуренков, И. А. Шеханова, В. К. Дохолян, Б. П. Костров

Результаты экспериментальной инкубации икры вьюна и других пресноводных рыб в растворах Sr^{90} — Y^{90} , Pu^{239} и Cs^{137} дают основание считать, что растворы каждого из этих радионуклидов активностью до $n \cdot 10^{-6}$ Ки/л* (по Pu^{239} до $n \cdot 10^{-8}$ Ки/л) не вызывают увеличения количества структурных перестроек хромосом в клетках эмбрионов. Однако в природных условиях живые организмы будут подвергаться облучению в результате распада нескольких радионуклидов. В связи с этим целью настоящей работы было изучение влияния на эмбриональное развитие вьюна совместного действия α -, β - γ -облучений при распаде атомов Sr^{90} — Y^{90} , Pu^{239} и Cs^{137} .

Растворы Sr^{90} — Y^{90} и Cs^{137} приготавливали обычным способом из хлористых солей этих радионуклидов. Раствор Pu^{239} приготавливали, растворяя его двуокись в соляной и азотной кислотах, полученные азотистые и солянокислые соли растворяли в воде. В экспериментах не использовали раствор Pu^{239} , активность которого была выше $n \cdot 10^{-8}$ Ки/л, так как в растворах более высоких активностей резко смещалось рН.

Икру вьюнов оплодотворяли и распределяли по вариантам опыта, как обычно (Шеханова, Печкуренков, 1968), и инкубировали при температуре 20—21°С в трех вариантах смеси перечисленных радионуклидов и в отстоянной водопроводной воде (контроль).

Использовались следующие варианты смеси радионуклидов:

- Sr^{90} — Y^{90} ($2 \cdot 10^{-10}$ Ки/л) + Pu^{239} ($n \cdot 10^{-11}$ Ки/л) + Cs^{137} ($1,4 \times 10^{-10}$ Ки/л), суммарная активность $n \cdot 10^{-10}$ Ки/л;
- Sr^{90} — Y^{90} ($2 \cdot 10^{-8}$ Ки/л) + Pu^{239} ($n \cdot 10^{-10}$ Ки/л) + Cs^{137} ($1,4 \times 10^{-8}$ Ки/л), суммарная активность — $n \cdot 10^{-8}$ Ки/л;
- Sr^{90} — Y^{90} ($2 \cdot 10^{-6}$ Ки/л) + Pu^{239} ($n \cdot 10^{-8}$ Ки/л) + Cs^{137} ($1,4 \times 10^{-6}$ Ки/л), суммарная активность $n \cdot 10^{-6}$ Ки/л;

Радиоактивность икры в ходе развития не определяли и поглощенную дозу не оценивали.

В каждом варианте опыта и в контроле инкубировали икру от 22 пар производителей (22 скрещивания). Икру от каждого скрещивания инкубировали в каждом варианте опыта и в контроле отдельно, причем инкубацию в каждом варианте опыта проводили в двух чашках Петри для проверки воспроизводимости данных (Печкуренков, Шеханова, Телышева, 1972). В каждой чашке Петри в 50 см³ раствора радионуклидов или воды инкубировали в среднем 250 икринок. Два раза в сутки отбирали мертвую икру и заменяли растворы.

* В системе СИ 1 Ки (кюри) = $3,7 \cdot 10^{10}$ с⁻¹.

Динамика накопления Sr^{90} , Y^{90} , Pu^{239} развивающейся икрой вьюна в подобных условиях описана ранее (Шеханова, Печкуренок, 1968; Патин, Печкуренок, Шеханова, 1971). Не было оснований считать, что Cs^{137} в эксперименте не будет накапливаться икрой вьюна (Поликарпов, 1964).

В качестве тестов использовали количество погибшей икры за весь период инкубации, количество личинок с тяжелыми уродствами и с нарушением осевого скелета (искривление позвоночника больше чем на 10° и двухголовые), митотический индекс и количество aberrантных анафаз в тканях однодневных личинок. Два последних теста учитывали на основании просмотра 200 клеток на временных, окрашенных ацетокармином, тотальных препаратах двух-трех личинок одного скрещивания из каждого варианта опыта.

Полученные данные по всем тестам выражали в процентах и проверяли на воспроизводимость по каждому скрещиванию в каждом варианте опыта при помощи номограмм 95% доверительных интервалов для биномиального распределения (Яржомбек, 1971). В этом случае достоверность различий была на 97,5%-ном уровне. Например, для проверки на воспроизводимость данных о гибели икры от одного скрещивания в одном из вариантов опыта сравнивали при помощи номограмм количество погибшей икры в двух чашках Петри, в которых инкубировалась икра одного скрещивания. Если эти данные не отличались на 97,5%-ном уровне, то они считались воспроизводимыми. Данные по инкубации икры одного скрещивания в варианте опыта и контроле сравнивали только в том случае, если они были воспроизводимы в каждом из сравниваемых вариантов опыта. Тогда величина выборки принималась равной среднему количеству икры или личинок по двум чашкам Петри в данном варианте опыта, а не суммарному их количеству по двум чашкам. По этому же принципу сравнивали митотический индекс и количество aberrантных анафаз у личинок. Это делалось для того, чтобы не сужать искусственно доверительные интервалы. Затем, принимая данные по каждому тесту от одного скрещивания за повторность эксперимента, определяли количество повторностей, достоверно отли-

Таблица 1

Колебания показателей, %

Показатели	Варианты смеси радионуклидов, Ки/л			Контроль
	$n \cdot 10^{-10}$	$n \cdot 10^{-8}$	$n \cdot 10^{-6}$	
Гибель икры	91,5—20,4	92,0—11,8	97,0—10,4	100—7,1
Личинки	48,5	42,2	51,2	49,6
с тяжелыми уродствами . . .	31,8—0,0	23,7—0,0	35,2—1,1	24,5—0,8
с нарушениями осевого скелета	7,5	7,6	9,2	6,7
	68,0—2,3	21,5—1,6	60,0—0,8	95,0—1,6
	19,6	8,3	12,7	23,9
Митотический индекс у личинок	3,2—2,8	3,8—2,0	2,8—2,6	2,9—2,4
	3,0	2,7	2,7	2,6
Количество aberrантных анафаз	3,6—2,1	3,7—2,7	2,7—1,7	2,4—1,9
	2,8	3,2	2,2	2,2

Примечание. В числителях даны лимиты, в знаменателях — средние значения показателей.

чающихся от контроля. Далее, принимая за нуль-гипотезу отсутствие различий с контролем во всех повторностях, т. е. $\frac{0}{n}$ (n — число повторностей), оценивали данные, полученные в эксперименте, т. е. $\frac{k}{n}$ (\bar{k} — количество повторностей, достоверно отличающихся от контроля). Если при сравнении границы доверительных интервалов на 95%-ном доверительном уровне для нуль-гипотезы и экспериментальных данных заходили друг за друга, то считалось, что экспериментальные данные не противоречат нуль-гипотезе и различия с контролем случайны на 97,5%-ном уровне. Эта оценка проводилась по таблицам 95%-ных доверительных интервалов биномиального распределения (Янко, 1961).

Таблица 2

Достоверность отклонения показателей от нуль-гипотезы

Актив- ность раствора. Кв/л	Количество повторностей		Из них			Достоверность отклонения от нуль-гипотезы	
	исход- ное	воспроизво- димое	A > B	A < B	A=B	A > B	A < B
Гибель икры							
$n \cdot 10^{-6}$	22	4	0	0	4	—	—
$n \cdot 10^{-8}$	22	6	2	1	3	—	—
$n \cdot 10^{-10}$	22	4	0	1	3	—	—
Личинки с тяжелыми уродствами							
$n \cdot 10^{-6}$	22	19	4	0	15	—	—
$n \cdot 10^{-8}$	22	19	1	0	19	—	—
$n \cdot 10^{-10}$	22	18	1	0	17	—	—
Личинки с нарушениями осевого скелета							
$n \cdot 10^{-6}$	22	14	1	4	9	—	—
$n \cdot 10^{-8}$	22	14	0	4	10	—	—
$n \cdot 10^{-10}$	22	14	4	1	11	—	—

Примечание. A — величина показателя в варианте опыта; B — величина показателя в контроле; тире означает, что отклонение от нуль-гипотезы случайно.

Из данных табл. 1 видно, что лимиты изученных показателей и их средние значения во всех вариантах опыта практически не отличаются от контрольных. Наименее вариабельны величина митотического индекса и количество аберрантных анафаз. Эти показатели достоверно не отличались не только у личинок из одного скрещивания в данном варианте опыта, но и у личинок из разных скрещиваний как в одном и том же, так и в разных вариантах опыта. Были просмотрены препараты двух-трех личинок в каждом варианте опыта от трех скрещиваний, в которых данные по гибели икры и уродствам личинок оказались воспроизводимыми в вариантах опыта и в контроле. Поэтому средние по этим показателям выводились для каждого варианта опыта по трем скрещиваниям, и сравнение каждого варианта опыта с контролем не показало достоверных различий в каждом из проанализированных скрещиваний. Наиболее вариабельными показателями были количество погибшей икры, количество личинок с тяжелыми уродствами и личинок с нарушением осевого скелета. Именно этим, по-видимому, и определяется количество воспроизводимых вариантов по этим показателям. Из данных

табл. 2 видно, что отличия этих показателей, полученных в вариантах опыта, от показателей контроля можно считать случайными.

Таким образом, на основании результатов эксперимента можно сделать вывод, что инкубация икры вьюна в растворах смеси радионуклидов суммарной активностью до $n \cdot 10^{-6}$ Ки/л не приводит к увеличению количества погибшей икры и уродливых личинок, а также количества хромосомных aberrаций в клетках эмбрионов, и не влияет на скорость деления клеток.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Патин С. А., Печкуренок В. Л., Шеханова И. А. Кинетика и механизм аккумуляции плутония икрой вьюна.—«Радиобиология», 1971, т. 11, вып. 5, с. 742.

Печкуренок В. Л., Шеханова И. А., Телышева И. Г. Влияние малых доз хронического облучения на эмбриональное развитие рыб и правомерность различных способов его оценки.—«Вопросы ихтиологии», 1972, т. 12, вып. I (72), с. 84—93.

Печкуренок В. Л. Возникновение хромосомных aberrаций у личинок вьюна (*Misgurnus fossilis* L.), развивающихся в растворах стронция-90—иттрия-90 разной активности.—«Генетика», 1970, т. VI, № 10, с. 67—68.

Печкуренок В. Л., Шеханова И. А., Телышева И. Г. Результаты исследования влияния хронического воздействия разных концентраций радионуклидов на эмбриогенез рыб.—«Труды ВНИРО», 1972, т. LXXXV, с. 9—26.

Печкуренок В. Л. Влияние малых доз хронического облучения, создаваемого инкорпорированными Sr^{90} — Y^{90} и Pu^{239} на наследственный аппарат вьюна (*Misgurnus fossilis* L.) (в печати).

Шеханова И. А., Печкуренок В. Л. Накопление растворенного в воде Sr^{90} — Y^{90} и влияние его на эмбриональное развитие вьюна.—«Вопросы ихтиологии», 1968, т. 8, вып. 4 (51), с. 689—701.

Поликarpов Г. Г. Радиоэкология морских организмов. Атомиздат, 1964, с. 1—295.

Яржомбек А. А. Номограммы для быстрого определения 95% доверительных интервалов при альтернативном разнообразии. М., ВНИРО, 1971, с. 59—68.

Янко Я. Математико-статистические таблицы. М., Госстатиздат, 1961, с. 1—243.

SUMMARY

The eggs of loach were incubated in solutions of the mixture of strontium-90—yttrium-90, plutonium-239 and caesium-137 with the activities ranging from $n \cdot 10^{-10}$ to $n \cdot 10^{-6}$ curie/l. The effect of radiation was estimated by the number of dead eggs and deformed larvae, the value of the mitotic index and the number of aberrant anaphases in the tissues of one-day-old larvae. No noticeable difference was found in various experiments in terms of the indices as compared to the control sample. It may be concluded that the incubation of loach eggs in the mixed solutions of α , β and γ emitters with the activities of up to $n \cdot 10^{-6}$ curie/l brings about no noticeable changes in the embryonal development or acceleration in the somatic mutagenesis rate.