

УДК 577.472 : 539.16+597—13+597.581.1

О РАЗВИТИИ БЫЧКА-КРУГЛЯКА (*NEOGOBIVUS MELANOSTOMUS PALL.*) В РАСТВОРАХ РАДИОАКТИВНОГО КАЛЬЦИЯ

К. И. МОСКАЛЬКОВА

Работа представляет собой один из разделов комплексных исследований, осуществленных сотрудниками ВНИРО под руководством И. А. Шехановой с целью выявить влияние малых доз радиоактивных элементов на рыб в процессе эмбриогенеза. Опыты проводили в 1964—1965 гг. в Азовском море на косе Обиточной. Нашей задачей было описать ход развития бычка-кругляка в растворах радиоактивного кальция.

Предельно допустимой концентрацией в воде для радиоактивного кальция является $3 \cdot 10^{-9}$ кюри/л [2]. Концентрация его в опыте в одном варианте соответствовала предельно допустимой норме, в других — превышала ее в 100 и 10 000 раз.

Ca^{45} — мягкий β -излучатель с энергией 0,254 Мэв. В организме рыб радиоактивный кальций накапливается в незначительных количествах: коэффициент его накопления у взрослой морской рыбы равен 0,6 [4]. Можно ожидать, что у растущих рыб из-за более интенсивного обмена накопление активностей будет достигать более высоких показателей.

Поступая из воды, радиоактивный кальций не задерживается на оболочке икры, в незначительном количестве регистрируется в эмбрионе и перивителлиновой жидкости, 70—80% его концентрируется в желтке [7]. У молодых и взрослых рыб радиоактивный кальций локализуется главным образом в костях и чешуе [1, 4]. Выведение радиоизотопа из костной ткани протекает очень медленно. Период полураспада Ca^{45} 180 дней. В силу этого инкорпорированный радиоизотоп кальция может оказывать на организм значительное поражающее действие.

Опыт* проходил в полевых условиях. Икру, отложенную одной самкой бычка-кругляка, снимали пинцетом с субстрата (черепацы) и помещали в четыре чашки Петри по 240 шт. в каждую. В первой, контрольной, чашке было 100 см³ морской воды, в трех других — по 100 см³ раствора радиоактивного кальция активностью $5 \cdot 10^{-9}$; $5 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л. Ca^{45} применялся в форме хлористого кальция CaCl_2 . Растворы меняли 2—3 раза в сутки. Чашки, в которых инкубировалась икра, стояли на дне траншеи, вырытой в ракушечном грунте и сверху защищенной тентом. В начале опыта икра находилась на стадии бластулы. Опыт длился 20 дней — до момента выхода из оболочек всех бычков. Температура в опытных сосудах в течение периода инкубации колебалась от 15,5 до 27°С. Ежедневно отбирали мертвую икру, брали

* Выражаем искреннюю признательность И. А. Шехановой за предоставленную возможность осуществить эту работу и оказанную помощь.

пробы по 10—20 икринок из каждого варианта опыта и определяли количество нормальных и уродливых зародышей в пробе, затем просмотренную и описанную икру фиксировали.

РАЗВИТИЕ ИКРЫ БЫЧКА-КРУГЛЯКА В КОНТРОЛЕ

В начале опыта икра находилась на стадии бластулы, т. е. на III этапе развития [3]. В следующей пробе, взятой через 7 ч (температура 21—19°С), происходило формирование зародышевых пластов, бластодерма обросла на $\frac{2}{5}$ — $\frac{4}{5}$, поверхность желточного мешка — IV этап развития.

На второй день развития зародыши находились на V этапе, в течение которого происходит дифференцировка зачатков головного и туловищного отделов.

На третий день инкубации (температура 20—23°С) большая часть зародышей находилась на VI этапе развития. У них происходило формирование хвостового отдела, наблюдались первые сокращения мускулатуры туловища и сердца, в теле насчитывалось около 24 сегментов: 12 туловищных и 12 хвостовых.

На четвертый день развития (температура 16—20°С) одна часть зародышей находилась на VII этапе развития, характеризующемся безэритроцитарным характером кровообращения в сосудах подкишечно-желточной системы, другая часть — перешла на следующий, VIII этап развития. У них в кровяном русле появились первые, еще не окрашенные форменные элементы. Ток крови по спинной аорте доходил до 12-го хвостового сегмента.

С 5-го по 10-й день развития (температура 16—27°С) зародыши находились на VIII этапе развития. В крови у них появились эритроциты, постепенно кровь окрашивалась в красный цвет. Основным органом дыхания являлась поверхностная сеть сосудов подкишечной вены на желточном мешке. В начале этапа зародыши изменили свое положение под оболочкой, повернувшись головой к ее апикальному концу. Размер зародышей в течение этапа возрос с 3,3 до 4,8 мм. Голова выпрямилась. Глаза постепенно пигментировались, стали черными. Ротовая воронка прорвалась, и в конце этапа челюсти приобрели подвижность.

В возрасте 11—12 суток (температура 19,5—24,5°С) зародыши находились на IX этапе развития. Дыхательная сеть сосудов на желточном мешке образовывалась не подкишечной, а печеночной веной. Длина зародышей 5,0—5,1 мм. На трех жаберных дужках появились жаберные лепестки, заложилась опорные элементы в плавниках.

X этап развития затянулся у бычков на 8 суток (температура 15,5—25°С). За это время у них формируются плавники, устанавливается жаберный тип дыхания, происходит выклев. Длина бычков 5,5—6,9 мм.

Первые нормально развитые бычки вышли из оболочек в возрасте 15 суток, с общей длиной тела $L=5,8$ — $6,0$ мм, длиной без хвостового плавника $l=5,2$ мм. Последние бычки выклюнулись на 21-й день развития при $L=6,9$ мм, $l=5,9$ мм. У них имелись более развитые плавники.

За время инкубации в контроле были отмечены следующие виды уродств: несколько уплощенный задний конец туловища (III этап); уплощенная голова без зачатков глаз (IV этап); микроцефалия, сино-, микро- и анофтальмия, различная степень редукции органов обоняния и слуха, укороченное несегментированное туловище, искривленный,

Развитие бычка-кругляка в растворах радиоактивного кальция (опыт I)

Этап развития	Контроль				Концентрация $5 \cdot 10^{-9}$ кюри/л				Концентрация $5 \cdot 10^{-7}$ кюри/л				Концентрация $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л				
	число просмотренных эмбрионов																
	нормальных	уродливых	погибших	всего	нормальных	уродливых	погибших	всего	нормальных	уродливых	погибших	всего	нормальных	уродливых	погибших	всего	
III	15	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
IV	16	—	—	16	15	—	—	15	11	—	—	11	15	—	—	15	
V	11	4	—	15	13	1	—	14	8	6	—	14	8	6	—	14	
VI	13	3	—	16	12	1	—	13	15	6	1	22	12	7	7	26	
VII	18	2	—	20	12	4	1	17	28	6	—	34	11	20	1	32	
VIII	54	17	22	93	35	27	23	85	30	19	54	103	12	19—1в	72	104	
IX	12	—	13	25	11	3	14	28	3	6в	10	19	—	8в	20	28	
X	6—8в	6в	2	22	3—6в	2—25в	14	50	1—7в	2в	1	11	1в	—	—	1	
За время инкубации	шт.	153	32	37	222	107	63	52	222	105	45	66	216	59	61	100	220
	%	69	14,4	16,6	100	48,2	28,4	23,4	100	48,1	21	30,9	100	26,8	27,7	45,5	100

Примечание. Цифра с буквой здесь и в табл. 2 означает число выклюнувшихся эмбрионов.

иногда редуцированный хвост, оводнение перикардия, застои крови в различных участках тела, полная редукция кровеносной системы. В отдельных случаях зародыш имел вид бесформенного комочка, по бокам которого располагались пигментные пятна (VIII этап). До выклева такие зародыши не доживали. Бычки с менее значительными морфологическими дефектами выклевались на сутки раньше по сравнению с нормально развитыми, но и они, как правило, через 1—2 суток погибали.

В течение инкубации из контроля просмотрено 222 зародыша (табл. 1), из них нормальными были 153 (69%), уродливыми — 32 зародыша (14,4%). Отобрано мертвыми 37 икринок, что составляет 16,6% от всех инкубированных. Заметим, что эти цифры не могут абсолютно точно характеризовать количественную сторону процесса развития бычка-кругляка, но для относительной характеристики развития в разных концентрациях ими можно пользоваться.

РАЗВИТИЕ ИКРЫ БЫЧКА-КРУГЛЯКА В РАСТВОРЕ РАДИОАКТИВНОГО КАЛЬЦИЯ АКТИВНОСТЬЮ $5 \cdot 10^{-9}$ кюри/л

Зародыши I варианта опыта одновременно с контрольными прошли III, IV и V этапы развития. Когда зародыши находились на VI этапе, у некоторых из них было отмечено незначительное отставание по сравнению с контрольными — позже появились мышечные сокращения. У одного из 13 просмотренных зародышей наблюдалась циклопия, искривление хвостового отдела и водянка возле глаза.

VII этап развития протекал так же, как в контроле.

На VIII этапе развития у большинства зародышей по сравнению с контрольными отличий также не наблюдалось, лишь в начале этапа развитие их несколько задержалось. Но эмбрионов с морфологическими нарушениями было больше: из 87 просмотренных лишь 27 были нормально развитыми. Характер уродств был таким же, как в контроле, но нарушения были выражены сильнее. Почти треть зародышей имела вид уплощенного не дифференцированного бугорка.

На 11-й и 12-й день степень морфологической дифференцировки зародышей была такой же, как и у контрольных, — они находились на IX этапе развития. Но из 14 просмотренных зародышей три имели водянки в области перикардия и в полости тела между кишечником и желточным мешком.

Зародыши из этого варианта опыта прошли X этап развития в одни сроки с контрольными. Картины их выклева сходны. Нужно отметить только среди бычков, выклюнувшихся в растворе, большой процент уродов с редуцированными в разной степени глазами, туловищем, искривленными хвостами, водянками и кровоподтеками.

Всего за время инкубации просмотрено 222 зародыша, среди них нормальных было 107 зародышей (48,2%), уродливых — 63 зародыша (28,4%), мертвых — 52 зародыша (23,4%) (см. табл. 1).

РАЗВИТИЕ ИКРЫ БЫЧКА-КРУГЛЯКА В РАСТВОРЕ РАДИОАКТИВНОГО КАЛЬЦИЯ АКТИВНОСТЬЮ $5 \cdot 10^{-7}$ кюри/л

В первые дни зародыши развивались так же, как контрольные, но на V этапе наблюдался большой процент уродливых зародышей. По сравнению с двумя первыми вариантами опыта нарушения в строении зародышей были значительнее: туловище становится более плоским, голова деформируется. Один зародыш представлял собой нерасчлененный бугорок на поверхности желточного мешка.

На третий день развития 15 зародышей из 21 просмотренных, как и контрольные, находились на VI этапе развития; у трех зародышей были водянки на поверхности желточного мешка и в области перикардия и укороченный или изогнутый хвост; 3 зародыша имели вид овальных бугорков.

На четвертый день развития зародыши отличались от нормальных более слабо развитым кровообращением, ток крови у них прослеживался только до седьмого хвостового сегмента.

С 5-го по 10-й день зародыши, как и в контроле, находились на VIII этапе, но несколько отставали в развитии. Так, когда контрольные зародыши изменили положение под оболочкой, в растворе из 11 зародышей головой к апикальному концу оболочки повернулся лишь один. Отставало развитие кровеносной системы. Зародыши на протяжении всего этапа были на 0,3 мм короче контрольных. У них позже появилась подвижность челюстей. И на 12-е сутки инкубации, когда зародыши в контроле перешли на следующий, IX этап развития, большая часть опытных зародышей находилась на VIII этапе, отстав в развитии на сутки.

Из 49 просмотренных на VIII этапе развития зародышей нормальными оказались 30, а 19 были с большими морфологическими нарушениями. Чаще всего головной отдел был неправильной формы или редуцированный, с различными нарушениями органов чувств; туловище укорочено и уплощено или редуцировано в короткой, торчащий вертикально к поверхности желточного мешка хвост. За это время погибло 54 зародыша.

На IX этап развития часть зародышей перешла одновременно с контрольными, часть — днем позже, а те, у которых были водянки в предсердии, отстали по длине очень значительно. Закончился IX этап также на день позже. Выклев протекал, как в контроле, но закончился на день раньше. Всего во II варианте опыта инкубировано 216 зародышей, из них нормальных 105 (48,1%), уродливых — 45 (21%) и мертвых 66 (30,9%).

РАЗВИТИЕ ИКРЫ БЫЧКА-КРУГЛЯКА В РАСТВОРЕ РАДИОАКТИВНОГО КАЛЬЦИЯ АКТИВНОСТЬЮ $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л

На второй день инкубации из 14 зародышей, взятых из данного раствора, 8 по своему морфологическому строению не отличались от контрольных (V этап), у 3 зародышей было совершенно уплощенное, несегментированное туловище и незамкнутый бластопор, 3 зародыша имели вид плоских бугорков.

К третьему дню развития зародыши заметно отстали по уровню морфологической дифференцировки от зародышей, содержащихся в других растворах. У большинства из них хвост был более коротким, примерно с 9 сегментами. Сердечных и мышечных сокращений не наблюдалось. 7 зародышей погибли, у 7 были значительные морфологические нарушения. Так, один зародыш представлял собой голову с зачатком глаза и на некотором расстоянии от нее хвост, туловищный отдел отсутствовал. У других отмечалась микроцефалия, водянки, полное отсутствие дифференцировки.

На четвертый день развития из 15 просмотренных зародышей лишь у одного не было явных морфологических дефектов. По уровню развития кровеносной системы он отставал от зародышей из других вариантов опыта: кровь двигалась по спинной аорте только до начала хвостового отдела. Большинство зародышей имели сильно деформированное уплощенное туловище с уменьшенным головным отделом и несегментированным хвостом. Наблюдались случаи ацефалии и анофтальмии.

На пятый день инкубации зародыши еще находились на VII этапе развития, не изменив своего положения под оболочкой. Длина их равнялась 2—3 мм. Глаза не были пигментированы. Голова была мало выпрямлена. Гемоглобина в эритроцитах не содержалось, тока крови в хвостовой артерии не было. Лишь на следующий день, отстав от контрольных зародышей на 1—1,5 суток, они перешли на VIII этап развития, в течение которого произошел огромный отход икры (72 шт.), так что для наблюдения ее осталось очень мало.

Из 32 просмотренных 20 икринок были уродливыми. Нарушения были такими же, как в предыдущем варианте опыта. У нормальных зародышей VIII этап закончился на два дня позже, чем у контрольных, хотя среди них был один зародыш, перешедший на IX этап развития одновременно с контрольными при равной с ними длине (5 мм).

В конце этапа впервые в опыте выключился один эмбрион. В возрасте 12 суток он имел длину 3,5 мм и находился лишь в начале VIII этапа развития, глаза у него были разной величины.

На 13-й день развития много икры погибло (20 шт.) и 8 зародышей выключились — это были уроды чаще всего с круглой головой и сильно редуцированными глазами, открытым ртом или без него, уплощенным коротким туловищем и суживающимся к концу хвостовым отделом без плавниковой складки. Лишь один зародыш был без видимых отклонений от нормы. Он остался в оболочке и выключился на 20-й день развития при общей длине тела 6,8 мм, по своему строению и поведению не отличаясь от контрольных бычков.

За время инкубации в III варианте опыта просмотрено 220 зародышей, из них 59 были нормальными (26,8%), 61 зародыш оказался уродливым (27,7%) и 100 икринок погибли (45,5%).

Из приведенных результатов инкубации видно, что в опытах с растворами активностью $5 \cdot 10^{-9}$ кюри/л процесс развития эмбрионов нормального строения протекает в общем сходно с контрольным вариантом. Выклев также начинается и заканчивается одновременно.

В растворе концентрацией $5 \cdot 10^{-7}$ кюри/л развитие зародышей немного задерживается на VIII и IX этапах. Процесс выклева начинается одновременно с контролем, а заканчивается на сутки раньше.

В растворе концентрацией $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л у зародышей без видимых морфологических нарушений, начиная с VI этапа развития (возраст 3 суток), темпы развития начинают замедляться. Эмбрионы значительно мельче и слабее контрольных. Ко времени выклева в этом растворе осталась лишь одна живая икринка, остальные погибли. Этот единственный бычок был по строению и поведению вполне нормальным.

Отход в контроле был значительным — 31%, вероятно, в результате возможного травмирования икры при снятии ее с субстрата и большого колебания температуры в период инкубации. Но, сравнивая показатели отхода из контроля с опытными вариантами, видим, что общее количество уродливо развивающихся и погибших икринок возрастает с увеличением концентрации растворов радиоактивного кальция. Поскольку прочие условия опыта были одинаковыми, находим возможным отнести это за счет действия радиоактивности. Наиболее значительным был отход на VIII этапе развития, когда в эритроцитах крови появляется гемоглобин, составивший в III варианте опыта 69%, а в контроле — 23%.

Характер уродств был различным. Нарушения наблюдались как в отдельных системах органов, так и в целых отделах тела и часто приводили к их полной редукции. Степень развития уродств возрастает с увеличением концентрации раствора.

Все уродливые зародыши погибали: наиболее уродливые раньше, в оболочках; те, у которых отклонения от нормы были выражены слабее, оставались живыми дольше, значительная их часть преждевременно выклюнулась и погибла на первый-второй день после выклева; бычки с относительно небольшими морфологическими нарушениями выклевались одновременно с нормальными, на том же этапе, но также вскоре погибали. Так, мертвая икра в большом количестве раньше всего появилась в растворе активностью $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л и позже в контроле. Уродливо развитые эмбрионы выклевались в растворе концентрацией $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л также на день раньше, а выклев нормальных бычков раньше начинался в контроле и позже всего в растворе кальция активностью $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л.

Опыт II. Повторный опыт, проведенный в 1965 г., дал несколько иные результаты (табл. 2). Для каждого варианта опыта брали по 200 икринок на стадии бластулы. Испытуемые растворы были той же активности ($5 \cdot 10^{-9}$; $5 \cdot 10^{-7}$; $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л). Инкубация продолжалась 23 дня — на два дня дольше, чем в I опыте (температура 16—27°С). Мы стремились меньшее количество икры фиксировать на ранних этапах, с тем чтобы проследить за выклевом на более обширном материале.

По-видимому, икра в опыте 1965 г. была лучшего качества или условия инкубации были более благоприятными, поскольку процент нормально развившихся эмбрионов в контроле выше — 81,5 и число уродов незначительно — около 6% (табл. 2).

Во II опыте, начиная с бластулы до момента выклева, скорость развития бычков в контрольной чашке и в чашках, содержащих раствор Са ⁴⁵ активностью $5 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л, была одинаковой.

В растворе радиоактивного кальция концентрацией $5 \cdot 10^{-9}$ кюри/л на VI и VII этапах, когда у зародыша появляются первые мышечные сокращения, зародыши нормального строения несколько отстают в развитии от контрольных, они меньшей длины, прозрачнее. К концу эмбрионального развития эта разница нивелируется.

В этом же растворе ($5 \cdot 10^{-9}$ кюри/л) среди зародышей, просмотренных за время инкубации, отмечается наибольшее число эмбрионов с различными морфологическими дефектами. У уродов чаще всего наблюдается искривление позвоночника, тонкий, укороченный, изогнутый обычно в дорзальном направлении хвостовой отдел, циклопия, микро-, ано- и синофтальмия, нарушения в сердечно-сосудистой системе, в отдельных случаях — отсутствие туловищного и хвостового отделов.

Как ни серьезны морфологические нарушения, в целом они по сравнению с нарушениями, наблюдающимися в I опыте, менее значительны.

В отличие от I опыта число зародышей с морфологическими недостатками в контроле II опыта, в растворах активностью $5 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л невелико.

Характер уродств во всех вариантах опыта одинаков. Нарастания степени уродств с увеличением концентрации радиоактивного изотопа не наблюдалось.

В контроле массовый выклев бычков начался на 18-е сутки развития. В этот и последующие дни выклюнулось подавляющее большинство мальков (71% от всех выклюнувшихся). Закончился выклев на 22-е сутки развития. Правда, отдельные особи начали выходить из оболочек начиная с 13-го дня развития. Когда основная масса бычков перешла на последний, X этап развития, выклевающиеся были на предыдущем, IX этапе, отличались меньшей длиной и, как правило,

Развитие бычка-кругляка в растворах радиоактивного кальция (опыт II)

Этап развития	Контроль				Концентрация $5 \cdot 10^{-9}$ кюри/л				Концентрация $5 \cdot 10^{-7}$ кюри/л				Концентрация $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л				
	число просмотренных эмбрионов																
	нормальных	уродливых	погибших	всего	нормальных	уродливых	погибших	всего	нормальных	уродливых	погибших	всего	нормальных	уродливых	погибших	Всего	
V	7	1	10	18	8	1	12	21	9	—	4	13	10	—	7	17	
VI	8	—	2	10	5	2	4	11	7	1	9	17	5	1	5	11	
VII	9	1	1	11	7	—	3	10	10	—	—	10	10	—	2	12	
VIII	20	2	1	23	15	7	5	27	20	2	2	24	23	—	6	29	
IX	20	3в	—	23	15	5—1в	5	26	18	1в	2	21	21	1—7в	4	33	
X	8—67в	6в	2	83	2—39в	1—7в	4	53	8—53в	1—20в	20	102	3—60в	7—9в	32	111	
За время инкубации	шт.	141	11	21	173	91	27	33	151	129	20	38	187	132	25	58	215
	%	81	6,3	12,2	100	60,3	17,9	21,8	100	69	10,7	20,3	100	61,4	11,6	27	100

Примечание. Погибшую икру отбирали из всего сосуда.

погибали через 1—2 дня. Нужно отметить, что выклеывались они из чрезмерно растянутых и тонких оболочек.

В растворе активностью $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л процесс выклева протекал очень сходно.

В растворах с концентрацией Ca^{45} $5 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л число преждевременно выклюнувшихся мальков в 2 раза превышало их число в контроле и растворе активностью $5 \cdot 10^{-9}$ кюри/л. Массовый выклев начался одновременно с контролем, а закончился позже. (Спустя сутки после окончания выклева в первых двух вариантах опыта, в двух последних еще оставалось некоторое количество невыклюнувшихся мальков — соответственно 1 и 7 икринок). В этих же растворах ($5 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л) с начала массового выклева отмечался значительный отход икры. Бычки гибли в оболочках. Никаких морфологических недостатков при визуальном исследовании у них не наблюдалось. В результате отход на последнем этапе при выклеве составил: в контроле 13,4%, в растворе активностью $5 \cdot 10^{-9}$ кюри/л — 26%, в растворе активностью $5 \cdot 10^{-7}$ кюри/л — 40%, в растворе активностью $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л — 44%.

К сожалению, после выклева мы имели возможность наблюдать за бычками лишь в течение четырех дней. Отход в эти дни был незначительным, как и в опытах с другими радиоизотопами и видами рыб [5, 6], но число погибших мальков, инкубирующихся при концентрации $5 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л, в 2 раза превышает отход в контроле и растворе концентрацией $5 \cdot 10^{-9}$ кюри/л. Мальки из растворов концентрацией $5 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л в первые дни после выклева отличаются меньшей длиной.

ВЫВОДЫ

1. Растворы радиоактивного кальция концентрацией $5 \cdot 10^{-9}$; $5 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-5}$ кюри/л оказывают отрицательное действие на развитие эмбрионов бычка-кругляка.

2. Величина поражающего действия Ca^{45} возрастает с увеличением концентрации раствора. В одних случаях это выражается в замедлении скорости развития, в увеличении числа уродливо развитых и погибших зародышей и нарастании степени морфологических нарушений, в других — в увеличении отхода при выклеве и после него, в уменьшении линейных размеров выклюнувшихся мальков.

3. Во всем диапазоне изучавшихся концентраций и в контроле характер уродств одинаков — это искривление позвоночника, искривление и деформация хвостового отдела, циклопия, микро-, сино- и анофтальмия, нарушения сердечно-сосудистой системы, в отдельных случаях — отсутствие головного, туловищного или хвостового отдела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богдавленская М. П. Изучение кальциевого обмена с целью использования Ca^{45} в качестве метки для рыб. М., Изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
2. Закутинский Д. И., Парфенов Ю. Д., Селиванова Л. Н. Справочник по токсикологии радиоактивных изотопов. Медиздат, 1962.
3. Москалькова К. И. Эколого-морфологические особенности развития бычка-кругляка. Сб. «Морфо-экологический анализ рыб». Изд-во «Наука», 1967.
4. Поликарпов Г. Г. Радиоэкология морских организмов. Атомиздат, 1964.
5. Федорова Г. В. О действии C^{14} на развивающуюся икру и личинок пресноводных рыб. «Вопросы ихтиологии». Т. 4. Вып. 4 (33), 1964.
6. Федоров А. Ф., Подымахин В. Н., Шитенко Н. Т., Чумаченко В. В. Воздействие слабых радиоактивных загрязнений воды на развитие морской камбалы. «Вопросы ихтиологии». Т. 4. Вып. 3 (32), 1964.
7. Шеханова И. А. Аккумуляция и распределение растворенных в воде радиоизотопов в икре рыб в период эмбриогенеза. Настоящий сборник, 1970.