

ДЕЙСТВИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ РЫБ

В.Н. Иванов

Одна из многих задач современной океанографии - изучение роли и значения радиозэкологического фактора в жизни морей и океанов. Несомненный интерес представляют исследования по действию низких уровней радиоактивности внешней среды на эмбриональное развитие рыб.

Общеизвестен факт, что развивающиеся организмы более чувствительны к облучению, чем взрослые. Различие в дозах, приводящих к одинаковому эффекту, часто измеряется несколькими порядками величин. Например, для зиготы *Oncorhynchus kisutch*, в состоянии митоза LD_{50} составляет всего 16 р, тогда как для 3,5 месячных мальков чавычи она равна 2500-5000 р.

Показателями лучевого поражения развивающихся эмбрионов могут быть смертность, изменение срока развития икры, наличие у выклюнувшихся предличинки всевозможных морфологических аномалий, изменение линейных размеров предличинки, поломки хромосом делящихся клеток и т.д.

Очевидно, что возникновение всех этих повреждений эмбриогенеза рыб обуславливается разными дозами, проявляются они в течение развития икры или предличинки в разное время.

Доза, вызывающая мгновенную смерть эмбриона, в десятки и сотни тысяч раз больше дозы, вызывающей гибель в один из критических периодов эмбриогенеза. Действие малых доз чаще всего отражается на морфогенезе эмбриона, его размерах и т.д.

Мы экспериментировали с икрой следующих видов черноморских рыб: *Engraulis encrasicolus ponticus*, *Rhombus maeoticus*, *Trachurus mediterraneus ponticus*, *Trachinus draco*, *Scorpaena porcus*, *Uranoscopus scaber*, *Diplodus annularis*, *Mullus barbatus ponticus*, *Serranus scriba* и др.

Обнаружена статистически достоверная гибель икры черноморских рыб в растворах стронция-90 - иттрия-90 с концентрациями 10^{-8} - 10^{-7} кюри/л и выше и выклев предличинки с уродствами.

Уродства, возникающие у выклюнувшихся предличинки, могут быть самыми разнообразными: искривление позвоночника, микроцефализ, неправильное расположение желточного мешка, аномальная пигментация глаз и тела, водянка перикардия и т.д. Массовый промер выклюнувшихся предличинки позволил обнаружить, что с увеличением радиоактивности раствора длина как уродливых, так и нормальных на вид предличинки уменьшается. Зависимость линейных размеров предличинки от уровня радиоактивности раствора свидетельствует о связи длины уродливых предличинки с тяжестью радиационного поражения и о наличии скрытых лучевых повреждений у нормальных с виду предличинки. Эти повреждения не проявили себя в виде явных аномалий, но повлияли на интенсивность роста предличинки.

Представляло несомненный интерес сравнить чувствительность икры на различных стадиях развития к хроническому облучению от инкорпорированных источников. Такое исследование было проведено нами на икре камбалы-калкана. В различные сроки после оплодотворения /через 6, 30, 54, 78 и 102 ч/ от 150 до 300 икринок помещались в раствор церия-144, активностью 10^{-6} кюри/л. Количество погибших эмбрионов неуклонно снижалось в зависимости от времени инкубации икры в радиоактивном растворе. Из икры, помещенной в активный раствор на стадии дробления /16 ч после оплодотворения/, выклевываются предличинки, из которых 44,6% уродливых. Действие радиocerия, начиная со стадии формирования хвостовой почки, приводит к появлению аномалий только у 19,1% выклюнувшихся предличинки.

Необходимо отметить, что смертность икринок в растворе церия-144 незначительно отличается от контроля, если икра была помещена в опытный раствор через 102 или даже через 78 ч после оплодотворения. Следовательно, максимальный отход икринок происходит только тогда, когда икра инкубируется в растворе радионуклида с самых ранних, самых радиочувствительных стадий развития. Но неизбежно, чтобы в этом случае икра погибла в течение развития. Чаще всего это происходит в один из критических периодов эмбрионального развития. В наших экспериментах максимальный отход икры наблюдался в период выклева предличинки из икры. Однако процессы мор-

фогенеза реагируют на облучение не только в период дробления, гастрюляции и т.д., но и в течение всего периода эмбрионального развития. Если даже икра была помещена в радиоактивный раствор на стадии формирования хвостовой почки, то и тогда можно наблюдать повышенный, по сравнению с контролем, выклев предличинки с аномалиями.

Смертность икры в растворах стронция-90 - иттрия-90 увеличивается с повышением температуры инкубации икры. То же самое отмечается и для выклева предличинки со всевозможными морфологическими аномалиями. Инкубация икры при пониженной температуре ведет к некоторому смягчению или заторможению вредного действия ионизирующей радиации. При анализе хромосомного аппарата делящихся клеток эмбрионов, инкубируемых при разных уровнях радиоактивности среды, учитывается процент нарушенных митозов, т.е. процент ана- и телофаз, где наблюдаются мосты, фрагменты или другие нарушения морфологии делящихся клеток. На рис. 1 и 2 видна зависимость этих эффектов от концентрации стронция-90 - иттрия-90. В данном случае эксперименты проводились на икре черноморского ерша *Scorpaena porcus*.

С возрастанием уровня радиоактивности среды снижается митотическая активность клеток эмбрионов ерша, в то же время процент хромосомных aberrаций растет /таблица/. Анализируемые эффекты действия ионизирующей радиации достоверно отличаются от контроля уже в концентрации стронция-90 - иттрия-90 на 10^{-9} кюри/л. Типы хромосомных повреждений могут быть весьма разнообраз-

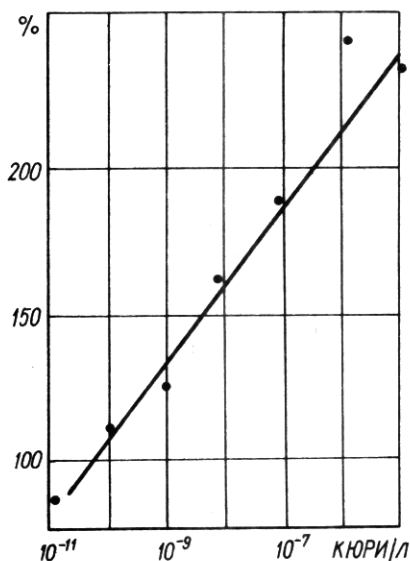


Рис.1. Зависимость количества аномальных митозов в эмбриональных тканях черноморского ерша от концентрации $Sr^{90} - Y^{90}$ /за 100% принято количество аномальных клеток в контрольных экспериментах/.

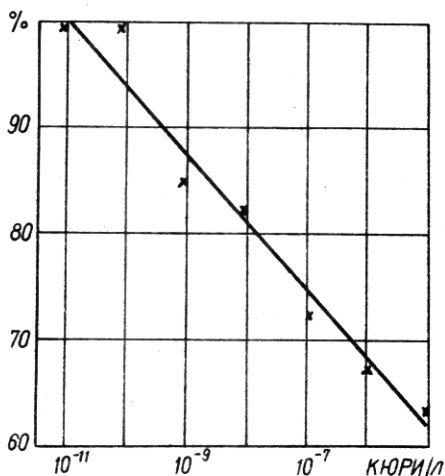


Рис.2. Снижение митотической активности клеток эмбрионов черноморского ерша в зависимости от концентрации Sr^{90} - Y^{90} /кюри/л/.

разны. Чаще всего обнаруживаются хромосомные и хроматидные мосты и фрагменты. С увеличением концентрации стронция-90 - иттрия-90 в опытных растворах увеличивается количество клеток, где можно наблюдать мост и фрагмент, чего не видно на контроле. При уровнях радиоактивности среды 10^{-6} - 10^{-5} кюри/л встречаются клетки, где картина митоза совершенно не типична: хромосомы не расходятся по полюсам, а сбивы в комок, некоторые из них лежат совершенно изолированно. Наблюдались многоплоидные клетки. Количественную /дозовую/ характеристику влияния

стронция-90, иттрия-90 и других радионуклидов на эмбриональное развитие рыб, очевидно, можно дать лишь учитывая способность развивающейся икры аккумулировать из морской воды растворенные в ней радионуклиды. Нами определены коэффициенты накопления икрой следующих радиоизотопов: Sr^{89} , Sr^{90} , Y^{90} , Y^{91} , Ru^{106} , Cs^{137} , Ce^{144} , Fe^{59} , Z^{35} и др.

По характеру накопления в икре рыб все изучавшиеся нами радионуклиды можно разделить на две группы: 1/ аккумулирующиеся, в основном, на поверхности икринок и 2/ локализирующиеся в тканях самого эмбриона. К первой принадлежат радионуклиды иттрия, церия, железа, ко второй - стронция и цезия. Коэффициенты накопления радионуклидов первой группы измеряются сотнями, второй - единицами.

За счет накопления радиоактивных веществ из окружающей среды увеличивается доза, поглощенная развивающимися в радиоактивном растворе эмбрионами. Повреждающее действие радиоактивных веществ

Действие ^{90}Sr - ^{90}Y на эмбриональные
митозы морского ерша

Концентрация, С/л	Общее количество про-см-трен-ных клеток	Митотическая актив-ность	Общее количество просмо-тренных ана- и телофаз	Количество абер-рантных митозов, %	Вероятность отклонения от контроля			
					митотическая активность		количество аберрантных митозов	
					t	P	t	P
Кон-троль	28000	5,4±0,07	3902	11,8±0,46	-	-	-	-
10^{-11}	17000	5,4±0,08	2283	10,7±0,61	0	1	1,4	0,2
10^{-10}	10000	5,4±0,12	1372	13,3±0,72	0	1	1,5	0,2
10^{-9}	28000	4,6±0,39	4278	15,1±0,45	5,53	0,01	5,08	0,01
10^{-8}	20000	4,4±0,10	3497	20,2±0,90	8,76	0,01	8,76	0,01
10^{-7}	23000	3,9±0,18	4224	22,2±0,71	16,7	0,01	12,4	0,01
10^{-6}	21000	3,6±0,18	3060	28,3±0,96	19,6	0,01	16,5	0,01
10^{-5}	25000	3,4±0,08	4019	27,2±0,82	19,6	0,01	16,7	0,01

начинает проявляться с более низких уровней загрязнения воды, чем можно было ожидать.

Результаты экспериментального изучения радиочувствительности развивающейся икры морских рыб в комплексе с другими разделами океанографических наук делают возможным реально оценить радиоэкологическое значение существующих и ожидаемых уровней загрязнения гидросферы радиоактивными веществами.