

ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ СЛАБЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ

А.Б.Бурлаков, О.В.Бурлакова, В.А.Голиченков

Биологический факультет Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова,
119899, Москва, Ленинские горы, МГУ, Биологический ф-т, д. 1,
корп. 12, Россия, E-MAIL: burlakovao@mail.ru

Все живые организмы независимо от уровня их организации представляют собой самоорганизующиеся системы, т.е. системы, которые без специфического влияния извне могут обретать пространственную, временную и функциональную структуру. Клетка (а тем более многоклеточный организм) представляет собой сложнейшую многоуровневую систему, на каждом уровне которой идут циклические соподчиненные процессы, синхронизация которых на различных подсистемных и системном уровнях обеспечивает жизнеспособность и прогрессивное развитие (дифференцировки и морфогенезы). Развитие организмов осуществляется через постоянное усложнение их организации, обеспечивающее прохождение определенных стадий и этапов развития (приобретение многоклеточности – дробление, образование многослойности с дифференцировками слоев, становление основной пространственной организации организма, дифференцировки тканей и органов, рост и развитие индивидуума до половозрелости, период размножения, затухание репродуктивной функции, старость, естественная смерть). Последовательное прохождение организмом определенных этапов развития определяет его биологическое время. Соотношение биологического и астрономического времени (продолжительность жизни) видоспецифично. Внутри видовой продолжительности жизни существует значительная индивидуальная вариабельность, определяемая в значительной степени условиями существования отдельных особей в окружающей среде.

Успехи биологических дисциплин в анализе и изучении практически всех уровней живой системы огромны – расшифрован генетический код, исследованы молекулярные основы обменных процессов и процессов специфических дифференцировок, механизмы гуморальной и нервной регуляции и т.д. Однако, вопрос о принципах интеграции разноуровневых процессов в единую систему является неизмеримо более сложным.

В настоящее время биология стоит на пороге исследования более глубокого уровня биологических систем – корпускулярно-волновой их организации. Само функционирование биосистемы как результат обмена биосигналами предполагает два взаимно коррелированных уровня этого обмена – вещественный (корпускулярный) и волновой. Вещественный уровень хорошо изучен (матричное копирование ДНК-РНК-белки, механизмы клеточной рецепции, перемещение и самосборка клеточных структур и пр.), а тесно связанный с ним волновой уровень практически не исследован.

Известно, что слабые (по интенсивности) физические излучения в широком спектральном диапазоне - от ультрафиолетовой до инфракрасной области - способны вызывать отклик у объектов различного уровня биологической организации в продолжение всего онтогенеза. Особенно эффективно низкоинтенсивное когерентное излучение (лазерное), обладающее многообразным биостимулирующим действием. Воздействия такого рода могут затрагивать уровень свободнорадикальных процессов в клетках, активность ряда ферментов, структуру мембран клеток и органелл и их проницаемость, процессы биосинтеза нуклеиновых кислот и белка, уровень окислительного фосфорилирования в клетках [1-4]. Несмотря на то, что проблемы первичных акцепторов лазерного излучения, а также механизмов поглощения и трансформации его энергии в биосистемах пока еще далеки от разрешения, получено достаточное количество экспериментального и клинического материала, свидетельствующего о возможности регуляции физиологического состояния биосистем путем лазерного воздействия. Низкоинтенсивное когерентное (лазерное) излучение в период раннего онтогенеза различных беспозвоночных и позвоночных животных в определенных дозах положительно влияет на последующую судьбу развивающихся особей, что проявляется как повышение выживаемости, ускорение и синхронизации развития.

Работу проводили на неоплодотворенных яйцеклетках вьюна *Misgurnus fossilis*, карпа *Cyprinus carpio*, русского осетра *Acipenser güldenstädti*, сибирского осетра *Acipenser baeri*, севрюги *Acipenser stellatus*. Икру перед облучением выдерживали до 24 ч во влажной камере при температуре 4-6° С для снижения ее рыбоводного качества (процента оплодотворения и выхода нормальных эмбрионов).

Облучение неоплодотворенной икры или спермы проводили однократно в пластиковых кюветах диаметром 10 мм. Источниками непрерывного видимого излучения служили аргоновый (514 нм) и гелий-неоновый (632,8 нм) лазеры. Для облучения в ультрафиолетовой области спектра использовали азотный лазер (337 нм) и ИК-лазер (860 нм), работавших в импульсном режиме. Продолжительность облучения в разных экспериментах составляла от 30 до 360 с. Плотность мощности падающего на объект светового потока регулировали в интервале 0,4-14 мВт/см² изменением фокусировки луча или при помощи нейтральных светофильтров. После облучения опытную и контрольные группы икринок оплодотворяли и инкубировали в чашках Петри при 18-19,5° С. В ходе инкубации определяли скорость развития, процент аномальных и погибших зародышей в группе, скорость вылупления. При наблюдении за ходом эмбрионального развития пользовались принятыми для этого вида таблицами нормального развития [5]. О росте зародышей судили по сырой массе тела и длине. Для измерений брали 3-4 выборки по 20-50 экземпляров из каждой экспериментальной или контрольной группы. Динамику развития отдельных систем отслеживали на гистологических срезах личинок и мальков. Все полученные данные обработаны статистически. Контролем служили особи, развивающиеся после оплодотворения необлученных порций тех же партий половых продуктов.

Эффект облучения зависел от физиологического состояния облучаемых яйцеклеток. В экспериментах с икрой высокого рыбоводного качества (свыше 80% оплодотворения) облучение светом гелий-неонового лазера в указанном диапазоне интенсивности не влияло на развитие зародышей. У икры исходно низкого или среднего рыбоводного качества в контроле процент оплодотворения был ниже 30 или ниже 60, соответственно, и ее инкубация заканчивалась вылуплением небольшого количества предличинок. Воздействие на такую икру красного света гелий-неонового лазера приводило к значительному увеличению процента оплодотворения и к определенной коррекции эмбрионального развития – наблюдали снижение смертности и числа аномально развивающихся зародышей; ускорение и синхронизацию эмбрионального развития, стимуляцию линейного и весового роста зародышей рыб. Таким образом, лазерное излучение оказывало как быстро проявляющееся, так и пролонгированное влияние. Оптимальный режим воздействия гелий-неоновым лазером: плотность мощности 7,2-7,8 мВт/см², время - 120-240 с. Облучение в том же режиме зародышей на разных стадиях развития после оплодотворения было практически мало эффективно, нестабильно и проявлялось только при облучении в определенные узкие временные сроки.

Анализ положительного пролонгированного эффекта облучения выявил следующие детали. Облучение икры рыб красным светом гелий-неонового лазера помимо повышения выживаемости приводило к ускорению эмбрионального развития по сравнению с контрольными группами. Этот эффект зависел от условий облучения и отмечался на разных этапах эмбриогенеза. Так, во время гастрюляции зародышей, полученных из икры, облученной красным светом с плотностью мощности 3,9 и 0,7 мВт/см², процесс эпиболии (обрастание поверхности желтка) протекал быстрее, чем в контроле при той же температуре: зародыши в опыте "обгоняли" контрольных на 2-3 стадии развития. В результате процесс обрастания заканчивался в опыте на 2-3 ч раньше. При большей интенсивности облучения (8,5 мВт/см²; 60 и 120 с) опережение составляло уже 3-4 стадии по сравнению с контролем. После облучения с плотность мощности 11,5 мВт/см² (60 и 120 с) расхождение между контрольными и опытными партиями икры было либо незначительным (на 1 стадию) либо отсутствовало. В отдельных опытах с икрой высокого рыбоводного качества при большой интенсивности (12-14 мВт/см²) наблюдался противоположный эффект – замедление эпиболии по сравнению с контролем на 1-2 стадии. Эффект ускорения эмбрионального развития наиболее ярко проявлялся при прохождении стадий органогенеза, когда различие между стадиями четко определяется по количеству пар туловищных сомитов. Красный свет с плотность мощности 2-7,5 мВт/см² достоверно ускорял развитие в период перехода к стадии начала мышечных сокращений (например, у вьюна в интервале между стадиями 27-28 и 32-33). Эффект зависел от дозы световой энергии: при дозах 0,01-0,1 Дж/см² не выявлено ускорения перехода зародышей к стадии начала мышечных сокращений, в то время как при более высоких дозах (0,94-1,0 Дж/см²) число эмбрионов, достигших этой стадии была в 2-3 раза больше, чем в контроле. Аналогичная закономерность отмечена при исследовании динамики появления туловищных сомитов. Облучение красным светом различной интенсивности (от 0,7 до 11,5 мВт/см²) в течение 120 с вызывало ускорение процесса сомитогенеза, находившееся в прямой зависимости от плотности мощности света в интервале 0,7-8,5 мВт/см² и снижавшееся при увеличении плотность мощности до 11,5 мВт/см². При других экспозициях облучения сомитогенез также протекал быстрее, чем в контроле. Опережение составляло 4-5 стадий при плотности мощности 0,7(120с); 3,9 и 11,5 (240 с) мВт/см²; 5-7 стадий при

3,9 и 11,5 (120 с) мВт/см² и 6-7 стадий при 8,5 (60 и 240 с) и 11,5 (60 с) мВт/см². При этом не наблюдалось прямой зависимости эффекта от времени, интенсивности или общей дозы лазерного облучения.

При инкубации икры, облученной перед оплодотворением зеленым светом аргонового лазера с интенсивностью 3-12,7 мВт/см² в течение 60-120 с, наблюдали незначительное ускорение эмбрионального развития лишь у единичных эмбрионов. Процесс гастрюляции в контрольных и опытных партиях икры происходил одновременно, тогда как в период сомитогенеза зародыши в опыте опережали контрольных на 1-2 стадии развития. При облучении икры с меньшей интенсивностью 0,6 мВт/см² в течение 30-120 с, наоборот, наблюдалась тенденция к замедлению процессов органогенеза.

Облучение икры синим светом азотного лазера с интенсивностью 0,13-0,68 мВт/см² в течение 30-120 с не влияло на скорость эмбрионального развития. При увеличении интенсивности светового потока до 2,6 мВт/см² в течение 60 с наблюдали незначительное ускорение эмбрионального развития по сравнению с контролем только примерно через 68-70 ч с момента оплодотворения: в эксперименте количество эмбрионов с обособившемся хвостовым отделом было на 40-50% больше, чем в контроле.

Помимо этого, облучение икры до оплодотворения влияло на общую продолжительность эмбрионального развития рыб и процесс вылупления. В контроле у выюна процесс вылупления растянут во времени более чем на 12 ч (от 116 до 130 ч инкубации при данной температуре). В разных партиях икры, облученной красным светом с разной экспозицией (0,6 мВт/см² в течение 30 с; 2,1 мВт/см² в течение 120 с; 7,8 мВт/см² в течение 120 или 240 с), процесс вылупления начинался раньше (99-110 ч инкубации) и происходил более синхронно. В отдельных опытах массовое вылупление нормальных предличинок происходило уже через 96 ч развития. У хрящевых рыб в облученных светом ИК-лазера группах вылупление также начиналось раньше, чем в контроле (например, у сибирского осетра на 5-6 часов) и продолжительность этого периода сокращалась в 2,5 раза (с 24 часов в контроле до 10 часов в облученных группах).

В табл. 1 приведены данные одного из опытов, свидетельствующие о том, что освещение неоплодотворенной икры выюна светом гелий-неонового лазера с интенсивностью 0,7; 3,9 и 8,5 мВт/см² в течение 60-120 с приводит к сокращению периода эмбриогенеза, тогда как высокие дозы облучения - 11,5 мВт/см² в течение 60-240 с не дают такого эффекта.

Табл.1. Темп вылупления предличинок выюна из икры, облученной до оплодотворения светом He-Ne-лазера.

Плотность мощности (мВт/см ²)	Время облучения (сек.)	Количество вылупившихся предличинок (% от исходного числа икринок в группе)		
		110-116 ч*	117-122 ч*	123-130 ч*
0 (контроль)		0	5,3±2,1	29,2±1,8
0,7	120	8,5±1,4	21,0±0,8	9,3±1,2
	240	11,4±0,7	23,9±1,7	8,1±2,2
3,9	120	12,0±2,6	31,0±2,3	6,0±1,3
	240	5,3±3,0	15,2±1,4	13,0±0,8
8,5	60	11,2±3,1	35,7±0,6	8,2±0,5
	120	3,5±1,2	20,3±1,2	10,0±1,0
	240	4,3±1,9	20,5±1,3	10,2±0,7
11,5	60	3,1±1,2	19,1±0,8	20,0±3,2
	120	2,5±1,5	4,4±3,0	26,2±5,1
	240	1,0±0,8	10,7±2,3	21,0±2,7

*- время инкубации с момента осеменения

Синее и зеленое излучение азотного и аргонового лазеров также способно при определенных условиях стимулировать эмбриональное развитие, однако в значительно меньшей степени, чем красное излучение гелий-неонового лазера.

Наиболее ярко все обнаруживаемые эффекты лазерного воздействия проявляются только при облучении неоплодотворенных яйцеклеток. Облучение в используемых нами дозах развивающихся яйцеклеток после оплодотворения на различных стадиях дробления, или на еще более поздних этапах развития (во время гастрюляции или органогенеза) значительно менее эффективно.

Полученные эффекты ускорения и синхронизации при облучении неоплодотворенной икры красным светом гелий-неонового лазера приводили в конечном итоге к интенсивному росту зародышей и после вылупления. Облучение икры вьюна в широком диапазоне интенсивности (от 3,9 до 11,5 мВт/см²) и длительности 60-240 с стимулировало линейный рост предличинок на 4-8%, а прирост массы - на 25-37%. Наиболее ярко выраженное увеличение линейного роста предличинок отмечалось при интенсивности облучения 7,2 мВт/см² в течение 240 с и 11,5 мВт/см² в течение 60 с. Наиболее ярко выраженное увеличение прироста массы тела - при интенсивности облучения 7,2 мВт/см² в течение 120 с, или при 8,5 мВт/см² в течение 60-120 с. При низкой интенсивности светового потока 0,4 мВт/см² облучение не приводило к увеличению длины и массы предличинок. Важно отметить тот факт, что стимуляция роста и увеличения массы предличинок была более четко выражена в опытах с икрой низкого рыбоводного качества, нежели с икрой среднего качества. При облучении икры высокого рыбоводного качества с интенсивностью от 7,2 до 14,1 мВт/см² и экспозицией в 120 с не выявлено достоверного различия в размерах контрольных и опытных предличинок. Эффект стимуляции ростовых процессов наблюдался в том же диапазоне характеристик облучения, который вызывал и повышение выживаемости эмбрионов. Длина и масса тела предличинок в опытах как с более низкими, так и более высокими дозами облучения значительно меньше отличались от контрольных.

Также наблюдали ускорение изменения весовых и линейных параметров личинок и мальков осетровых рыб в группах облученной икры среднего и плохого рыбоводного качества (рис.1)

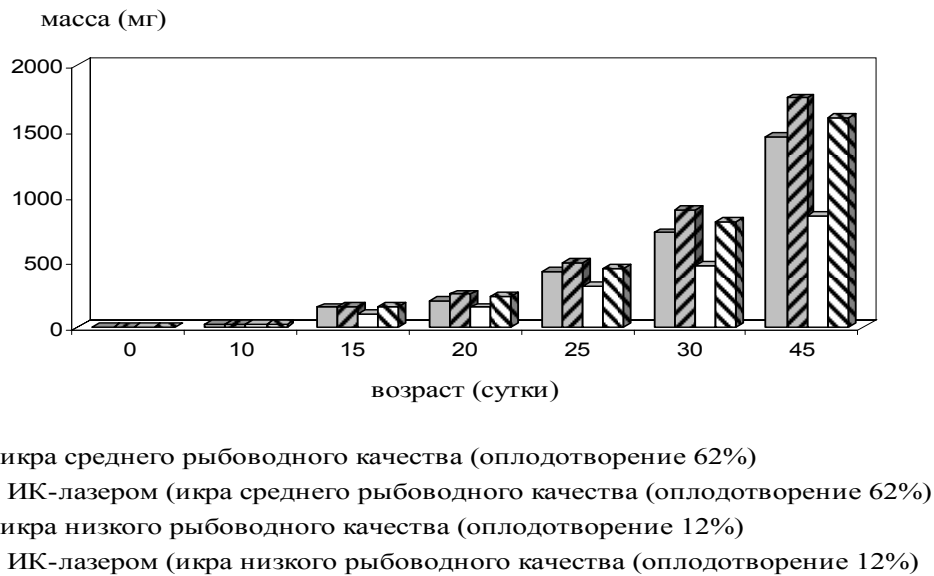


Рис.1. Влияние облучения икры севрюги ИК-лазером на последующий весовой рост молоди

Помимо ускорения роста, у особей, выращенных из облученной икры, выявили и ускорение развития. В частности, репродуктивная система у таких рыб была более дифференцирована, чем у молоди контрольных групп того же возраста (от момента вылупления). Сопоставляли степень анатомической (анатомические параметры гонады) и цитологической (состояние половых клеток в гонаде) дифференцировки (рис.2).

Гистологический анализ гонад самок стерляди, выращенных из необлученной и облученной светом ИК-лазера икры, показал, что и по количеству ооцитов на единицу площади поперечного среза гонады (рис.3А) и по среднему диаметру ооцитов (рис.3Б) самки контрольных групп значительно отставали от облученных.

Таким образом, кратковременное (несколько минут) воздействие низкоинтенсивным рентгеновским (лазерным) излучением на неоплодотворенную икру не только оказывало положительное биокорректирующее действие, проявляющееся непосредственно как увеличение жизнеспособности икры среднего и плохого рыбоводного качества (на 15-30%), но и ускоряло эмбриональное развитие такой икры. Такой эффект ускорения развития сохранялся и на последующих этапах онтогенеза, т.е. сокращалась продолжительность прохождения организмом последовательных фаз развития – по существу, изменялось индивидуальное биологическое время.

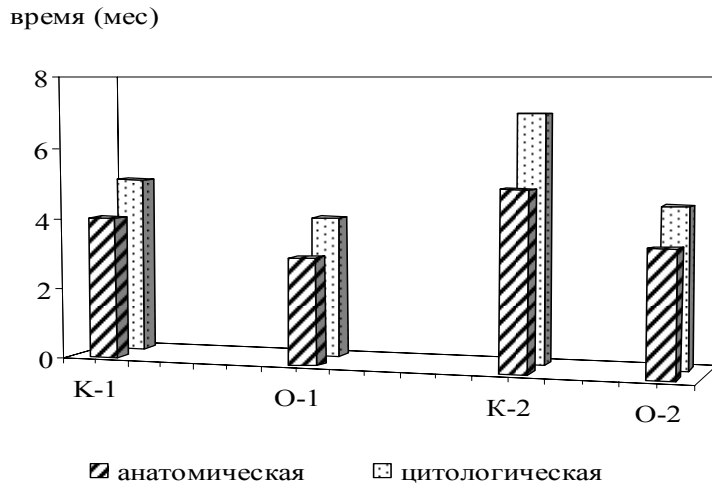


Рис.2. Влияние ИК-лазерного облучения неоплодотворенной икры стерляди на сроки начала дифференцировки половых желез. К-1 – контрольная группа, выращенная из икры среднего рыбоводного качества (60% оплодотворения); О-1 – группа, выращенная из облученной икры среднего рыбоводного качества; К-2 - контрольная группа, выращенная из икры низкого рыбоводного качества (12-15% оплодотворения); О-2 – группа, выращенная из облученной икры низкого рыбоводного качества.

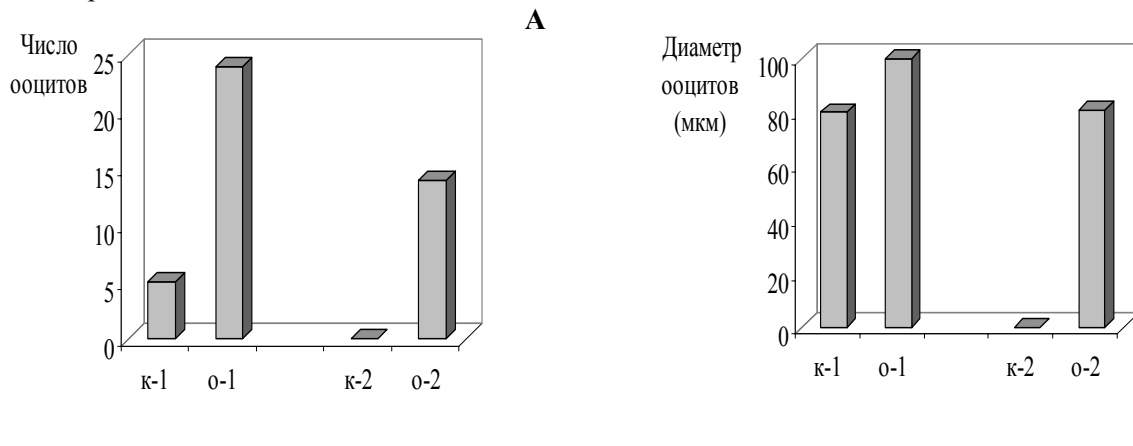


Рис.3. Состояние гонад у стерляди в возрасте 7 месяцев после ИК-лазерного облучения икры. А – число ооцитов на единицу площади поперечного среза гонады; Б – средний диаметр ооцитов. К-1 – контрольная группа, выращенная из икры среднего рыбоводного качества (60% оплодотворения); О-1 – группа, выращенная из облученной икры среднего рыбоводного качества; К-2 - контрольная группа, выращенная из икры низкого рыбоводного качества (12-15% оплодотворения); О-2 – группа, выращенная из облученной икры низкого рыбоводного качества.

С другой стороны, аналогичное действие на развивающиеся объекты могут оказывать и значительно более слабые излучения самих биосистем (имеющие также когерентный характер [6]), наглядно проявляющееся при их оптических контактах. Изменение параметров развития (темпов индивидуального развития зародышей в группе, синхронизации темпов развития) и явилось одним из критериев, которые позволили выявлять сверхслабые излучения по их биологическому действию [7].

Нами установлено, что содержание разновозрастных групп эмбрионов выюна в отдельных кварцевых кюветах при наличии только оптического контакта между группами приводит к изменениям параметров их дальнейшего развития по сравнению с контрольными группами. Такая биокоррекция развития может быть как положительной (ускорение и снижение числа аномально развивающихся зародышей по сравнению с контролем), так и отрицательной (замедление развития, увеличение числа аномальных зародышей, рост смертности). Эффект дистантного взаимодействия эмбрионов определяется прежде всего сочетанием определенных стадий эмбрионального развития взаимодействующих групп особей (доноров и акцепторов излучения). Определенный характер (паттерн) биофотонной эмиссии, как и определенная чувствительность воспринимающего излучение акцептора являются отражением процессов, развертывающихся в данный период времени в

определенной последовательности, обеспечивающей жизнедеятельность биологической системы. К коррекции развития приводят дистантные взаимодействия только разновозрастных эмбрионов – вероятно, излучение зародышей, не находя собственных воспринимающих систем, поглощается резонансными для этого излучения системами, имеющимися у зародышей другой стадии. Развитие биологического эффекта при межорганизменной волновой коррекции требует довольно значительного (не менее 8 часов) времени совместной инкубации. Биоизлучение является следствием активных перестроек молекулярных комплексов в процессе жизнедеятельности организма. Вероятно, для развития в организме-акцепторе процесса, вызванного поглощенным внешним биоизлучением, необходимо последовательное комплиментарное возбуждение структур, облегчающее развертывание именно “возбужденного” волновым воздействием процесса. В противном случае возбужденное состояние регулируется системой и не разворачивается в определенный морфогенетический процесс. В пользу волнового взаимодействия именно достаточно протяженных процессов в развивающихся системах свидетельствует то, что волновая биокоррекция наблюдается только у групп разновозрастных зародышей со сходными темпами развития (т.е. скоростью идущих в них процессов - собственным биологическим временем). Группы зародышей, темпы развития которых различаются, при волновом взаимодействии «не видят» друг друга [8].

Оптическое взаимодействие зародышей вьюна проводили по ранее разработанной схеме [9], помещая по 50 зародышей определенной стадии развития в полузакрытые кварцевые кюветы 10x10x40 мм наполовину заполненные водой. Кюветы размещали в закрытом металлическом контейнере: с экспериментальными оптически контактирующими зародышами – строго одна на другой; с контрольными группами зародышей соответствующих стадий – отдельно, экранируя друг от друга черной фотобумагой. Через 24 часа определяли стадии развития зародышей, число погибших и аномально развивающихся зародышей в каждой группе. Дальнейшую инкубацию эмбрионов и личинок вели в постоянных световых и температурных условиях (+18° С; 12Т:12С). Регистрировали время вылупления, через каждые 3 суток с начала эксперимента определяли размеры личинок каждой группы и по 3 особи фиксировали для гистологического контроля состояния основных звеньев репродуктивной системы (гипофиза и гонады). Срезы окрашивали реактивом Шиффа (PAS-реакция), паральдегид-фуксином по Гомори-Габу с докраской азановым методом по Гейденгайну и железным гематоксилином по Гейденгайну.

Оптическое взаимодействие разновозрастных зародышей вьюна стадий 10-19 (гаструляция) и 0-2 (начало дробления) приводит к ускоренному развитию младших и задержке развития эмбрионов старших групп, которое сохраняется затыем в течение всего эмбрионального развития и отражается на процессе вылупления. На рис. 4 отражена динамика вылупления зародышей старшей группы после 24х часового оптического контакта, наблюдаемое отставание в группе опытных животных составляет, в среднем, 6 часов.

Дальнейшие наблюдения за предличинками и личинками выявили различия в темпах пигментации и закладки элементов кровеносной системы только у особей старшей возрастной группы. На 6 день развития линейные размеры тела контрольных превышают таковые в опыте (рис. 5), объем и форма желточного мешка, характеризуют общее отставание в развитии особей после оптического контакта.

Дальнейшие наблюдения выявили различия в темпах пигментации и закладки элементов кровеносной системы. Появление подкишечных вен у вьюнов в контрольной группе отмечается на 7 день развития, тогда как в опытной группе с задержкой развития только на 9 сутки, отставание в развитии наблюдается и по закладке сердца, у особей после оптического контакта оформленный орган наблюдается только на 12 сутки развития, в контроле большая часть предличинок имели сердце уже к моменту 9 суток развития.

Пигментация предличинок в контрольной группе также начинается раньше – на 7-е сутки эмбрионы контрольных групп имеют пигментированные глаза и многочисленные меланофоры вдоль всего тела, в опытных группах этот процесс набирает ход только к 9-10 суткам развития. На 12 сутки у животных из контрольной группы заметно увеличены грудные плавники и размеры сердечной сумки по сравнению с таковыми в опыте. Ключевым маркером динамики постэмбрионального развития является становление основных звеньев репродуктивной системы (гипофиз и гонада). У вьюна в результате сравнительного гистохимического анализа, выявлено замедление темпов морфологической и цитологической дифференцировки гипофиза после оптического контакта. Появление первых ацидофильных клеток (соматотропоциты) в гипофизах особей опытной группы отмечено на 16-18 день (рис. 6), в контроле – 12-14 день; первые базофильные клетки (тиреотропоциты) у особей из опытной группы появляются на 23-25 день, в контроле - на 19-20 день.

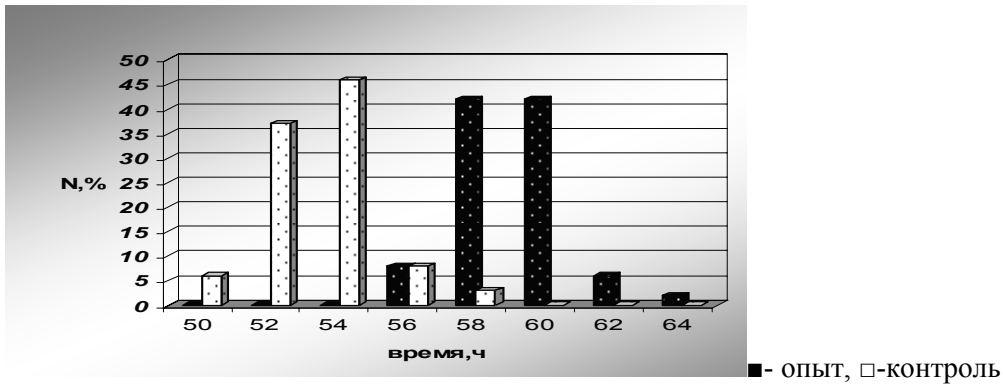


Рис.4 Динамика вылупления зародышей вьюна старшей группы после 24х часового оптического контакта групп эмбрионов вьюна, в начале взаимодействия находившихся, соответственно, на стадиях 12 (образование зародышевого щитка) и 1 (2 бластомера).

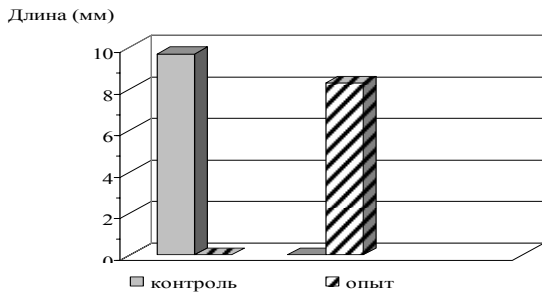


Рис.5 Линейные размеры предличинки вьюна старшей группы после 24х часового оптического контакта групп эмбрионов вьюна, в начале взаимодействия находившихся, соответственно, на стадиях 12 (образование зародышевого щитка) и 1 (2 бластомера).

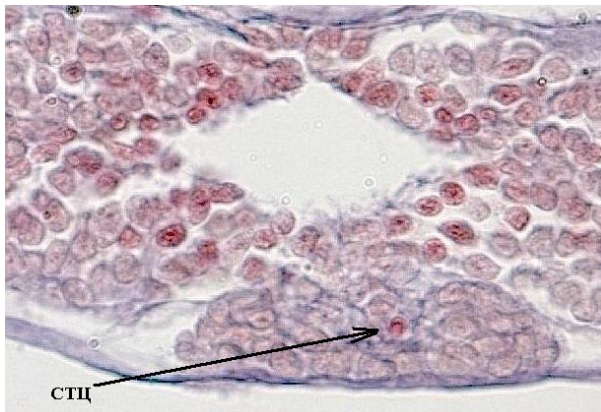


Рис.6 Цитодифференцировка гипофиза вьюна опытной группы на 17 день после вылупления, появление соматотропных клеток (СТЦ); азановый метод Гейденгайна, Поперечный срез. Об.100х; ок.10х

Задержка темпов развития затрагивает и скорость дифференцировки клеток полового ряда. Анализ состояния половых клеток в гонаде особей из опытных и контрольных групп выявил следующее: у зародышей в возрасте 10 суток доля полиморфноядерных клеток (рис. 7А) в опытной группе составляет 30-40% от общего количества гонотицитов (рис. 7Б), в контроле – 10-20%.

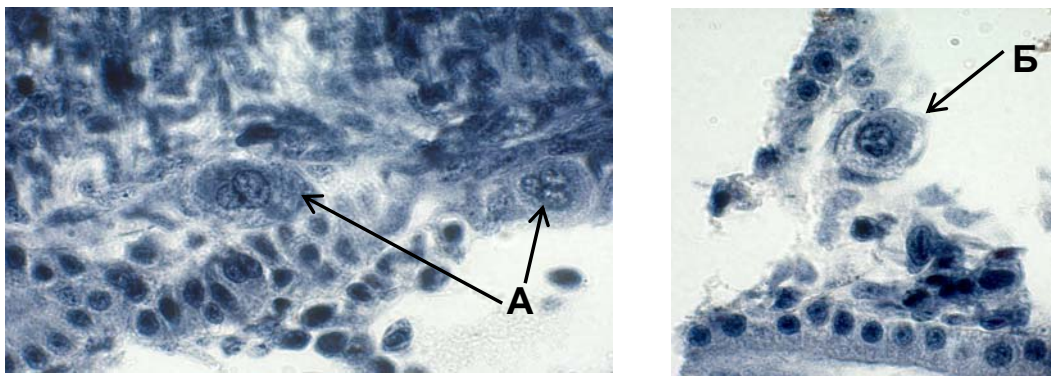


Рис.7. Вариабельность половых клеток в гонаде вьюна в возрасте 10 суток. А - полиморфноядерные, Б - с округлым ядром; окраска железным гематоксилином по Гейденгайну, поперечный срез. Об.100. ок.20х.

К моменту 20-22 суток у животных из опытной группы отмечается снижение количества гоноцитов по сравнению с контролем на 15-20% ($p \leq 0,05$). Таким образом, отсроченный эффект 24-х часовых оптических контактов зародышей вьюна наблюдается не только в процессе эмбриогенеза, но и в постэмбриональном развитии, что свидетельствует о возможности сверхслабых излучений влиять на процессы, определяющие индивидуальное биологическое время.

Известно, что у пойкилотермных животных развитие можно ускорить или замедлить, кратковременно повышая или понижая температуру среды, за счет регуляции интенсивности метаболизма. Однако, после снятия температурного воздействия, наблюдается компенсаторная реакция, способствующая восстановлению темпа развития. Эффекты как лазерного облучения, так и оптического контакта зародышей, могут сохраняться на протяжении последующего онтогенеза, проявляясь в изменении темпов вылупления, роста предличинок и личинок, становления основных звеньев репродуктивной системы (гипофиза, гонады), т.е. менять индивидуальное биологическое время животного – длительность прохождения этапов онтогенеза. Было установлено [10], что биологическое время по крайней мере на ранних этапах развития достаточно сходно у разных видов если его соотносить с длительностью прохождения первого митотического деления (τ_0). Кроме того, время образования сомита у разных видов также оказалось равно или кратно длительности τ_0 [11]. У пойкилотермных животных длительность развития зависит от температуры окружающей среды, причем, соотношение τ / τ_0 постоянно при определенной температуре для каждого вида и длительность биологического времени меняется пропорционально этой величине. Все это указывает на циклическую организацию, лежащую в основе биологического времени. Волновые воздействия вероятно, могут либо повышать степень синхронизации процессов в клетках организма, что приводит к ускорению темпов развития, по-видимому, за счет сокращения временных разбросов соподчиненных процессов, либо усиливать рассинхронизацию, что в физиологически допустимых пределах приводит к замедлению биологического времени, а при выходе за эту границу – к гибели организма в результате потери координации в работе отдельных подсистем (в норме это, вероятно, наблюдается в терминальной фазе старения). Следует отметить, что для низкоинтенсивного лазерного излучения эффект ускорения или замедления процессов развития зависел от дозы (время и интенсивность), а для сверхслабого биоизлучения – от подбора стадий развития контактирующих животных, т.е. от стадиоспецифичности.

Авторы выражают благодарность О.В.Аверьяновой, А.А.Медведевой, В.З.Пашенко, О.Г.Полужковой, В.Я.Пушкарю и В.Б.Тусову за помощь в проведении экспериментов, а также РФФИ за финансовую поддержку исследований (грантом РФФИ № 08-04-00919).

Литература

1. Байбеков И.М., Байбекова М.И. Клеточные основы лазерных воздействий на биоткани. – Лазер и здоровье-99. Материалы международного конгресса, М., 1999, с.422-423.
2. Бриль Г.Е. Новые данные о первичных акцепторах и молекулярных механизмах биологического действия низкоинтенсивного лазерного излучения. - Лазер и здоровье-99. Материалы международного конгресса, М., 1999, с.429-430.
3. Клебанов Г.И. Молекулярно-клеточные механизмы лазеротерапии. Лазер и здоровье-99. Материалы международного конгресса, М., 1999, с.451-452.
4. Мелехова О.П. Способ определения действующей дозы электромагнитного излучения на эмбрионах водных животных. - Заявка N 93002686/14 (0066). 1994.
5. Объекты биологии развития. М.: «Наука», 1975, 579 с.
6. Popp F.-A. Coherent photon storage of biological systems //Electromagnetic Bioinformation (eds. Popp F.-A.) Munchen, 2 ed., Urbun und Schwarzenbera. 1989. P.144-168.
7. Бурлаков А.Б., Бурлакова О.В., Голиченков В.А. Дистантные межклеточные взаимодействия в раннем эмбриогенезе вьюна *Misgurnus fossilis L.* // Онтогенез. 2000. Т. 31. № 5. С. 343-349.
8. Доронина Н.Ю., Бурлакова О.В., Бурлаков А.Б., Голиченков В.А. 2002. Темпы развития зародышей вьюна *Misgurnus fossilis L.* и проявление дистантных взаимовлияний в раннем онтогенезе // ДАН, т.384, N1, с. 136-138.
9. Бурлаков А.Б., Бурлакова О.В., Голиченков В.А. Дистантные взаимодействия разновозрастных эмбрионов вьюна. // ДАН. 1999. Т. 368. № 4. С. 562-564.
10. Детлаф Т.А. Единица измерения биологического времени τ_0 и τ_s при использовании метода относительной характеристики развития животных // Онтогенез. 1990. Т.21., №6, С.646-652.
11. Доронин Ю.К., Голиченков В.А. 2006. Временной модуль онтогенеза. М.: Изд-во МГУ, 116 с.