

2002. – 783 с.

10. Калашников, А. П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справ. пособие / А. П. Калашников, Н. И. Клейменов, В. Н. Баканов ; под ред. А. П. Калашникова, Н. И. Клейменова. – М. : Агропромиздат, 1985. – 352 с.

(поступила 8.02.2008 г.)

УДК 639.303.45:535.21

М.В. ШАЛАК¹, Н.В. БАРУЛИН¹, В.Ю. ПЛАВСКИЙ²

РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ АКВАКУЛЬТУРЫ ОСЕТРОВЫХ

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

²ГНУ «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси»

Введение. Низкоинтенсивное лазерное излучение широко используется в настоящее время в практической медицине в качестве эффективного лечебного и профилактического средства. Актуальность использования НИЛИ обусловлена тем, что небольших доз излучения достаточно для получения выраженной ответной реакции живой клетки, ткани и всего организма [1]. Первые исследования по использованию НИЛИ в животноводстве были выполнены более 30-ти лет назад [2]. Также проведены исследования по применению НИЛИ в рыбоводстве. Определены оптимальные дозы облучения для карповых, выюновых и осетровых рыб, которые способны вызывать стимуляцию различных процессов жизнедеятельности [3, 4, 5, 6]. Однако попытки использования лазерного излучения красной области спектра (гелий-неоновый лазер, $\lambda = 632,8$ нм) в рыбоводстве показали, что его воздействие на икру осетра и сеuryги оказывает (в зависимости от дозовой нагрузки и стадии эмбрионального развития) либо слабо выраженное стимулирующее влияние на выживаемость и жизнеспособность мальков и их размерно-весовые показатели, либо действие на эмбриогенез рыб имеет негативный характер [4]. Вместе с тем, бурное развитие лазерной техники, обеспечивающей получение излучения в широком диапазоне длин волн, интенсивностей и режимов воздействия, открывают новые горизонты для исследователей [7].

Цель работы – исследование влияния лазерного излучения ближней инфракрасной области спектра ($\lambda = 0,81 \pm 0,02$ мкм; $P = 2,9 \pm 0,2$ мВт/см²) на рыбоводно-биологические характеристики личинок и мо-

лоди осетровых рыб на различных этапах постэмбрионального развития.

Материалы и методика исследований. Воздействие поляризованным лазерным излучением инфракрасной области спектра ($\lambda = 0,81 \pm 0,02$ мкм) осуществлялось на 24 стадии эмбрионального развития [8] с помощью аппарата лазерного терапевтического «Сенс 815», созданного в Институте физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси на базе полупроводникового лазера [7]. Технические характеристики аппарата «Сенс 815» обеспечивали возможность воздействия лазерным излучением в непрерывном и модулированном режимах при частоте модуляции $F = 1; 2; 5; 10; 50$ Гц. Плотность мощности составляла $P = 2,9 \pm 0,2$ мВт/см². Выбор данной плотности мощности обусловлен результатами, полученными в работах [3, 9, 10], согласно которым $P = 2,9 \pm 0,2$ мВт/см² является наиболее оптимальной. Контроль над выживаемостью и размерно-весовыми показателями осуществлялся на стадиях выклева, перехода на активное питание, 50-ти суток с момента выклева. Для каждого показателя определяли величину стимулирующего действия лазерного излучения $\psi = ([Z]_o/[Z]_k) \times 100\%$, $[Z]_k$ – размерно-весовые показатели личинок и молоди возвратного гибрида бестера, эмбрионы которых не подвергались воздействию лазерным излучением, т. е. контрольная группа; $[Z]_o$ – размерно-весовые показатели личинок и молоди возвратного гибрида бестера, эмбрионы которых на стадии органогенеза подвергались воздействию поляризованным лазерным излучением инфракрасной области спектра, т. е. опытная группа.

Регистрацию спектров поглощения синтетического DOPA-меланина (производства Sigma) проводили на спектрофотометре Specord M40 UV VIS (Carl Zeiss, Германия) при физиологических значениях pH в стандартных спектрофотометрических кюветах. Вследствие плохой растворимости пигмента предварительно его вносили в раствор КОН (~pH 11), затем указанный раствор титровали соляной кислотой до конечного значения pH 7,3.

Результаты исследований и их обсуждение. Спектр поглощения водного раствора меланина, придающего черную окраску икры осетровых рыб, при pH 7,3 представлен на рис. 1. Как следует из рисунка, оптическая плотность раствора монотонно падает по мере увеличения длины волны в диапазоне 300-800 нм и в области ~800 нм экранирующее действие меланина является минимальным.

Учитывая слабое экранирующее действие меланина в ближней ИК-области спектра и выраженную биологическую активность лазерного излучения в указанном диапазоне, можно ожидать, что лазерное излучение с $\lambda = 0,81 \pm 0,02$ мкм способно оказывать заметное влияние на эмбриональное развитие осетровых рыб.

Проведенные исследования показали, что воздействие на эмбрионы осетровых рыб на этапе органогенеза (стадия появления глазных выростов и утолщения переднего конца выделительной системы) поляризованным лазерным излучением инфракрасной области спектра с длиной волны $\lambda = 0,81 \pm 0,02$ мкм и плотностью мощности $P = 2,9 \pm 0,2$ мВт/см² в определенном интервале интенсивностей и доз (времен облучения) оказывает различное стимулирующее влияние на личинки и молодь осетровых в зависимости от периода постэмбрионального развития.

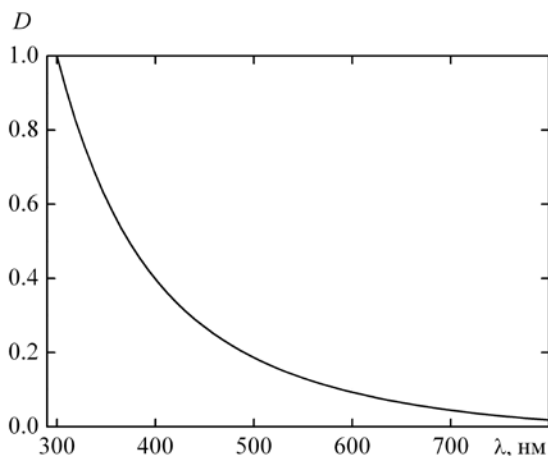


Рис. 1. – Спектр поглощения водного раствора меланина

На стадии выклева, максимальное увеличение выживаемости личинок возвратного гибрида бестера вызвало воздействие инфракрасным излучением с частотой модуляции $F = 50$ Гц в экспозиции $t = 60$ с и составило $90,8 \pm 3,1$ % (в контрольной группе $71,4 \pm 1,0$ %). Для всех других доз воздействия при частоте модуляции $F = 50$ Гц наблюдалось менее выраженные ($73,2$ - $81,1$ %) эффекты. Увеличение выживаемости личинок осетровых рыб на стадии выклева наблюдается и при других режимах и дозах воздействия. Показатели выживаемости личинок и молоди возвратного гибрида бестера на различных этапах постэмбрионального развития, эмбрионы которых на 24 стадии эмбрионального развития подвергались (опытные группы) или не подвергались (контрольная группа) воздействию поляризованным лазерным излучением инфракрасной области спектра ($\lambda = 0,81 \pm 0,02$ мкм, $P = 2,9 \pm 0,2$ мВт/см²) представлены в таблице 1.

Согласно данным по возрастной динамике жизнестойкости молоди осетровых, в период ее заводского выращивания, динамике формиро-

вания условнорефлекторной деятельности и поведенческой реакции, обоснован возрастной стандарт молодки, выпускаемый осетровыми заводами. Для осетров это 40-50 дней. Поэтому указанная стадия является приоритетной при комплексной оценке рыбопосадочного материала и эффективности технологии подращивания. Нами была исследована стандартная заводская 50-ти дневная молодка возвратного гибрида бестера.

Таблица 1 – Параметры низкоинтенсивного поляризованного лазерного излучения инфракрасной области спектра

Частота модуляции, F	Время облучения, с	Выживаемость, %		
		Выклев	Переход на активное питание	50 дней
Контроль F = 0 Гц	0	71,4±1,0	89,5±1,8	90,5±1,7
	60	81,2±2,3	94,7±0,4	96,4±1,4
F = 1 Гц	180	72,4±2,1	87,2±0,7	96,4±0,9
	300	73,3±3,5	87,4±0,8	95,5±1,0
F = 2 Гц	180	78,4±2,6	88,7±0,9	92,4±1,0
	300	76,4±4,9	92,7±1,9	93,4±0,5
F = 5 Гц	180	80,7±3,9	91,9±3,0	94,6±1,2
	300	72,6±0,6	86,0±0,5	97,0±1,4
F = 10 Гц	300	80,6±3,6	92,9±3,8	90,3±1,5
	600	78,1±4,6	94,3±1,2	91,5±1,3
F = 50 Гц	30	80,6±0,6	88,4±0,6	93,5±1,8
	60	90,8±3,1	86,0±0,1	98,3±0,7
	90	81,1±1,6	89,2±0,8	96,0±1,8

Рыбоводно-биологическая характеристика 50-дневной молодки, эмбрионы которой на стадии органогенеза подвергались (опытные группы) и не подвергались (контрольная группа) воздействию поляризованным лазерным излучением инфракрасной области спектра ($\lambda = 0,81 \pm 0,02$ мкм, $P = 2,9 \pm 0,2$ мВт/см²), представлена в таблице 2 и на рисунке 2. Число наблюдений $n = 140$ экземпляра. Следует отметить, что результаты выживаемости представлены в период от 30 до 50 суток.

Из представленных данных (табл. 2) следует, что облучение эмбрионов осетровых рыб на этапе органогенеза приводит к значительному увеличению размерно-весовых показателей 50-дневной молодки. Так, если в контрольной группе (необлученной) группа средняя масса 50-дневной молодки составила $566,3 \pm 9,5$ мг, средняя длина – $47,0 \pm 0,5$ мм, то для группы рыб, эмбрионы которой подвергались воздействию модулированного лазерного излучения ($F = 50$ Гц) с длиной волны $\lambda =$

0,81±0,02 мкм плотностью мощности $P = 2,9±0,2$ мВт/см² в течении $t = 60$ с, средняя масса = 1108,3±18,1 мг и средняя длина = 61,5±1,0 мм – достоверность отличий от контроля $P < 0,001$.

Таблица 2 – Параметры низкоинтенсивного поляризованного лазерного излучения инфракрасной области спектра

Частота модуляции, F	Время облучения, с	Средняя масса W		Средняя длина L	
		M±m, мг	ψ, %	M±m, мм	ψ, %
Контроль	0	566,3±9,5	100	47,0±0,5	100
F = 0 Гц	60	881,1±13,6***	155,6±2,4***	58,8±0,5***	125,1±1,0***
F = 1 Гц	180	638,5±11,1***	112,7±2,0***	52,0±0,3***	110,7±0,6***
	300	540,8±8,4*	95,5±1,5*	46,0±0,3	97,9±0,5
F = 2 Гц	30	571,4±9,7	100,9±1,7	47,4±0,3	100,8±0,6
	300	699,8±17,1***	123,6±3,0***	56,7±0,3***	120,7±0,7***
F = 5 Гц	300	662,7±13,1***	117,0±2,3***	53,5±0,4***	113,9±1,0***
F = 10 Гц	180	540,8±8,4*	95,5±1,5*	45,2±0,3**	96,1±0,6**
	300	651,6±13,9***	115,1±2,5***	52,9±0,3***	112,5±0,6***
F = 50 Гц	60	1108,3±18,1***	195,7±3,2***	61,5±1,0***	130,9±2,0***

Звездочками отмечены достоверные отличия от контроля: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$.

Отметим, что при воздействии непрерывного лазерного излучения с теми же параметрами ($\lambda = 0,81±0,02$ мкм, $P = 2,9±0,2$ мВт/см²) максимальное отличие от контроля наблюдается также при $t = 60$ с. В данном варианте воздействия $W = 881,1±13,6$ мг и $L = 58,8±0,5$ мм. Величина стимулирующего действия во всех группах превышает контроль. Исключение составили группы, F = 1 Гц (30 с, 60 с, 300 с) и F = 10 Гц (180 с).

Таким образом, представленные данные свидетельствуют, что воздействие поляризованным лазерным излучением как в непрерывном, так и модулированном режимах на эмбрионы осетровых на этапе органогенеза обеспечивает повышение выживаемости и размерно-весовых показателей 50-ти дневной молоди возвратного гибрида бестера. Как показали измерения (рис. 2) при варьировании различных параметров излучения данной длины волны, модулированное воздействие F = 50

Гц с $P = 2,9 \pm 0,2$ мВт/см², $t = 60$ с является оптимальным для повышения рыбоводно-биологических характеристик стандартной молоди осетровых рыб. Увеличение или уменьшение времени воздействия в модулированном режиме ($F = 50$ Гц) приводит к снижению величины стимуляции (например, рис. 2, кривая 6).

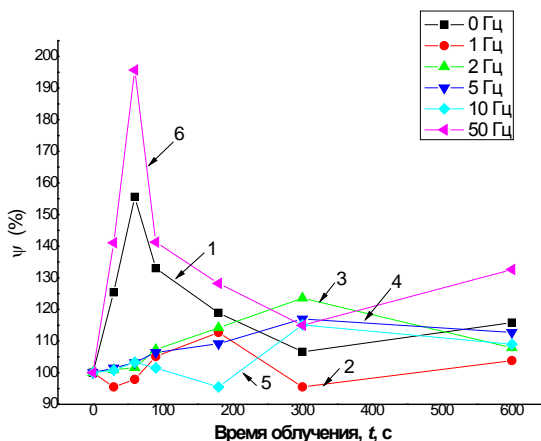


Рис. 2. Влияние инфракрасного излучения на массу 50-суточной молоди осетровых рыб

Заключение. Результаты, полученные в настоящей работе, свидетельствуют о способности лазерного излучения ближней инфракрасной области спектра ($\lambda = 0,81 \pm 0,02$ мкм), соответствующего так называемому «окну прозрачности биологических тканей», оказывать выраженное влияние на рыбоводно-биологические характеристики личинок и молоди осетровых рыб при кратковременном воздействии излучения на оплодотворенную икру. Параметрами, определяющими эффективность влияния, являются плотность мощности воздействующего излучения и длительность экспозиции, а также частота модуляции излучения. При этом формулу лазерного воздействия $\lambda = 0,81 \pm 0,02$ мкм, $P = 2,9 \pm 0,2$ мВт/см², $F = 50$ Гц, $t = 60$ с, на 24-й стадии эмбрионального развития можно рекомендовать в качестве наиболее благоприятной, для применения НИЛИ в технологии аквакультуры осетровых рыб.

Литература

1. Водянова, Т. В. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения для коррекции цитокинового баланса и активности фагоцитоза возбудителей внутрибольничных инфекций : автореф. дисс. ... канд. мед. наук : 03.00.02; 14.00.36 / Водянова Т. В. ; Саратовский гос. мед. ун-т. – Саратов, 2007. – 23 с.
2. Влияние света гелий – неоновго лазера на рост куриного эмбриона и цыплят /

Н. В. Михайлова [и др.] // Ученые записи Казанского вет. ин-та им. Баумана. – Казань, 1977. – Т. 128. – С. 104-108.

3. Магомедова, У. Г.-Г. Исследование влияния лазерного облучения на морфометрические и биохимические показатели в процессе развития рыб : дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Магомедова У.Г.-Г. – Махачкала, 2004. – 171 с.

4. Узденский, А. Б. Исследование влияния лазерного излучения на икру и личинок осетровых рыб / А. Б. Узденский, О. Ю. Воробьева // Журн. эволюц. биохим. фициол. – 1992. – Т. 28, № 3. – С. 329-336.

5. Исследование влияния лазерного излучения на раннее развитие вьюна / О. В. Аверьянова [и др.] // Вестник Моск. гос. ун-та. Сер.16, Биология. – 1991. – № 1. – С. 34-39.

6. Любичкая, А. И. Влияние различных участков видимой части спектра на стадии развития эмбрионов и личинок рыб / А. И. Любичкая // Зоол. журнал. – 1956. – Т. 35. – С. 1873-1886.

7. Apparatus for low-level laser therapy: modern status and development trends / V. Y. Plavskii [et al.] // Journal of optical technology. – 2007. – Vol. 74, № 4. – P. 246-257.

8. Детлаф, Т. А. Зародышевое развитие осетровых рыб (севрюги, осетра и белуги в связи с вопросами их разведения) / Т. А. Детлаф, А. С. Гинзбург. – М. : АН СССР, 1954. – 216 с.

9. Влияние лазерного облучения инфракрасной области спектра на устойчивость к дефициту кислорода молоди осетровых рыб / Н. В. Барулин [и др.] // Вестник Белорус. гос. с.-х. академии. – 2007. – № 3. – С. 89-92.

10. Влияние лазерного облучения инфракрасной области спектра на терморезистентность молоди осетровых рыб / Н. В. Барулин [и др.] // Вестник Бел. гос. с.-х. академии. – 2007. – № 4. – С. 75-78.

(поступила 04.03.2008 г.)