

**РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ  
ИНТЕНСИВНОСТИ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ  
ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ  
*ONCORHYNCHUS MYKISS (SALMONIDAE)*  
В АКВАКУЛЬТУРЕ**

М. С. ЛИМАН<sup>1,2</sup>, Н. В. БАРУЛИН<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
ул. Мичурина 5, 213407, г. Горки Могилевской области, Беларусь,  
barulin@list.ru*

<sup>2</sup>*Национальный центр продовольствия, г. Абуджа, Нигерия*

**FISH-BIOLOGICAL RATIONALE FOR THE USE  
OF LOW-INTENSITY OPTICAL RADIATION  
IN THE TECHNOLOGY OF GROWING THE STOCKING  
MATERIAL OF RAINBOW TROUT *ONCORHYNCHUS MYKISS*  
(*SALMONIDAE*) IN AQUACULTURE**

M. S. LIMAN<sup>1,2</sup>, N. V. BARULIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Belarusian State Agricultural Academy,  
5 Michurina Str. 5, 213407, Gorki, Mogilev region, Belarus,  
e-mail: barulin@list.ru*

<sup>2</sup>*National Productivity Centre, Abuja, Nigeria*

**Аннотация.** Впервые установлено, что стимулирующий эффект оптического излучения низкой интенсивности на объекты аквакультуры (радужная форель) зависит от кратности воздействия и температурного режима, при которых осуществляется воздействие и инкубация эмбрионов. Доказано, что биологический эффект на эмбрионы и личинки радужной форели может оказывать поляризованное излучение как полупроводникового лазера, так и поляризованное излучение светодиодного источника, степень когерентности которого почти в 10 раз меньше. Разработаны новые параметры стимулирования рыбоводно-биологических показателей посадочного материала радужной форели, основанный на ежедневном воздействии оптическим излучением низкой интенсивности (красная область спектра  $\lambda = 630$  нм, длина когерентно-

сти  $L_{\text{ког}} \sim 26$  мкм) на эмбрионы рыб на стадии глазка при ежесуточном воздействии в течение 20 минут на протяжении 5 суток при плотности мощности оптического излучения  $3,0$  мВт/см<sup>2</sup> и при температуре инкубации  $8$  °С.

**Ключевые слова.** Аквакультура, радужная форель, эмбрионы, рыбопосадочный материал, жизнестойкость, низкоинтенсивное светодиодное и лазерное излучение

**Abstract.** It was established for the first time that the stimulating effect of low-intensity optical radiation on aquaculture objects (rainbow trout) depends on the multiplicity of the effect and the temperature regime at which the embryos are exposed and incubated. It is proved that the biological effect on embryos and larvae of rainbow trout can be provided by polarized radiation from both a semiconductor laser and the polarized radiation from an LED source whose coherence degree is almost 10 times smaller. New parameters for the regulation of fish-biological parameters of the rainbow trout stocking material based on daily exposure to low-intensity optical radiation (red spectral range  $\lambda = 630$  nm, coherence length  $L_{\text{co}} \sim 26$   $\mu\text{m}$ ) on fish embryos at the ocellus stage with daily exposure for 20 minutes for 5 days, at a power density of optical radiation of  $3.0$  mW/cm<sup>2</sup>, at an incubation temperature of  $8$  °C.

**Keywords.** Aquaculture, rainbow trout, embryos, fish stocking material, vitality, low-intensity LED and laser radiation

**Введение.** Оптическое излучение низкой интенсивности получило широкое распространение и применение в медицине и в различных направлениях сельского хозяйства [1–4]. В аквакультуре данный тип излучения носит экспериментальный характер. Однако радужная форель как удобный и популярный объект для аквакультуры, а также для сельскохозяйственных и биологических исследований представляет широкие возможности для изучения влияния оптического излучения низкой интенсивности на рост и развитие рыб. Кроме того, используемые в аквакультуре дозировки оптического излучения основываются на однократном воздействии, в то время как особенности инкубации радужной форели позволяют изучить влияние различных режимов кратности оптического излучения на эмбриональное и постэмбриональное развитие рыб в аквакультуре.

**Материалы и методы.** Исследования выполнялись на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства и рыбоводного промышленного комплекса УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в течении 2015–2018 гг.

**Результаты исследований и обсуждения.** Установлено, что время и кратность воздействия оптическим излучением способны регулировать стимулирующий эффект на радужную форель. При изучении влияния оптического излучения низкой интенсивности лазерно-оптического прибора «Стронга» на эмбриональное и постэмбриональное развитие радужной форели в условиях *in vitro* установлено, что при однократном воздействии оптическим излучением максимальный стимулирующий эффект на индивидуальное время жизни эмбрионов и личинок наблюдался при воздействии в течении 1 мин. и составил 13,5 %; при двукратном воздействии оптическим излучением максимальный стимулирующий эффект на индивидуальное время жизни наблюдался при воздействии в течении 20 мин. и составил 7,3 %; при трехкратном воздействии оптическим излучением максимальный стимулирующий эффект на индивидуальное время жизни наблюдался при воздействии в течении 20 мин. и составил 12,9 %; при четырехкратном воздействии оптическим излучением максимальный стимулирующий эффект на индивидуальное время жизни наблюдался при воздействии в течении 15 мин. и составил 18,8 %; при пятикратном воздействии оптическим излучением максимальный стимулирующий эффект на индивидуальное время жизни наблюдался при воздействии в течении 20 мин. и составил 24,6 %.

Установлено, что температурный режим инкубации эмбрионов радужной форели даже в пределах оптимальных значений способен оказывать эффект на величину стимулирующего эффекта оптического излучения. Так, при сравнении выживаемости в опытных группах, на эмбрионы которых воздействовали поляризованным излучением светодиодного источника, наблюдалось увеличение скорости нарастания эффекта (коэффициента угла наклона линейной зависимости гибели личинок) в 1,3–3,2 раза относительно контрольной группы при снижении температурного режима инкубации.

При сравнении результатов индивидуального времени жизни эмбрионов и личинок в опытных группах, на которых воздействовали поляризованным излучением светодиодного источника,

наблюдалось по пять достоверных различий в сравниваемых группах при различной температуре инкубации, а величина стимулирующего эффекта изменялась от 7,7 % (при температуре воды 12 °С) до 23,4 % (при температуре воды 8 °С).

Результаты, полученные в настоящей работе, свидетельствуют о том, что биологический эффект на эмбрионы и личинки радужной форели может оказывать поляризованное излучение как полупроводникового лазера, так и поляризованное излучение светодиодного источника, степень когерентности которого почти в 10 раз меньше.

Сравнение результатов исследований, выполненных с использованием излучения различной степени временной когерентности, показало, что биологические эффекты (активность ферментов эмбрионов радужной форели, индивидуальное время жизни личинок, скорость нарастания эффекта на выживаемость), индуцируемые поляризованным излучением полупроводникового лазера ( $\lambda = 650$  нм,  $L_{\text{кор}} \sim 211$  мкм) и поляризованным излучением светодиодного источника ( $\lambda = 630$  нм,  $L_{\text{кор}} \sim 26$  мкм), практически не отличаются или отличаются незначительно. На основании проведенных исследований разработаны параметры достоверного стимулирования рыбоводно-биологических показателей выращивания посадочного материала радужной форели, повышающие среднюю массу рыбопосадочного материала на 26,9–32,6 % (в зависимости от возраста), ихтиологические промеры на 5,2–11,5 % (в зависимости от параметра), относительную скорость роста массы на 27,7 п. п., терморезистентность на 26,7 %, нейрофармакологическую устойчивость на 38,9 %, фоновую реакцию меланофоров до 8,5 %, количество эритроцитов на 1,8 п. п., снижающие активность аспаратаминотрансферазы – на 10,3 % и аланинаминотрансферазы – на 38,7 %, основанные на ежедневном воздействии оптическим излучением низкой интенсивности красной области спектра ( $\lambda = 630$  нм), длиной когерентности ( $L_{\text{кор}}$ )  $\sim 26$  мкм, ежесуточно в течение 20 минут на протяжении 5 суток при плотности мощности оптического излучения 3,0 мВт/см<sup>2</sup> и температуре инкубации 8 °С [3, 7].

## Список использованных источников

1. Барулин, Н. В. Лазерное излучение как важный элемент технологии аквакультуры / Н. В. Барулин, М. В. Шалак, В. Ю. Плавский, // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2008. – № 3. – С. 82–85.
2. Плавский, В. Ю. Влияние лазерного излучения инфракрасной области спектра на устойчивость молоди осетровых рыб к дефициту кислорода / В. Ю. Плавский, Н. В. Барулин // Биомед. технологии и радиоэлектроника. – 2008. – № 8–9. – С. 65–74.
3. Плавский, В. Ю. Влияние модуляции низкоинтенсивного лазерного излучения на его биологическую активность / В. Ю. Плавский, Н. В. Барулин // Лазерная медицина. – 2009. – Т. 13, № 1. – С. 4–10.
4. Плавский, В. Ю. Фотофизические процессы, определяющие биологическую активность оптического излучения низкой интенсивности / В. Ю. Плавский, Н. В. Барулин // Биомед. радиоэлектроника. – 2009. – № 6. – С. 23–40.