

УДК:639.3.0.34:535.21

ВЛИЯНИЕ СОЛИ NaCl НА ТЕМП РОСТА, ВЫЖИВАЕМОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ ДОИНКУБАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**Е. С. ГУК***УО «Полесский государственный университет»,
г. Пинск, Республика Беларусь, 225710***Н. В. БАРУЛИН***УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407**(Поступила в редакцию 11.04.2019)*

Государственной программой развития аграрного бизнеса на 2016–2020 годы в сфере рыбохозяйственной деятельности предусмотрено увеличение объема производства ценных видов рыб до 1200 тонн, в том числе и радужной форели. По данным ФАО, доля товарной форели по отношению ко всем выращиваемым объектам рыбоводства в Республике Беларусь является всего 0,5 % [1]. Значительное количество форели импортируется в Республику Беларусь. Для развития форелеводства в стране требуются инновационные методы в области воспроизводства и выращивания рыбопосадочного материала [2, 19–24].

Одним из ключевых этапов производства рыбопосадочного материала является инкубация. Большое количество эмбрионов на данном этапе погибает из-за грибковых и бактериальных инфекций, которые также снижают процент выклева и существенно снижают жизнеспособность молоди после выклева. Все это, естественно, вызывает значительные экономические потери в производственном цикле [3, 4].

В статье представлены результаты исследования влияния NaCl на среднюю длину, массу, выживаемость и биохимические показатели эмбрионов, предличинок и личинок радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при доинкубации в производственных условиях. Использование NaCl в концентрации 300 мг/л, при продолжительности воздействия 15 минут и 30 минут (ежедневно до перехода на экзогенное питание), обеспечивает достоверное увеличение относительного прироста на 84,3 % – 15,5 % увеличение средней длины на 3,2 % – 7,7 %, увеличение средней выживаемости на 8,2 %, увеличение содержания белка на 2,24 г/л, уменьшение содержания креатинина на 14,85 мкмоль/л. Применение данного способа повышения эффективности инкубационного процесса актуально как для полносистемных хозяйств, так и для рыбоводных индустриальных комплексов, занимающихся разведением радужной форели.

Ключевые слова: радужная форель, выживаемость, биохимический статус.

The state program of development of agricultural business for 2016–2020 in the sphere of fisheries activity provides for an increase in the volume of production of valuable species of fish to 1,200 tons, including rainbow trout. According to FAO, the share of commodity trout in relation to all farmed fish in the Republic of Belarus is only 0.5%. A significant number of trout is imported to the Republic of Belarus. The development of trout farming in the country requires innovative methods in the field of reproduction and cultivation of fish planting material.

One of the key stages in the production of fish stock is incubation. A large number of embryos at this stage die due to fungal and bacterial infections, which also reduce the percentage of hatching and significantly reduce the viability of the young after hatching. All this, of course, causes significant economic losses in the production cycle.

*The article presents results of the study of the effect of NaCl on the average length, mass, survival and biochemical parameters of embryos, prelarvae and larvae of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) when they are incubated under production conditions. The use of NaCl at a concentration of 300 mg / l, with a duration of exposure of 15 minutes and 30 minutes (daily before switching to exogenous nutrition), provides a significant increase in the relative growth by 84.3% - 15.5%, increase in the average length by 3.2 % – 7.7 %, increase in average survival by 8.2 %, increase in protein content by 2.24 g / l, decrease in creatinine content by 14.85 μ mol / l. The application of this method of increasing the efficiency of incubation process is important for both full-system farms and industrial fish-farming complexes that breed rainbow trout.*

Key words: rainbow trout, survival rate, biochemical status.

Введение

Сапролегниоз является одним из наиболее распространенных грибковых заболеваний, вызывающим смертность до 80–100 % эмбрионов [5]. Дезинфекция икры – один из важнейших этапов по обеспечению биобезопасности при инкубации икры [6]. Определенное время для дезинфекции икры применяли малахитовый зеленый, это было достаточно эффективное средство. Однако при использовании малахитового зеленого у рыб увеличивалось количество пороков

развития, уродств. Из-за подозрения в канцерогенности, использование малахитового зеленого в пищевом производстве рыбопродукции запретили.

В качестве дезинфицирующих альтернатив малахитового зеленого рассматривалась борная кислота, бронепоп, перекись водорода, морская вода, йодофор, озон, ультрафиолет, бактерио-антагонисты, перуксусная кислота, вакцины, глюкозы, эфирные масла [7]. Ряд ученых установили, что поваренная соль перспективна в качестве безопасного и экономичного дезинфицирующего агента в борьбе с микозами и бактериальными инфекциями в пресноводной аквакультуре и мариккультуре и способна оказывать стимулирующее воздействие на сроки выклева [7–9]. Соль в современной аквакультуре используется для различных целей: контроль паразитов, стабилизация осморегуляции, повышение выделения слизи и лечение метгемоглобинемии.

В экспериментах по изучению соли на активацию, оплодотворение и раннюю эмбриологию европейского угря установлено, что соленость воды в пределах 30–40 ‰ положительно влияет на качество икры, диаметр икринок. Максимальный диаметр хориона отмечен при солености 35‰ [10]. При инкубации эмбрионов белоклешневого речного рака (*Austropotamobius pallipes*) с использованием хлорида натрия в концентрации 90 г/л отмечено увеличение выживаемости на 20,0–16,7 % по сравнению с контрольной группой [8]. Уменьшение зараженности сапролегниозом и улучшение процента выклева отмечено при воздействии соли на икру радужной форели в концентрации соли 30 г/л [11].

Применение соли в форелеводстве малоизучено, отсутствуют четкие рекомендации по дозировке и протоколу обработки икры. Как ранее сообщалось в наших публикациях [12, 13], в ходе подготовительных экспериментов в условиях *in vitro* подтверждено стимулирующее влияние NaCl на эффективность инкубации икры радужной форели. Для исследования в производственных условиях была отобрана эффективная концентрация соли NaCl 300 мг/л.

Цель исследования – изучить влияние соли NaCl на темп роста, выживаемость и биохимический статус радужной форели в индустриальном доинкубационном модуле (установка замкнутого водоснабжения).

Основная часть

Объект исследования – эмбрионы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) (икра на стадии «глазка»). Исследование проводилось на базе доинкубационного модуля рыбоводного индустриального комплекса УО БГСХА. В доинкубационном модуле до перехода форели на экзогенное питание ежедневно в течение 15 и 30 минут осуществляли экспозицию в растворе соли NaCl концентрацией 300 мг/л. Для каждого варианта опыта был выделен контрольный лоток, где создавались такие же условия, за исключением концентрации соли: там она составляла 0 мг/л. Ванны проводили до перевода личинок на экзогенное питание. Значения параметров гидрохимического режима, температура, плотность посадки эмбрионов и прочие технологические факторы находились в пределах нормативных значений [14]. В течение эксперимента каждые 5 дней регистрировали такие параметры, как средняя масса, длина, средняя и декадная выживаемость, также рассчитывался коэффициент упитанности по Фультону [15–18].

Для проведения биохимического анализа, по окончании эксперимента, личинки радужной форели гомогенизировали в фосфатном буфере (0,01M, pH 7,4), центрифугировали при 25 °C, супернатант исследовали на биохимическом анализаторе. Анализировались различия в исследуемых группах по таким биохимическим показателям, как общий белок, альбумин, креатинин. Для исследования использовались химические реагенты производства P.Z.CORMAY S.A. (Польша), использование которых осуществлялось согласно методикам, прилагаемым к наборам.

Показатели длины получали в результате обработки фотоснимков свободных эмбрионов в программе ImageJ. Анализ полученных данных проводился в статистической среде R. Нормальность распределения данных подтверждена тестом Шапиро-Уилка. Проверка соблюдения условий однородности групповых дисперсий в выборках осуществлялась тестом Ливина. Для анализа различий между опытными группами использовался одномерный дисперсионный анализ – критерий Тьюки.

Анализ декадной выживаемости в исследуемых группах проводился с помощью функции GLM-модели. Моделирование выживаемости проводилось в статистической среде R [15, 16].

В табл. 1 представлены результаты статистической оценки средней массы, средней длины и коэффициента упитанности по Фультону личинок радужной форели в завершении эксперимента (на 70 сутки после выклева).

Таблица 1. Размерно-весовые показатели личинок радужной форели после доинкубации с применением соли NaCl с различным временем экспозиции

Исследуемая группа	Средняя масса, г	Средняя длина, мм	Коэффициент упитанности	Тест Шапиро-Уилка	Тест Ливина
300 мг/л 15 минут	0,40±0,02***	33,96±3,24	1,02***	p>0,05	p>0,05
Контроль 15 минут	0,34±0,02	33,01±3,24	0,95		
300 мг/л 30 минут	0,53±0,13	37,64±5,28*	0,99***		
Контроль 30 минут	0,49±0,05	35,92±4,45	1,06		

Примечание: различия с контрольной группы достоверны при уровнях значимости * – $p=0,05$, ** – $p=0,01$, *** – $p=0,001$.

Согласно данным, представленным в таблице, 15 и 30-минутные экспозиции в растворе NaCl концентрацией 300 мг/л оказывают стимулирующее влияние на темп роста личинок радужной форели. Максимальное значение средней массы личинки установлено для группы 300 мг/л 30 минут и составило $0,53\pm 0,13$ г, что на 0,04 г больше чем в контроле. Для группы 300 мг/л 15 минут оно составило $0,40\pm 0,02$ г, что на 0,06 г больше чем в контрольной группе. Различия достоверны для экспозиции 15 минут на уровне значимости $p=0,001$. По значению средней длины личинки максимальным показателем отличается также группа 300 мг/л 30 минут, где средняя длина составила $37,64\pm 5,28$ мм, что на 1,72 мм больше, чем в контроле; также в группе 300 мг/л 15 минут средняя длина личинки была выше чем в контроле на 0,95 мм и составила $33,96\pm 3,24$. Различия достоверны для экспозиции 30 минут на уровне значимости $p=0,05$.

Коэффициент упитанности по Фультону в опытной группе 300 мг/л 15 минут был на 0,07 пунктов выше по сравнению с контрольной группой (15 минут) и составил 1,02. В опытной группе 300 мг/л 30 минут значение коэффициента упитанности было ниже, по сравнению с контролем (30 минут) – 0,99, в контроле (30 минут) соответственно – 1,06. Различия между всеми исследуемыми группами статистически значимы. Также в ходе проведения исследования отмечено, что различия в показателях роста между опытными и контрольными группами начинают проявляться уже на 12 сутки после выклева, а с переходом на экзогенное питание становятся ярче.

В среднем, за весь экспериментальный период средняя масса личинок в опытных группах увеличилась в 3,5–5 раз в зависимости от группы. В опытных группах с использованием NaCl прирост массы был выше, чем в контрольных. Значения абсолютного прироста в опытных группах составили: в группе 300 мг/л 15 минут – 0,30 г, в контроле (15 минут) – 0,23 г, в группе 300 мг/л 30 минут – 0,42 г, в контроле (30 минут) – 0,39 г.

Установлено, что при доинкубации радужной форели с участием NaCl в концентрации 300 мг/л повышается средняя масса личинки. Разница в относительных приростах определена для времени экспозиции 300 мг/л NaCl 15 минут – на 84,3 % больше, чем в контроле, для экспозиции 30 минут – на 15,5% больше чем в контроле, что составило 0,07 и 0,04 г соответственно.

Средняя длина личинок за весь экспериментальный период увеличилась на 72,4–99,7 % в зависимости от опытной группы. При использовании NaCl со временем экспозиции 15 и 30 минут прирост длины был выше, чем в контрольных группах с соответствующим временем экспозиции. Значения абсолютного прироста средней длины в опытных группах составили: в группе 300 мг/л 15 минут – 14,24 мм, в контроле (15 минут – 13,51 мм, в группе 300 мг/л 30 минут – 18,79 мм, в контроле (30 минут) – 17,21 мм.

Разница в относительных приростах составила: для времени экспозиции 15 минут – на 3,2 % больше, чем в контроле, для экспозиции 30 минут – на 7,7 % больше чем, в контроле. Таким образом установлено, что при доинкубации радужной форели с применением NaCl в концентрации 300 мг/л средняя длина личинки повышается при экспозиции 15 минут на 3,2 %, при экспозиции 30 минут на 7,7 %, что составило 0,74 и 1,58 мм соответственно.

При проведении исследований в условиях производства значения средней выживаемости в опытных группах составили: при экспозиции в 15 минут– 82,5 % , при экспозиции в 30 минут– 75,7 %, в контрольной – 73,4 %. Наблюдаемые различия статистически достоверны ($p=0,001$), т. е. использование NaCl достоверно повышает среднюю выживаемость на 8,2 % при экспозиции в 15 минут, или на 2,3 % при экспозиции в 30 минут по сравнению с контрольной группой.

Для выбора лучшей обобщенной линейной (GLM) модели [15,16] в среде R по значениям критерия Акаике (AIC-критерий) были сопоставлены четыре возможных типа обобщенных линейных моделей. Минимальное значение AIC-критерий позволило выделить наиболее адекватную модель (табл. 2). Значения информационного критерия Акаике (AIC) для пробит / ln (Дни) модели составило – 2106,5, для модели логит / ln (Дни) – 2082,3. Это подтверждает, что переход к логарифмированию дозы привел к объективно лучшим моделям, а использование логит-модели в данном случае лучше, чем пробит-модели.

Для изучения влияния каждой концентрации NaCl на выживаемость радужной форели была построена логит-модель для каждой опытной группы. При анализе были получены значения коэффициента индивидуальной регрессии, средней полулетальной дозы (LD_{50}) а также уравнения обобщенных линейных логит-моделей для каждого типа исследуемой группы, которые представлены в табл. 2.

Таблица. 2. Токсикологические параметры логит-моделей для каждого времени экспозиции использования соли NaCl

Исследуемая группа	Коэффициент наклона	Уравнение линейной логит-модели	Полулетальная доза (LD ₅₀)
Контроль /15 минут	1,28	$\text{logit}(P) = -6,68 + 1,28 \ln(D)$	181,94
300 мг/л /15 минут	1,29	$\text{logit}(P) = -5,75 + 1,29 \ln(D)$	315,37
300 мг/л /30 минут	1,00	$\text{logit}(P) = -6,05 + 1,00 \ln(D)$	181,79
Контроль / минут	1,16	$\text{logit}(P) = -6,51 + 1,16 \ln(D)$	153,81

Для статистического сравнения построенных моделей и дополнительной оценки их адекватности проведен статистический девианс анализ. Оценка параметров модели выполнена универсальным методом максимального правдоподобия [15, 16]. Статистическая оценка моделей по критерию хи-квадрат (р-критерий меньше 0,001) и сравнение разности девианса полученных моделей (логит-модели (модель №2) и нуль-модели без предикторов (модель №1) на отличие от нуля говорит о том, что построенная модель статистически значима, т. е. присутствие фактора NaCl в аппроксимируемой зависимости «доза-эффект» высоко значимо.

На рисунке изображены построенные линейные зависимости доза-эффект гибели радужной форели в зависимости от логарифма дней для различного времени экспозиции NaCl.

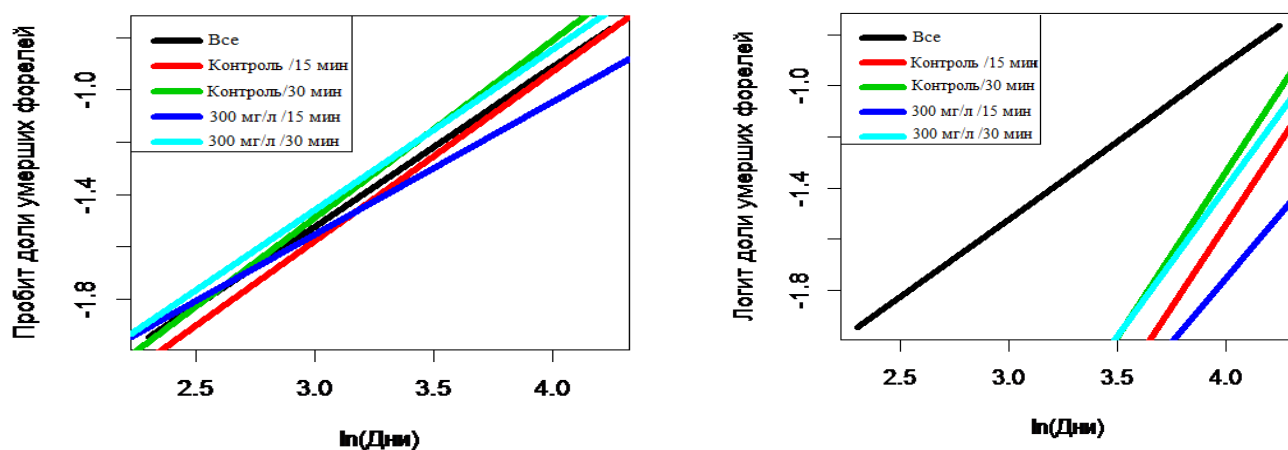


Рис. Линейные зависимости доза-эффекта гибели личинок радужной форели от логарифма дней для каждого времени экспозиции использования соли NaCl

В результате моделирования получаются линейные зависимости, отражающие регрессионные модели с учетом коэффициента наклона. Значения коэффициента наклона отражают скорость нарастания эффекта в исследуемых группах [15,16]. Во всех исследуемых группах значения коэффициента наклона были примерно на одном уровне, максимальное значение отмечено в группе 300 мг/л /15 минут и составило 1,29. Также значение средней полулетальной дозы (LD₅₀) в этой группе было гораздо выше, чем в остальных и составило 315,37. Согласно девианс статистике данные различия достоверны.

В табл. 3 представлены результаты биохимического анализа гомогенатов личинок радужной форели при использовании NaCl на этапе доинкубации в производственных условиях.

Таблица 3. Результаты биохимического анализа гомогенатов личинок радужной форели при использовании NaCl в условиях доинкубационного модуля

Исследуемая группа	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Креатинин, мкмоль/л
300 мг/л (15 минут)	5,46 ± 1,03***	1,45 ± 0,48	18,75 ± 4,71
Контроль (15 мин)	3,22 ± 0,9	1,07 ± 0,29	33,6 ± 3,62
300 мг/л (30 мин)	3,5 ± 0,67	0,73 ± 0,12	7,33 ± 3,75***
Контроль (30 мин)	3,36 ± 0,69	0,98 ± 0,31	19,7 ± 9,12

Примечание: различия с контрольной группой достоверны при уровнях значимости * – $p=0,05$, ** – $p=0,01$, *** – $p=0,001$.

Согласно представленным в табл. 3 данным среднее значение общего белка в исследуемых группах варьировало в пределах 3,36±0,69–5,46 ±1,03 г/л. В группах, на которые воздействовали фактором NaCl, отмечены более высокие значения общего белка. Максимальное значение общего среднего белка зарегистрировано в группе концентрации 300 мг/л (15 минут) и составило

5,46±1,03 г/л, что на 2,24 г/л больше, чем в соответствующей контрольной группе. Различия достоверны на уровне значимости $p=0,001$.

Содержание белка в теле рыбы изменяется в зависимости от ряда факторов. При истощении, голодании, количество белка в теле уменьшается. Также оно может изменяться при обезвоживании и заболеваниях печени и почек. Согласно полученным результатам, у представителей группы 300 мг/л (15 минут) достоверно более высокие значения средней массы, что наряду с полученными результатами по показателю общего белка, позволяет сделать вывод о лучшем физиологическом статусе рыб данной группы по сравнению с другими исследуемыми группами.

Содержание альбумина в исследуемых группах варьировало незначительно. Минимальное значение установлено в группе 300 мг/л (30 минут) – 0,73±0,12 г/л, максимальное в группе 300 мг/л (15 минут) – 1,45 ± 0,48 г/л. Установленные различия между группами статистически не значимы.

Содержание креатинина в исследуемых образцах колебалось в пределах 7,33±3,75 – 33,6±23,62 мкмоль/л. В опытных группах отмечены более низкие значения креатинина по сравнению с соответствующими контрольными. Максимальное значение наблюдалось в контрольной группе (15 минут) и составило 33,6±3,62 мкмоль/л. Минимальное – в группе 300 мг/л (30 минут), и было на уровне – 7,33±3,75 мкмоль/л, что на 7,33±3,75 мкмоль/л, т. е. в 4,6 раза меньше чем в контроле. Различия достоверны на уровне значимости $p=0,001$.

Повышенное содержание креатинина связано с интенсивным дефосфорилированием креатинфосфата в мышцах. Это может быть связано с дефицитом энергии у рыб, токсическими воздействиями на организм, разрушением мышечной ткани, нарушением функции выделительной системы. Полученные данные также косвенно свидетельствуют о более лучшем физиологическом статусе рыб из групп, обработанных раствором NaCl, по сравнению с контрольными.

Таким образом, согласно полученным данным биохимического анализа можно сделать вывод, что личинки, обработанные раствором соли NaCl по относительным значениям показателей общего белка и креатинина достоверно отличаются лучшим физиологическим состоянием по сравнению с контрольными группами. Для объективного уточнения физиологической картины рыб при использовании исследуемых факторов в производственных условиях желательна развернутая, комплексная оценка по ряду биохимических параметров.

Заключение

Таким образом, экспериментально в производственных условиях подтверждена эффективность использования соли NaCl для улучшения качества рыбопосадочного материала.

Установлено, что использование NaCl в концентрации 300 мг/л, при продолжительности воздействия 15 минут и 30 минут (ежедневно до перехода на экзогенное питание), обеспечивает достоверное увеличение относительного прироста на 84,3–15,5 % (в зависимости от экспозиции), увеличение средней длины на 3,2 %–7,7% (в зависимости от экспозиции), увеличение средней выживаемости на 8,2 %, увеличение содержания белка на 2,24 г/л, уменьшение содержания креатинина на 14,85 мкмоль/л.

Применение данного способа повышения эффективности инкубационного процесса актуально как для полносистемных хозяйств, так и для рыбоводных индустриальных комплексов, занимающихся разведением радужной форели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса на 2016–2020 годы. – М-во сел.хоз. и продовольствия Республики Беларусь. – Минск, 2016. – 102 с.
2. Барулин, Н. В. Системный подход к технологии регулирования воспроизводства объектов аквакультуры в рыбоводных индустриальных комплексах / Н. В. Барулин // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2015. – № 3. – С. 107 – 111.
3. Soft-egg disease in landlocked fall Chinook salmon eggs: possible causes and therapeutic treatments / M. E. Barnes [et al.] // North American Journal of Aquaculture – 2003. – Vol. 65 – P. 126 – 133.
4. Efficacy of hydrogen peroxide versus formalin treatments to control mortality associated with saprolegniasis on lake trout eggs / J. J. Rach [et al.] // North American Journal of Aquaculture – 2005. – Vol. 67 – P. 148 – 154.
5. Козлов, В. И. Справочник фермера-рыбовода / В. И. Козлов. – М.: Издательство ВНИРО, 1998. – 342 с.
6. Effect of chemical disinfectant (formalin) on hatching of eggs of African Catfish (*Clarias gariepinus*), survival and growth performance of fry / T.A. Yisa [et al.] // International Journal of Current Microbiology and Applied Science – 2014. – Vol. 3. – P. 1133 – 1138.
7. Recent advances in the mitigation of Saprolegnia infections in freshwater fish and their eggs / E. Shima [et al.] // Basic Science, Technological Advances and Educational Programs (A. Mendez-Vilas, Ed.) Formatex – 2015. – P. 691 – 697.
8. Sodium chloride as effective antifungal treatment for artificial egg incubation in *Austropotamobius pallipes* / T. Polcar [et al.] // Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems – 2011. – Vol. 401 – P. 1 – 13.

9. Bart, A. N. Effects of incubation water hardness and salinity on egg hatch and fry survival of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) / A. N. Bart, B. Prasad, D. P. Thakur // *Aquaculture Research*. – 2013. – Vol. 44. – P. 1085 – 1092.
10. Effects of salinity and sea salt type on egg activation, fertilization, buoyancy and early embryology of European eel, *Anguilla Anguilla* / S. R. Sørensen [et al.] // DTU Aqua, Section for Marine Ecology and Oceanography, National Institute of Aquatic Resources, Technical University of Denmark. – 2015. – P. 1 – 18.
11. Efficacy of formalin, hydrogen peroxide, and sodium chloride on fungal-infected rainbow trout eggs pallipes / T. M. Schreier [et al.] // *Aquaculture*. – 1996. – Vol. 140. – P. 323 – 331.
12. Куделич, А. Э. Влияние растворов соли на темпы выклева и развитие радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) / А. Э. Куделич, Е. С. Гук // Научный потенциал молодежи – будущему молодежи: сборник статей по материалам XI международной молодежной научно-практической конференции, Пинск, 7 апреля 2017 / ПолесГУ. – 2017. – С. 312 – 314.
13. Куделич, А. Э. Оценка индивидуальной выживаемости личинок радужной форели на этапе доинкубации с применением NaCl в условиях *in vitro* / А. Э. Куделич, Е. С. Гук, Н. В. Барулин // Научный потенциал молодежи – будущему молодежи: сборник статей по материалам XII международной молодежной научно-практической конференции, Пинск, 6 апреля 2018 / ПолесГУ. – Пинск, 2018. – С. 256–258.
14. Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных промышленных комплексах (с временными нормативами): / Н. В. Барулин [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 179 с.
15. Лиман, М. С. Влияние температуры воды на эффективность оптического излучения при воздействии на эмбрионы радужной форели в условиях *in vitro*. / М. С. Лиман, Н. В. Барулин // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник статей по материалам XX Международной научно-практической конференции, Гродно, 19, 11 мая 2017. – Гродно: ГГАУ, 2017. – С. 207–209.
16. Шитиков, В. К. Экоотоксикология и статистическое моделирование эффекта с использованием R. / В. К. Шитиков – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2016. – 149 с.
17. Barulin, N. Survival of embryos and larvae of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) under influence of optical radiation at various temperature regimes / N. Barulin, M. Liman, V. Plavskii // *Acta Biol. Univ. Daugavp.* – 2017. – Vol. 17 (1). – P. 19 – 28.
18. Лиман, М. С. Влияние оптического излучения низкой интенсивности на эмбрионы и личинки радужной форели / М. С. Лиман, Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2018. – № 3 (172). – С. 72 – 80.
19. Kostousov, V. G. Development of industrial fish culture in Belarus // V. G. Kostousov, N. V. Barulin. – p. 44 – 48 // *Handbook: Recirculation technologies in indoor and outdoor systems*; Edited by: Peter Lengyel [et al.]. – Szarvas, Hungary: Research Institute for Fisheries, Aquaculture and Irrigation, 2013. – 92 p.
20. Барулин, Н. В. Лазерное излучение как важный элемент технологии аквакультуры / Н. В. Барулин, М. В. Шалак, В. Ю. Плавский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – № 3. – С. 82 – 85.
21. Plavskii, V. Y. Fish Embryos as Model for Research of Biological Activity Mechanisms of Low Intensity Laser Radiation / V. Y. Plavskii, N. V. Barulin. – P. 1 – 47 // *Advances in Laser and Optics Research*. – Vol. 4; Editors: William T. Arkin – New York, USA: Nova Science Publishers, Inc., 2010. – Vol. 4. – 264 p.
22. Барулин, Н. В. Стратегия развития осетроводства в Республике Беларусь / Н. В. Барулин // Вестні Національної академії наук Білорусі. Серія аграрних наук. – 2017. – № 2. – С. 82–90.
23. Плавский, В. Ю. Влияние модуляции низкоинтенсивного лазерного излучения на его биологическую активность / Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский // *Лазерная медицина*. 2009. – Т. 13. – № 1. – С. 4–10.
24. Плавский, В. Ю. Фотофизические процессы, определяющие биологическую активность оптического излучения низкой интенсивности / В. Ю. Плавский, Н. В. Барулин // *Биомедицинская радиоэлектроника*. – 2009. – №6. – С. 23–40.