

ВЛИЯНИЕ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА РОСТ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДИ СИБИРСКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER BAERII* BRANDT, 1833)

А. Б. Ручин

Мордовский государственный университет

Поступила в редакцию 07.10.2009 г.

Аннотация. Наилучший темп роста проявлялся при зеленом и голубом освещении, чем при белом или красном. В других режимах выращивания отличий не зафиксировано. При этом суточные рационы и интенсивность дыхания при любом цвете освещения практически не различались. Однако при зеленом и голубом освещении улучшалась эффективность конвертирования пищи, и снижался расход энергии на единицу прироста. Количество гемоглобина и число эритроцитов увеличивалось при зеленом и голубом освещении. Одновременно наблюдалось смещение лейкоцитарной формулы в сторону увеличения количества лимфоцитов и уменьшения нейтрофилов.

Ключевые слова: сибирский осетр; цвет освещения; рост; питание; потребление кислорода; кровь.

Abstract. The best rate of increase was shown at green and blue illumination, than at white or red. In other modes of cultivation of differences it is not fixed. Thus daily diets and intensity of breath at any colour of illumination practically did not differ. However at green and blue illumination efficiency of converting of food improved, and the power consumption on gain unit decreased. The quantity of haemoglobin and the number of erythrocytes increased at green and blue illumination. Displacement the leukocyte formulas towards quantity increase the leukocytes and reduction neutrophilic leukocytes was simultaneously observed.

Keywords: *Acipenser baerii*; colour of illumination; growth; feeding; oxygen consumption; blood

ВВЕДЕНИЕ

Одной из характеристик падающего на Землю света является его спектральный состав. В воде лучи с разной длиной волны проникают на глубину неодинаково, что связано с особенностями их поглощения и рассеивания, наличием примесей и мелких организмов в водоеме. Большинство рыб обладает хорошо развитым цветовым зрением [1], поэтому довольно чутко реагирует на различный монохроматический свет. Так, молодь бычка-желтокрылки *Cottocomephorus grewingu* предпочитает зелено-синее освещение, молодь карася *Carassius carassius* — зеленое [2, 3]. Стимулирующее действие на раннее развитие ручьевой и радужной форели оказал дневной рассеянный и зеленый свет, тогда как красное освещение обусловило высокую смертность эмбрионов [4]. Выживаемость личинок пикши *Melanogrammus aeglefinus* была выше при голубом и зеленом освещении [5]. Воспроизводительная способность нильской тиляпии *Oreochromis niloticus* значительно увеличивалась при освещении синими лучами спектра [6].

Особый интерес, как с теоретической, так и практической стороны, представляют данные о влиянии монохроматического (цвета) освещения на ростовые процессы рыб разных видов и возрастных групп. Оказалось, рост рыб зависит от цвета освещения и его реакция на длину волны видоспецифична. Например, скорость роста личинок белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix*, сеголеток карасей (*Carassius carassius*, *C. auratus gibelio*) и карпа *Cyprinus carpio* значительно увеличивалась при зеленом освещении [7—10]. С другой стороны, рост молоди ротана *Perccottus glenii* ускорялся при синем и зеленом, а рост личинок пеляди *Coregonus peled* и мальков гуппи *Poecilia reticulata* — только при синем [10, 11]. При освещении лучами красной зоны спектра скорость роста всех указанных видов уменьшалась. В то же время не было выявлено достоверных различий в скорости роста личинок атлантического лосося *Salmo salar* и пикши, содержащихся в разных режимах монохроматического света [5, 12]. Как видно из приведенных источников, данных о влиянии цвета освещения на рост рыб явно недостаточно. Поэтому целью наших исследований являлось определить зависимость роста, физиологических и гематологических характеристик сеголеток сибирского осетра *Acipenser baerii*

от различных режимов монохроматического (цвета) освещения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Молодь сибирского осетра была получена из ГУДП «Конаковский завод товарного осетроводства». После доставки в лабораторию при кафедре зоологии Мордовского государственного университета, где проходили эксперименты, рыб выдерживали в общем аквариуме 20 дней при круглосуточном освещении люминесцентными лампами белого света (освещенность 50 лк). Затем для опытов рыб случайным образом отлавливали и помещали в проточные (2 л/час) аквариумы объемом 30—40 л с регулируемой температурой воды 21 ± 1 °С и принудительной аэрацией (содержание кислорода 7.0—7.5 мг/л). В каждый аквариум помещали различное количество рыб (*n*), которых в начале и конце опыта взвешивали с точностью до 1 мг на весах Acculab. Вода поступала в аквариумы из одной «головной» емкости, в которой она отстаивалась (дехлорировалась) не менее суток. Все опыты проведены в двукратной повторности.

Освещение над экспериментальными аквариумами создавали с помощью люминесцентной лампы марки ЛБ. Спектр данной лампы, в котором присутствует весь набор длин волн, принимался за контроль. В опыте свет с помощью определенных стандартных фильтров разлагали на отдельные монохроматические зоны, которые условно обозначались по преобладающему цвету пропускания. Характеристики всех светофильтров и зоны их пропускания приведены ранее [8, 10].

Скорость роста рассчитывали как отношение разности натуральных логарифмов конечной и начальной массы рыб к длительности опытов (*t*) в сутках. Рыб кормили живым трубочником и мотылем до насыщения. Величину суточного рациона определяли ежедневно по разнице между массой вносимого и остающегося корма и выражали в процентах по отношению к массе тела. В качестве показателя эффективности конвертирования пищи на рост использовали кормовой коэффициент. Интенсивность дыхания голодных рыб определяли методом замкнутых сосудов каждые 5—6 дней. Длительность пребывания рыб в респирометрах, предварительно заполняемых водой из соответствующих аквариумов, составляла 1 ч. Интерполяцией находили суммарное количество кислорода, потребленное за все время опыта, и таким образом рассчитывали расход энергии на прирост единицы массы рыб. Содержание кислорода в воде опреде-

ляли с помощью прецизионного термооксиметра «Эксперт-001-2(0.1)» с точностью до 0.01 мг/л.

Кровь брали после перерезания хвостовой артерии и вены. Концентрацию гемоглобина определяли в гемометре Сали, число эритроцитов и лейкоцитов в камере Горяева [13]. Одновременно делали забор крови с целью изучения фракционного состава белков и делали по два мазка от одной особи для изучения лейкоцитарной формулы. Подсчет числа лейкоцитов проводили по методике [13]. При этом на каждом мазке подсчитывали не менее 600 клеток. Учитывали общее количество нейтрофилов, эозинофилов, моноцитов и лимфоцитов. При дифференцировании лейкоцитов опирались на указанное пособие [13] и работу Паликовой с соавторами [14]. Бластные формы при анализе в расчет не брали.

Статистическая обработка цифрового материала проведена по общепринятой схеме с использованием *t*-критерия Стьюдента и дисперсионного анализа [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении роста молоди сибирского осетра (табл. 1) оказалось, что наиболее высокими значениями скорости роста характеризуются рыбы, выращиваемые при зеленом и голубом освещении (при уровне значимости 95—99%). В этих вариантах данный показатель в среднем превышал контрольную группу соответственно на 13.5 и 12.4%. Наименьшие показатели роста молоди получены при красном освещении (скорость роста была ниже на 14.3%). Однако отметим, что в этом варианте были получены неодинаковые результаты в отдельных сериях экспериментов (табл. 1). Например, во втором опыте рост рыб при освещении красными лучами спектра снижался, но отличия от контроля были недостоверны. При синем и желтом освещении скорость роста молоди практически не отличалась от таковой контрольной группы (различия недостоверны). В целом скорость роста осетров в наших опытах была сходна с той, которую получили ряд исследователей в установках замкнутого цикла водообеспечения и пластиковых лотках при более значительной плотности [16, 17].

Интенсивность дыхания во всех опытных и контрольных вариантах различалась недостоверно (в среднем за 3 серии опытов). В данном случае можно только отметить, что при красном освещении она была несколько ниже, а при зеленом — выше контрольной группы (табл. 1). В силу этого

суммарное потребление кислорода за время опыта было ниже соответственно при красном и выше — при зеленом освещении. Однако расчет расхода кислорода на прирост массы тела имел обратную зависимость, т.е. эта величина увеличивалась на 12.4% при освещении красными лучами спектра и снижалась — при освещении зелеными и голубыми (соответственно на 4.7 и 6.2% по сравнению с контролем).

Суточные рационы в отдельных сериях варьировали на уровне 16.0—19.1%, но в каждой серии различия между вариантами были недостоверны. Из этого следует, что рыбы потребляли примерно сходное количество корма в пересчете на единицу массы. Укажем, что в каждой серии наблюдалось чуть большее потребление пищи рыбами при освещении зелеными и голубыми лучами спектра. Соответственно суммарно особи из этих вариантов

Таблица 1

Некоторые показатели роста и энергетики молоди сибирского осетра при монохроматическом освещении

Цвет освещения	Масса рыб, г		Скорость роста, % в сутки	Интен- сивность дыхания, мкг/г·ч	Суммарное потребле- ние за время опыта		Расход кислорода на 1 г прироста, г	Кормовой коэффи- циент
	начальная	конечная			корма, г/экз.	кислоро- да, г/экз.		
Опыт 1. (n=6, t=20 дней)								
Контроль	3,02±0,01	10,50±0,07	6,23	256	24,58	0,831	0,111	3,29
Красный	3,02±0,01	9,62±0,07**	5,80	238	24,09	0,722	0,109	3,65
Желтый	3,02±0,01	10,11±0,05	6,05	260	24,53	0,818	0,115	3,46
Зеленый	3,02±0,01	12,68±0,05**	7,18	267	28,78	1,006	0,104	2,98
Голубой	3,02±0,01	12,55±0,06*	7,13	270	29,49	1,008	0,106	3,09
Синий	3,02±0,01	11,03±0,08	6,48	268	25,27	0,903	0,112	3,15
Опыт 2. (n=10, t=25 дней)								
Контроль	3,31±0,01	11,75±0,04	5,07	281	32,04	1,270	0,150	3,80
Красный	3,31±0,01	10,03±0,04	4,34	274	29,45	1,097	0,163	4,38
Желтый	3,31±0,01	10,12±0,03	4,47	286	29,57	1,153	0,169	4,34
Зеленый	3,31±0,01	13,18±0,03*	5,53	291	36,10	1,440	0,146	3,66
Голубой	3,31±0,01	13,15±0,03*	5,52	279	35,48	1,378	0,140	3,61
Синий	3,31±0,01	12,56±0,04	5,33	286	32,50	1,363	0,147	3,51
Опыт 3. (n=8, t=23 дня)								
Контроль	3,40±0,02	11,03±0,05	5,12	244	26,53	0,971	0,127	3,48
Красный	3,40±0,02	8,40±0,03***	3,93	250	21,71	0,814	0,163	4,34
Желтый	3,40±0,02	9,35±0,03	4,40	235	24,56	0,826	0,139	4,13
Зеленый	3,40±0,02	13,24±0,04**	5,91	256	30,58	1,176	0,120	3,11
Голубой	3,40±0,02	12,92±0,04**	5,80	250	31,12	1,126	0,118	3,27
Синий	3,40±0,02	11,04±0,06	5,12	253	26,78	1,008	0,132	3,51

* — достоверно при $p < 0,05$; ** — достоверно при $p < 0,01$; *** — достоверно при $p < 0,001$.

потребляли больше корма за время опыта. Исходя из этого, можно предположить, что наблюдавшиеся высокие скорости роста осетров в этих режимах связаны именно с бóльшим потреблением корма. Однако, как показали расчеты, при зелено-голубом освещении происходит уменьшение расхода кислорода на прирост массы тела (в среднем на 4.7—6.2% относительно контроля), что свидетельствует об улучшении конвертирования пищи на рост. На это же указывает снижение величины кормовых коэффициентов (на 5.7—7.7%) при зеленом и голубом освещении. Противоположные результаты получены в вариантах с красным и желтым освещением. Оказалось, что в подобных условиях осетры съедали за время опыта такое же или меньшее количество корма, но расход кислорода на прирост был значительно выше (в среднем на 9.3—12.4% относительно контроля). При этом кормовые коэффициенты увеличивались на 13.1—17.0% ($p < 0.05$).

Анализируя полученные результаты, необходимо отметить несколько завышенные оценки кормовых коэффициентов при вполне нормальной скорости роста и достаточно высоких суточных рационах. К примеру, Строганов [18] в экспериментах на осетрах получил меньшие рационы при кормлении энхитреидами. Чешские специалисты [16] в экспериментах на рыбах примерно той же, что и в наших опытах, массы зафиксировали рационы на уровне 10.0—13.0% (в качестве пищи они использовали живых червей *Tubifex*, *Eisenia*, *Lumbricus* и личинок хирономид). Возможно, что эти отличия кроются в качестве корма. В наших опытах основную массу корма для рыб составлял трубочник, который плохо усваивается осетровыми [19]. Вероятно, это и обусловило высокие рационы при одной скорости роста.

Как мы отмечали ранее, суточный рацион других рыб (карпа, ротана и серебряного карася) при выращивании в условиях различного цвета освещения практически одинаков или различается недостоверно [8, 9]. Сходные данные получены и в настоящих исследованиях. Возможно, механизмы полученных оценок лежат в перестройке энергетического обмена или в перераспределении гормонов, но незначительное количество литературных данных по этому вопросу позволяет высказать только предположения. Уместно заметить, что в ряде отечественных монографий, посвященных осетровым [19, 20], авторы указывают на отсутствие каких-либо данных о влиянии монохроматического света на рост, энергетические и физиоло-

гические параметры этой группы рыб. В единственной известной нам работе [21] описываются результаты опытов по изучению влияния цвета освещения на личинок русского осетра от вылупления до перехода на активное питание. К сожалению, автор не указал точных физических характеристик пропускающего светочувствительного элемента, однако и в этом случае можно сказать о достаточно хорошем росте личинок при синем и зеленом освещении на протяжении всего опыта.

Общеизвестно, что свет является одним из мощных природных фактор-сигналов, которые через различные рецепторы (глаза и пинеальный орган) оказывают значительное влияние на эндокринную систему. В свою очередь, она участвует в регуляции непосредственно физиологической активности рыб, в том числе и изменений гематологических показателей. Как известно [22, 23] любой из факторов внешней среды при чрезмерном воздействии способен вызывать в организме ряд физиологических реакций, объединяемых под названием стресса, или общего адаптационного синдрома. Общий адаптационный синдром у рыб, независимо от вида стрессора, характеризуется первичными и вторичными эффектами. К первичным эффектам относятся повышение в крови концентрации катехоламинов и кортикостероидов. Именно эти вещества (особенно глюкокортикоиды) вызывают лизис тимико-лимфоидной ткани и острый выброс антител из разрушающихся лимфоцитов [24]. Вторичными реакциями являются возрастание в крови концентрации глюкозы и молочной кислоты. Кроме этого, считается, что в стрессовых ситуациях проявляется четко выраженная лимфопения, моно-, нейтро- и базофилия [23, 25], а при чрезмерном воздействии стрессового фактора избыток кортизола способен вызвать разрушение лимфоцитов и увеличение нейтрофилов [23, 26].

В связи с этим мы исследовали гематологические показатели молоди сибирского осетра при различном цвете освещения. Оказалось, что число эритроцитов увеличивалось недостоверно, однако это наблюдалось на фоне повышения количества гемоглобина в вариантах с зеленым, синим и голубым освещением. Соответственно, последнее происходило за счет увеличения содержания гемоглобина в одном эритроците, что и показали расчеты (табл. 2). У осетров, выращенных при красном освещении, количество эритроцитов очень сильно варьировало. В отличие от количества эритроцитов, число лимфоцитов было выше у рыб, содержав-

Некоторые показатели крови сибирского осетра при разном освещении

Цвет освещения	Гемоглобин, г%	Кол-во эритроцитов, млн./мкл	Содержание гемоглобина в эритроците, мкг	Кол-во лейкоцитов, тыс./мкл
Контроль	6,75±0,03	0,68±0,01	99,3±0,02	25,3±0,03
Красный	6,73±0,03	0,68±0,06	99,0±0,05	24,3±0,04
Желтый	6,78±0,02	0,68±0,02	99,8±0,04	25,5±0,02
Зеленый	7,02±0,03*	0,70±0,03	100,2±0,02*	26,9±0,03**
Голубой	6,84±0,02*	0,68±0,04	99,3±0,04	26,2±0,04*
Синий	6,92±0,01*	0,69±0,02	99,9±0,03*	25,6±0,03

* — достоверно при $p < 0.05$; ** — достоверно при $p < 0.01$.

шихся при зеленом и голубом освещении. В остальных вариантах различия были недостоверны. Известно [17, 19, 27], что повышение гемоглобина, количества эритроцитов и лейкоцитов может происходить по следующим причинам: с возрастом, интенсивностью роста, условиями выращивания (пруды, аквариумы и т.п.), качеством и количеством корма, сезоном и т.п. В наших опытах при поставленных жестких условиях одной из причин расхождений могло бы стать изменение рациона в сторону повышения, что вызывает увеличение

перечисленных показателей. Однако, как мы заметили выше, рацион молоди практически не изменяется в контрольном и опытных вариантах. А это свидетельствует об определенном влиянии именно цвета освещения на показатели крови молоди осетра.

В изменении лейкоцитарной формулы также выявлены определенные зависимости (рис. 1). В частности, подтверждены полученные ранее (табл. 2) результаты, свидетельствующие о повышении лимфоцитов у осетров, содержащихся при

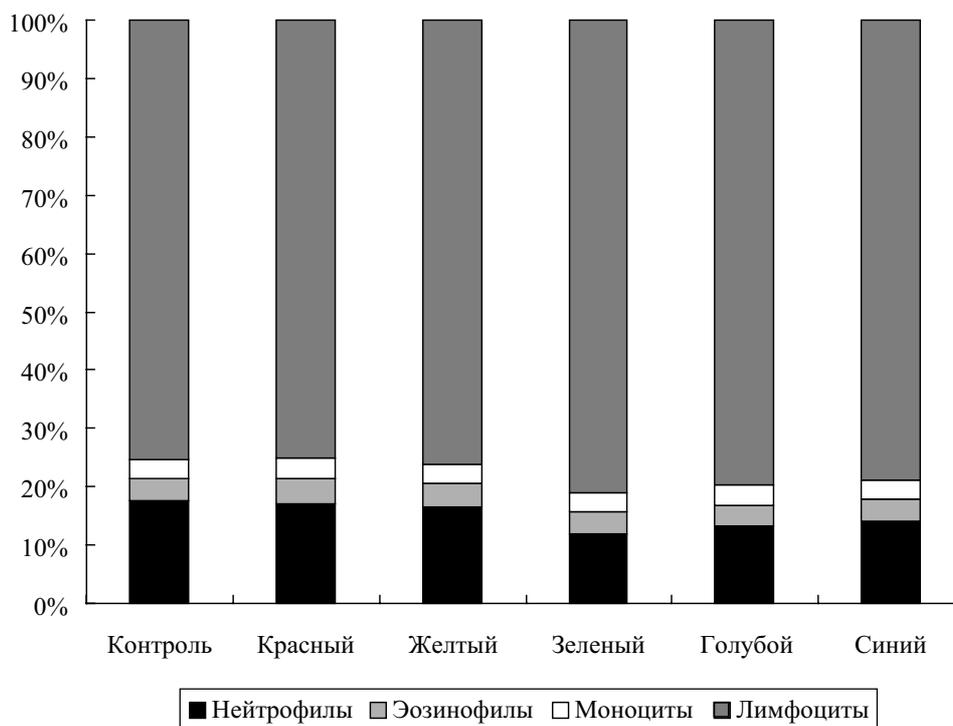


Рис. 1. Лейкоцитарная формула (в%) молоди сибирского осетра при различных режимах освещения

зеленом и голубом освещении. В этих вариантах количество лимфоцитов увеличивалось соответственно до 81.1 и 79.7% против 75.3% в контроле ($p < 0.05$). Параллельно с этим у молоди в указанных вариантах достоверно уменьшалось процентное отношение нейтрофилов. Что касается других режимов освещения, различий по сравнению с контрольным вариантом не обнаружено. В количестве моноцитов и эозинофилов различий между вариантами также не зафиксировано. Необходимо отметить, что нами, как и другими исследователями [13, 14, 17, 23], не выявлены базофильные элементы.

Сибирский осетр обладает достаточно хорошо развитым цветовым зрением. В его сетчатке имеется все необходимое для цветоразличения: три спектральных типа колбочек и цветооппонентные нейроны [28]. Результаты наших опытов показывают, что определенный цвет освещения способен оказать влияние на физиологические процессы в организме осетра. Конечно, увеличение того или иного показателя в отдельности еще не свидетельствует об улучшении биологического статуса молоди сибирского осетра в том или ином режиме выращивания. Однако в своей совокупности они показывают достаточно четкую картину улучшения физиологического состояния особей осетра при зелено-голубом цвете освещения.

Ранее [29] на примере личиночного развития шпорцевой лягушки *Xenopus laevis* мы высказывали предположение о возможности увеличения синтеза ростиנגибирующего гормона, мелатонина, эпифизом при красном освещении. Возможно, что и в данном случае происходят сходные процессы. Например, как показали исследования испанских физиологов [30] при одинаковой освещенности, но различном спектре, наблюдается повышение уровня этого гормона в плазме крови *Dicentrarchus labrax* именно в этом световом режиме сравнению с зеленым и синим светом. На нильской тилапии [31] было показано, что при голубом освещении после стрессового воздействия содержание кортизола в плазме становится несколько меньше и не увеличивается, как при обычном освещении. Т.е. в данном случае голубая зона спектра выступает в качестве стресс снимающего агента.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны В.И. Говардовскому (Институт эволюционной биохимии и физиологии РАН) за ряд ценных советов, касающихся зрения осетра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при зеленом и голубом свете скорость роста молоди сибирского осетра была выше, чем при белом и красном свете. Другие режимы выращивания не оказывали достоверного влияния. Суточные рационы и интенсивность дыхания молоди осетра при любом цвете освещения различались недостоверно. Однако при зеленом и голубом освещении улучшалась эффективность конвертирования пищи и снижался расход энергии на единицу прироста. Красный свет при этом вызывал обратный эффект. Количество гемоглобина и число эритроцитов увеличивалось при зеленом и голубом освещении. Одновременно наблюдалось смещение лейкоцитарной формулы в сторону увеличения количества лимфоцитов и уменьшения нейтрофилов. В других вариантах различия были не значимы. Кроме того, специфически изменялся фракционный состав белков плазмы крови.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протасов В. Р. Поведение рыб. (Механизмы ориентации рыб и их использование в рыбоводстве) / В. Р. Протасов — М.: Пищ. пром-сть, 1978. 296 с.
2. Волкова Л. А. О реакциях на свет *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgy) байкальского омуля и *Cottocomephorus grewingu* (Dyb.) бычка-желтокрылки и способность к цветовому восприятию / Л. А. Волкова // Вопр. ихтиологии. — Т. 7, Вып. 2 (43). — С. 372—377.
3. Давыдов А. И. Влияние химических веществ фенольного ряда на реакцию цветового выбора у карася / А. И. Давыдов, Е. Л. Щеглова // Физиология и токсикология гидробионтов. — Ярославль, 1988. — С. 121—127.
4. Иванчик Т. С. Изменение чувствительности ручьевой и радужной форели к различным лучам оптического спектра в раннем онтогенезе при искусственном разведении / Т. С. Иванчик, И. Д. Шнаревич // Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. — Киев: Наукова думка, 1975. — С. 185—186.
5. Downing G. Impact of spectral composition on larval haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L., growth and survival / G. Downing // Aquacult. Intern. — 2002. — V. 33. — P. 251—259.
6. Volpato G. L. Environmental color affects Nile tilapia reproduction / G. L. Volpato, C. R. Duarte, A. C. Luchiarri // Brazil. J. Med. Biol. Res. — 2004. — V. 37. — P. 479—483.
7. Раденко В. Н. Значение температуры и света для роста и выживаемости личинок белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* // Раденко В. Н., Алимов И. А. // Вопр. ихтиологии. — 1991. — Т. 31, Вып. 4. — С. 655—663.
8. Ручин А. Б. Рост и интенсивность питания молоди карпа при различном постоянном и переменном

- монохроматическом освещении // А. Б. Ручин, В. С. Вечканов, В. А. Кузнецов // *Вопр. ихтиологии*. — 2002. — Т. 42, № 2. — С. 236—241.
9. Ручин А. Б. Влияние светового режима на эффективность использования пищи и скорость роста рыб / А. Б. Ручин // *Гидробиолог. журн.* — 2004. — Т. 40, № 3. — С. 48—52.
10. Ruchin A. B. Influence of colored light on growth rate of juveniles of fish / A. B. Ruchin // *Fish Phys. Biochem.* — 2004. — V. 30. — P. 175—178.
11. Раденко В. Н. Влияние различных световых режимов на эффективность заводского выращивания личинок пеляди *Coregonus peled* L. // В. Н. Раденко, П. В. Терентьев // *Биология сиговых рыб*. — М.: Наука, 1988. — С. 216—225.
12. Stefansson S. O. The effect of spectral composition on growth and smolting in atlantic salmon (*Salmo salar*) and subsequent growth in sea cages // S. O. Stefansson, T. Hansen // *Aquaculture*. — 1989. — V. 82. — P. 155—162.
13. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб / Н. Т. Иванова — М.: Легк. и пищ. пром-ть, 1983. — 184 с.
14. Palikova M. Characteristics of leukocytes and thrombocytes of selected sturgeon species from intensive breeding // M. Palikova, J. Mares, J. Jirasek // *Acta Vet. Brno*. — 1999. — V. 68. — P. 259—264.
15. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин — М.: Высш. школа, 1980. — 293 с.
16. Prokeš M. Growth of larvae and juveniles 0+ of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) in aquaculture and experimental conditions of the Czech Republic / M. Prokeš, V. Baruš, M. Peňáz // *Folia Zool.* — 1996. — V. 45, № 3. — P. 259—270.
17. Савушкина С. И. Гематологические показатели молоди сибирского осетра, выращенного на различных кормах / С. И. Савушкина // *Итоги тридцатилетнего развития рыбководства на теплых водах и перспективы на XXI век*. — СПб.: ГосНИО РХ, 1998. — С. 128—134.
18. Строганов Н. С. Опыт выращивания осетров в прудах Московской области, в цементных бассейнах и аквариумах / Н. С. Строганов // *Зоол. журн.* — 1951. — Т. 30, Вып. 5. — С. 445—456.
19. Гершанович А. Д. Экология и физиология молоди осетровых / А. Д. Гершанович, В. А. Пегасов, М. И. Шатуновский — М.: Агропромиздат, 1987. — 215 с.
20. Детлаф Т. А. Развитие осетровых рыб / Т. А. Детлаф, А. С. Гинзбург, О. И. Шмальгаузен — М.: Наука, 1981. — 224 с.
21. Семенов К. И. О влиянии различных условий освещения на развитие личинок осетра в период от вылупления до перехода на активное питание при искусственном разведении / К. И. Семенов // *Докл. АН СССР*. — 1957. — Т. 113, № 4. — С. 937—940.
22. Селье Г. Стресс без дистресса / Г. Селье — М.: Прогресс, 1982. — 122 с.
23. Иванов А. А. Физиология рыб / А. А. Иванов — М.: Мир, 2003. — 284 с.
24. Розен В. Б. Основы эндокринологии / В. Б. Розен — М.: Изд-во МГУ, 1994. — 384 с.
25. Головина Н. А. Морфофункциональная характеристика крови рыб — объектов аквакультуры: Автореф. дис. ... докт. биол. наук / Н. А. Головина — М.: ВНИИП РХ, 1996. — 53 с.
26. Бойко Н. Е. Изучение последствия тиреоидных гормонов и кортизола на рост, тиреоидный статус и показатели крови молоди осетра / Н. Е. Бойко // *Вопр. рыболовства*. — 2004. — Т. 5, № 3 (19). — С. 500—513.
27. Хакимуллин А. А. Морфофизиологическая оценка заводской молоди сибирского осетра *Acipenser baeri* Brandt / А. А. Хакимуллин // *Вопр. ихтиологии*. — 1980. — Т. 20, Вып. 5 (124). — С. 877—885.
28. Spectral characteristics of photoreceptors and horizontal cells in the retina of the Siberian sturgeon *Acipenser baeri* Brandt / Govardovskii V. I. [et al.] // *Vision Res.* — 1991. — V. 31. — P. 2047—2056.
29. Ручин А. Б. Влияние монохроматического света на рост и развитие личинок шпорцевой лягушки, *Xenopus laevis* / А. Б. Ручин // *Зоол. журнал*. — 2002. — Т. 81, № 6. — С. 752—756.
30. Bayarri M. J. Influence of light intensity, spectrum and orientation on sea bass plasma and ocular melatonin // M. J. Bayarri, J. A. Madrid, F. J. Sanchez-Vazquez // *J. Pineal Res.* — 2002. — V. 32. — P. 34—40.
31. Volpato G. L. Environmental blue light prevents stress in the Nile tilapia // G. L. Volpato, R. E. Barreto // *Brazil. J. Med. Biol. Res.* — 2001. — V. 34. — P. 1041—1045.

Ручин Александр Борисович — к.б.н., доцент кафедры зоологии биологического факультета Мордовского государственного университета, тел. (8342) 322637, e-mail: sasha_ruchin@rambler.ru

Ruchin Alexander — Mordovian State University, Biological Faculty, Associated Professor; tel.: (8342) 322637, e-mail: sasha_ruchin@rambler.ru