

Научная статья  
 УДК 630\*935.1(571.53)  
 EDN QMDJRO  
 DOI 10.17150/2500-2759.2022.32(3).585-591



## ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ГИДРОБИОНТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ АКВАКУЛЬТУРЫ

**О.А. Белых, С.Е. Розанов, Э.Н. Исакова**  
*Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация*

### Информация о статье

Дата поступления  
16 мая 2022 г.

Дата принятия к печати  
3 октября 2022 г.

Дата онлайн-размещения  
8 ноября 2022 г.

### Ключевые слова

Аквакультура; спектральный состав света; гидробионты; гаммариды; рыбы; онтогенез; экологические условия

### Аннотация

Исследование экологических групп гидробионтов обусловлено важностью задач промышленного получения продукции водных биоресурсов и охраны окружающей среды, и соответственно уникального природного объекта, находящегося под охраной ЮНЕСКО, — оз. Байкал. В биоте Байкала гаммариды и рыбы имеют значительную долю биомассы и играют исключительно важную роль в круговороте веществ и в трофических цепях. Они являются утилизаторами первичной и частично вторичной продукции и сами представляют собой объекты промысла. В условиях усиления промышленного загрязнения акватории Байкала гидробионты выступают еще и как индикаторы наличия поллютантов. Динамика численности гидробионтов различных экологических групп по отношению к воздействию фактора освещенности является важным показателем экологического состояния водоема. Приведен обзор литературы по вопросу влияния освещенности на поведение гидробионтов. Результаты работы могут быть использованы при выборе условий выращивания продукционной рыбы на разных стадиях ее онтогенеза.

Original article

## THE EFFECTS OF THE IMPACT OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF LIGHT RADIATION ON AQUATIC ORGANISMS IN THE CULTIVATION OF AQUACULTURE

**Olga A. Belykh, Sergey E. Rozanov, Elvira N. Isakova**  
*Baikal State University, Irkutsk, the Russian Federation*

### Article info

Received  
May 16, 2022

Accepted  
October 3, 2022

Available online  
November 8, 2022

### Keywords

Aquaculture; the spectral composition of light; hydrobionts; gammarids; fish; ontogenesis; environmental conditions

### Abstract

The study of ecological groups of hydrobionts has scientific importance due to the tasks of industrial production of aquatic bio resources and environmental protection of a unique natural object under the protection of UNESCO — Lake Baikal. In the biota of Lake Baikal, gammarids and fish have a significant share of the biomass and play an extremely important role in the food chains. They utilize primary and partially secondary products and are themselves objects of fishing. Under the conditions of increasing industrial pollution of the Baikal water area, hydrobionts also act as indicators of the presence of pollutants. The dynamics of the abundance of hydrobionts of various ecological groups in relation to the impact of the illumination factor is an important indicator of the ecological state of a reservoir. We have reviewed research studies on the effect of illumination on the behavior of aquatic organisms. The results of the work can be used in choosing the conditions for growing production fish at different stages of its ontogenesis.

Исторически исследователь, описывая природу света, опирался на свои органы чувств. Поэтому бытовало представление, что животный мир воспринимает окружающее так же, как и человек. Но уже в 1804 г. начались поиски спектра светового излучения с более короткими длинами волн, чем у фиолетового цвета [1]. В 1842 г. А. Беккерелем и М. Меллони коллегиально было установлено, что свет имеет пролонгацию и за рамками видимого спектра с фиолетовой стороны.

Освещение играет очень большую роль в жизни диких и продукционных рыб, оказывая влияние как прямое — на их пищевое поведение и размножение, так и косвенное — на выбор ими мест обитания. Значение органа зрения для большинства рыб невозможно переоценить: благодаря ему происходит определение ими положения своего тела во время движения, избегание хищников, поиск добычи, ориентация по различным предметам, идентификация других особей того же вида в стае и т.п. В отстоящих друг от друга озерах и лотических водоемах, пребывающих в одинаковых широтах, на одной и той же глубине условия освещения могут быть весьма неодинаковы, не говоря уже об освещенности на разных глубинах, поскольку известно, что с увеличением глубины степень освещенности значительно понижается, в связи с тем что световые лучи с разной длиной волны по-разному проникают в глубину воды. В пределах десяти метров поглощаются красные и желтые лучи, на наибольшую глубину проникают синие и фиолетовые. Видимый свет, прошедший через воду, воспринимается рыбами по-другому, нежели его видят наземные позвоночные. Рыбами, живущими в прибрежной и фотической зонах, воспринимается более широкий видимый спектр, чем рыбами, живущими в глубинах. Также у разных рыб окраска тела связана с особенностями их местообитания.

Однако на фоне процессов урбанизации остро встает проблема развития технологий и ассортимента индустриальной аквакультуры как наиболее интенсивного способа производства рыб. Как показывает мировая практика, развитие индустриальной аквакультуры происходит опережающими темпами по сравнению с развитием в традиционных отраслях сельского хозяйства — растениеводстве и животноводстве [2; 3].

Цель работы — изучение экологических характеристик гидробионтов по отношению к спектральному составу света и выявление общих закономерностей, способных дать положительный экономический эффект в условиях интенсивной аквакультуры.

### **Объекты и методы исследования**

За объекты исследования были взяты промысловые рыбы, обитающие в Байкале, в том числе аборигенные виды и их гибриды как объекты индустриальной аквакультуры, искусственного воспроизводства и рыбоводства, а также ракообразные, составляющие цепи питания в экосистеме озера и его притоков. Основными методами исследования послужили многолетние наблюдения за гидробионтами и анализ публикационных материалов по теме работы.

Исследование было проведено в акватории оз. Байкал — объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО. В последние годы выявлены тренды негативных экологических процессов, происходящих на фоне глобальных климатических изменений и увеличивающегося антропогенного воздействия. Одной из насущных проблем является снижение запасов основного промыслового вида рыб — байкальского омуля, на промышленный и любительский вылов которого с 2017 г. введен запрет. С одной стороны, омуль, нагуливающийся в глубоководной зоне Байкала (на глубинах до 350–400 м), малодоступен для вылова промышленными и любительскими орудиями лова. С другой стороны, он наиболее уязвим для вылова в период формирования преднерестовых скоплений в акваториях, прилегающих к устьям и дельтам основных нерестовых притоков, и в самих реках.

### **Результаты и их обсуждение**

В Иркутске, относящемся к Байкало-Ангарскому водному району, имеются все условия для быстрого развития различных направлений аквакультуры, в том числе за счет наличия значительного фонда водных ресурсов: площадь города — 27 998 га, водные пространства — 2 870 га, луга и поймы — 4 260 га (табл.). Наличие рыбоводных прудовых хозяйств и индустриальных рыбоводных хозяйств, отлаженная система искусственного воспроизводства, отработанные технологии по различным направлениям культивирования гидробионтов, наличие квалифицированных специалистов — все это является основой для эффективного развития аквакультуры [4; 5].

На территории Иркутской области осуществляется государственная программа «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2019–2023 гг., утвержденная постановлением Правительства Иркутской области от 26 октября 2018 г. № 772-пп. В программу включены

## Водный потенциал Иркутской области

Водный объект	Площадь, км <sup>2</sup>
Озеро Байкал	31 500,00
В том числе в пределах Иркутской области	11 830,00
Иркутское водохранилище	154,00
Братское водохранилище	5 478,00
Усть-Илимское водохранилище	1 922,00
Мамаканское водохранилище	10,82
Богучанское водохранилище	2 326,00
В том числе в пределах Иркутской области	365,00
Прочие озера (229 ед.)	7 732,00
Реки (65 041 км)	309 355,00

мероприятия по развитию аквакультуры (товарного рыбоводства) в Иркутской области. Целью мероприятий является создание условий для обеспечения устойчивого роста производства продукции аквакультуры и продукции ее переработки. Для повышения эффективности выращивания аквакультурной продукции необходимо изучить экологические особенности дикой рыбы в местах ее естественного обитания и ее реакцию на изменение условий при интродукции [6].

Окраска покровов тела рыб самым тесным образом связана с условиями освещенности. Выделяют несколько основных типов окраски рыб, определяемых как приспособление к условиям местообитания [7].

Пелагическая окраска — синеватая или зеленоватая спинка и серебристые бока и брюшко рыб. Данный тип свойствен байкальскому хариусу (*Thymallus arcticus baicalensis*), ленку (*Brachymystax lenok* (Pallas, 1773)) и другим рыбам, живущим в толще воды. Темненькая спинка делает рыбу малозаметной сверху, а серебристые бока и брюшко плохо видимы снизу на фоне зеркальной поверхности. Байкальский омуль (*Coregonus migratorius Georgi* (Georgi, 1775)) имеет несколько экологических рас. В Селенге нерестится пелагический омуль, который имеет сигарообразное тело, большие глаза и узкий хвостовой плавник. Это самый крупный омуль, который называют посольским. Изменение линейно-весовых показателей с возрастом происходит сходно у различных морфоэкологических групп. Однако более высокий темп роста наблюдается у пелагического омуля, средний — у прибрежного, самый низкий — у придонно-глубоководного. Омуль является основным промысловым видом на Байкале. По расчетам А.М. Мамонтова, с 1966 по 2000 г. в среднем учитывалось только 29,2 % улова омуля. По экспертной

оценке «БайкалНИРО», объем неучтенного вылова сопоставим с величиной официальной добычи. Неучтенный вылов омуля стал носить неконтролируемый характер, что в итоге привело к необходимости с 2017 г. запретить его промышленный лов (второй раз в истории рыболовства на Байкале).

Зарослевая окраска — коричневатая, зеленоватая или желтоватая спинка и обычно поперечные полосы или разводы на боках. Такая окраска свойственна обитателям придонной растительности. Промысловые байкальские сиги (*Coregonus lavaretus baicalensis* (Dybowski, 1876)) представлены озерной и озерно-речной формами, которые имеют статус подвидов [7]. Эти рыбы нерестятся и нагуливаются в Байкале. Озерно-речная форма носит название сиг-пыжьян, в Байкале и его притоках является проходной озерно-речной и речной рыбой, проводящей жизнь в непрерывных миграциях. Нерестится в реках примерно в 250 км от устья, нагуливается в Байкале. В отличие от озерных сигов имеет низкое тело, плотно сидящую чешую. Сиг распространен по всему Байкалу, но наибольшая его концентрация наблюдается в Баргузинском и Чивыркуйском заливах, на Селенгинском мелководье и в Малом Море. Основными местами его обитания служат мелководья с песчаным грунтом. Распространение озерно-речной формы ограничивается глубиной до 20 м. В зимнее время сиг обитает на глубине от 100 до 150 м, весной и летом — на меньших глубинах, 40–50 м, но встречается и на глубине в 200–250 м. На Байкале дифференциация сигов достигла видового уровня. Байкальский сиг и байкальский омуль образуют одну филогенетическую ветвь. Их дивергенция в Байкале обусловлена наличием различных биотопов в условиях глубоководного водоема. Продолжительность жизни сигов достигает 15–20 лет, мак-

симальная масса — 12 кг, но пика биомассы поколения достигают в возрасте 7–10 лет. Сиг-пыжьян (*Coregonus pidschian* (Gmelin, 1789)) — это речной сиг с относительно широким ареалом обитания в реках бассейна Северного Ледовитого океана от Мурманского побережья до канадской Арктики. Как большинство сиговых, является пластичным видом, образует множество географических форм с характерными морфологическими признаками. Существуют полупроходные и речные формы. Личинки и мальки пыжьяна питаются мелким зоопланктоном, который в обилии развивается в поймах рек. К этой экологической группе относится сибирская плотва, или сорога (*Rutilus rutilus lacustris* (Pallas, 1814)). У нее окраска спины светло-голубая или светло-зеленовато-коричневая, бока серебристые. Анальный и брюшные плавники окрашены в оранжевый или ярко-красный цвет, грудные имеют красноватый оттенок. Отличительной особенностью плотвы является оранжевая окраска радужной оболочки глаза и красное пятно в ее верхней части. Сибирская плотва «распространена в озере Байкал в основном вдоль его восточного побережья. Это район дельты реки Селенги, Чивыркуйский и Баргузинский заливы, район Северного Байкала; встречается она также по западному берегу в районе Малого моря. Плотва предпочитает неглубокие участки с илистым и песчаным грунтом, с хорошо развитой водной растительностью» [8–11].

Донная окраска — темные спинка и бока, иногда с более темными разводами и светлым брюшком (у камбал светлым оказывается обращенный к грунту бок). У донных рыб, живущих над галечниковым грунтом рек с прозрачной водой, обычно на боках есть черные пятна, иногда слегка вытянутые в спинно-брюшном направлении, иногда расположенные в виде продольной полоски (так называемая русловая окраска).

Особо выделяется стайная окраска у рыб. Эта окраска облегчает ориентацию особей в стае относительно друг друга. Она проявляется либо в виде одного или нескольких пятен на боках или на спинном плавнике, либо в виде темной полосы вдоль тела. Придонно-глубоководный омуль населяет Байкал до глубины 350 м. Характеризуется наибольшей высотой тела и хвостового плавника, длинной головой. Также такая окраска характерна для обыкновенного тайменя (*Hucho taimen* (Pallas, 1773)). Она «меняется с возрастом и зависит от мест обитания. У молоди до возраста 50 дней на спине и боках хорошо видны разнообразные по размеру черные точки,

у годовиков — темные и светлые полосы, у трех-четырёхлетних рыб темные полосы бледнеют, но спина темнее, чем брюхо, которое становится светло-серебристым по цвету» [12]. Половозрелые рыбы имеют темную спину, светлое брюхо с черными, в основном овальными точками.

Бокоплавов, или амфипод (*Amphipoda*), в Байкале насчитывается более 300 видов. Однако только макрогектопус, выбравший своей обителью более чем тысячеметровую толщу озера, является пелагическим видом. Остальные байкальские рачки — это представители бентоса, которые делят между собою территорию дна и придонные слои воды. Окраска байкальских гаммарид весьма разнообразна. Макрогектопусы часто окрашены очень ярко в красные и малиновые цвета. Придонные обитатели имеют окраску покровов тела от сине-голубой до желто-зеленой.

В конце XX в. возникла гипотеза, что в водной среде воздействие на микроорганизмы и других гидробионтов постоянно и регулирует глубину обитания различных штаммов бактерий и видов зоопланктона [13–15]. За ними по градиенту освещенности располагаются другие гидробионты. В ходе эксперимента увеличение естественного фона ультрафиолета на 20 % за 15 дней привело к тотальной гибели всех гидробионтов. Установлено, что солнечный свет начинает воздействовать на икру сиговых рыб на 30-е сутки развития — на этапах органогенеза. Чувствительность к солнечному свету определяют пигменты, в основе которых каротиноиды и цитохромы, а на поздних этапах развития — и меланины и гемоглобин. Поэтому необходимо изучение воздействия видимого спектра электромагнитного излучения на органы чувств гидробионтов. Существующая гипотеза о воздействии видимого спектра на органы чувств гидробионтов с большой долей вероятности устарела. Современные же воззрения включают следующие тезисы:

1. Рыба воспринимает не только видимый спектр. Об этом свидетельствует большое разнообразие приспособительных реакций глубоководных видов.

2. У различных гидробионтов восприятие спектра электромагнитных волн выходит за видимый диапазон. Как частность — отсутствует чувствительность в видимом диапазоне. Свет оказывает определенное влияние и на обмен веществ рыбы, на созревание половых продуктов. С освещенностью мест обитания в значительной степени связано и поведение рыб, их циркадные ритмы, пищевое поведение и особенности размножения.



3. В разные периоды онтогенеза гидробионты видят в различном спектральном диапазоне. В инкубационном аппарате икра сиговых рыб недополучает значительную часть необходимой световой энергии для физиологического воздействия, обеспечивающего необходимый темп развития. На естественных нерестилищах икра омуля получает почти в 300 раз больше световой энергии, чем в инкубационном аппарате Вейса [1]. Необходимо обеспечивать дополнительное облучение эмбрионов с помощью источников света с определенным режимом либо увеличивать сумму градусодней путем повышения температуры. Есть данные о том, что при ярком свете у молоди рыб замедляется метаболизм, возрастает чувствительность к любым внешним воздействиям, снижается активность и может возрастать смертность [3].

4. Угол падения естественного электромагнитного излучения формирует поведение рыб. Известные экологические группы дневных и ночных рыб ранжируются по занимаемой глубине, различаются пищевой активностью. С особенностями освещения связано строение органа зрения рыбы, наличие или отсутствие органов свечения, развитие других органов чувств, окраска. Разные виды по-разному реагируют на свет. Одни рыбы привлекаются светом — килька, сайра и др., другие могут его избегать. С помощью света можно управлять процессом подраживания мальков, для этого освещают бассейн только в период кормления. Предполагалось, что важен подбор спектрального состава

светового потока. Коротковолновая часть спектра — синий и зеленый свет — имеет наибольшее значение [15].

5. Различные диапазоны электромагнитного воздействия, проходящего через водную среду, в зависимости от экспозиции воздействия волн дают различный патофизиологический ответ организма [16]. На начальных этапах онтогенеза у личинок карповых рыб дыхание осуществляется еще и через поверхность тела с участием пигментов, чем обусловлено нахождение мальков вблизи поверхности водоема. Выяснено, что потемнение рыбок связано с ухудшением условий доступности кислорода. Потемневшие особи отставали в росте, их выживаемость снижалась (они часто гибли).

### Выводы

Освещенность водной среды является обязательным фактором для жизнедеятельности гидробионтов. Наиболее важным периодом в онтогенезе является прегенеративный, состояния которого зависят от условий освещения. Увеличение освещенности при кормлении молоди рыб положительно влияет на ее рост и развитие. Лучшее пищевое поведение отмечено при синем и зеленом освещении. Значение коротковолновой части спектра, вероятно, определяется его проникновением в толщу воды. С практической точки зрения этот вопрос нуждается в дальнейшем изучении ихтиологами для уточнения экономической эффективности монохромного освещения при выращивании продукционной рыбы.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черняев Ж.А. О воздействии световой радиации на развитие икры сиговых рыб / Ж.А. Черняев, Т.Н. Довгий // Вопросы рыбного хозяйства Восточной Сибири. — Иркутск, 1969. — С. 50–52.
2. Самаруха В.И. Трансформация воспроизводственных процессов в сельском хозяйстве / В.И. Самаруха, М.Ф. Тяпкина. — DOI 10.38197/2072-2060-2020-226-6-224-242. — EDN ВКНННН // Научные труды Вольного экономического общества России. — 2020. — Т. 226, № 6. — С. 224–242.
3. Санина Л.В. Угрозы обеспечения экономической безопасности малого и среднего предпринимательства на региональном уровне (на примере Забайкальского края) / Л.В. Санина, О.А. Челинога. — DOI 10.34925/EIP.2020.116.3.099. — EDN СХЕРВВ // Экономика и предпринимательство. — 2020. — № 3. — С. 482–487.
4. Перспективы рыбохозяйственного использования маломорского рыбопромыслового района: экономическая оценка и обоснования / А.П. Суходолов, А.П. Федотов, М.М. Макаров [и др.]. — DOI 10.17150/2500-2759.2020.30(2).233-244. — EDN DTFJTT // Известия Байкальского государственного университета. — 2020. — Т. 30, № 2. — С. 233–244.
5. Горбунова О.И. Оценка влияния функционирования системы экологического менеджмента на экономическую эффективность деятельности компании / О.И. Горбунова, Л.В. Каницкая. — DOI 10.17513/fr.42559. — EDN JMRHWF // Фундаментальные исследования. — 2019. — № 10. — С. 23–28.
6. Рубенян А.Р. Влияние интенсивности освещения на икру сига озера Севан / А.Р. Рубенян, В.М. Мурадян, Т.Г. Рубенян // Тезисы докладов Четвертого Всесоюзного совещания по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. — Ленинград, 1990. — С. 63–64.
7. Черняев Ж.А. Эколого-физиологические особенности размножения и развития сиговых рыб / Ж.А. Черняев // Первый Конгресс ихтиологов России : тез. докл. — Астрахань, 1997. — С. 179.
8. Тахтеев В.В. Амфиподы, или бокоплавцы (Amphipoda) / В.В. Тахтеев. — EDN KKSРМО // Байкаловедение / ред. Е.В. Скляр [и др.]. — Новосибирск, 2012. — Кн. 2. — С. 641–653.

9. Ботвинкин А.Д. Новые аспекты в питании восточной ночницы *Myotis pefax* (Mammalia, Chiroptera, Vespertilionidae) на Байкале / А.Д. Ботвинкин, С.И. Дидоренко, В.В. Тахтеев. — EDN KUKNQV // Байкальский зоологический журнал. — 2021. — № 1. — С. 86–91.

10. Дидоренко С.И. Новая трофическая связь в экосистеме Байкала: пелагические бокоплав *Macrohectopus branickii* (Crustacea, Amphipoda) и летучие мыши *Myotis pefax* (Mammalia, Chiroptera) / С.В. Дидоренко, А.Д. Ботвинкин, В.В. Тахтеев. — DOI 10.31857/S0044513420100050. — EDN XBXEKH // Зоологический журнал. — 2020. — Т. 99, № 10. — С. 1140–1147.

11. Биология прибрежной зоны озера Байкал. Сообщение 3. Сезонная динамика инфауны береговых скоплений; гидрохимическая, микробиологическая характеристика интерстициальных вод зоны заплеска / О.А. Тимошкин, И.В. Томберг, Н.Н. Куликова [и др.]. — EDN PAPUEZ // Известия Иркутского государственного университета. Сер.: Биология. Экология. — 2012. — Т. 5, № 1. — С. 92–110.

12. Дементьев М.С. Эколого-гидрологические особенности формирования биоразнообразия рыб водоемов центральной части Северного Кавказа / М.С. Дементьев. — EDN WXJKIH // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. — 2016. — Т. 10, № 3. — С. 59–63.

13. Фильтрационные возможности сообщества *Lubomirskia baikalensis* в условиях модельного эксперимента / О.А. Белых, Л.А. Глызин, Е.А. Константинова, О.Ю. Глызина — DOI 10.17150/25002759.2019.29(2).179-184. — EDN TNGGQO // Известия Байкальского государственного университета. — 2019. — Т. 29, № 2. — С. 179–184.

14. Верховина Е.В. Устойчивость бактерий озера Байкал к антибиотикам как показатель антропогенной нагрузки на экосистему / Е.В. Верховина, В.А. Верховина, О.А. Белых. — DOI 10.17150/25002759.2021.31(2).241-247. — EDN MEJAF // Известия Байкальского государственного университета. — 2021. — Т. 31, № 2. — С. 241–247.

15. Белых О.А. Влияние факторов внешней среды на эффективность кормления аквакультуры / О.А. Белых, С.Е. Розанов, И.С. Розанов. — EDN AYXCSZ // Развитие российского общества: вызовы современности: материалы нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию Байкал. гос. ун-та, Иркутск, 15–16 окт. 2020 г. — Иркутск, 2021. — С. 512–515.

16. Белых О.А. Особенности выращивания живого корма *Artemia salina* в аквакультуре / О.А. Белых, С.Е. Розанов. — DOI 10.17150/25002759.2021.31(3).400-406. — EDN MMBHPT // Известия Байкальского государственного университета. — 2021. — Т. 31, № 3. — С. 400–406.

#### REFERENCES

1. Chernyaev Zh.A., Dovgii T.N. On the effect of light radiation on the development of whitefish caviar. *Questions of fisheries in Eastern Siberia*. Irkutsk, 1969, pp. 50–52. (In Russian).

2. Samarkha V.I., Tyapkina M.F. Transformation of Reproduction Processes in Agriculture. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii = Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*, 2020, vol. 226, no. 6, pp. 224–242. (In Russian). EDN: BKHHEG. DOI: 10.38197/2072-2060-2020-226-6-224-242.

3. Sanina L.V., Chepinoga O.A. Threats to Ensure Economic Security of Small and Medium-Sized Enterprises at the Regional Level (for Example Trans-Baikal Territory). *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and Entrepreneurship*, 2020, no. 3, pp. 482–487. (In Russian). EDN: CXEPBW. DOI: 10.34925/EIP.2020.116.3.099.

4. Sukhodolov A.P., Fedotov A.P., Makarov M.M., Anoshko P.N., Sorokina P.G., Kolesnikova A.V., Zhabina D.A. Prospects of Fish-Husbandry Utilization of Maloye More Fishing Area: Economic Assessment and Substantiation. *Izvestiya Baikalskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2020, vol. 30, no. 2, pp. 233–244. (In Russian). EDN: DTFJTT. DOI: 10.17150/25002759.2020.30(2).233-244.

5. Gorbunova O.I., Kanitskaya L.V. Evaluation of Influence of Functioning of the Environmental Management System on the Economic Efficiency of the Company's Activity. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*, 2019, no. 10, pp. 23–28. (In Russian). EDN: JMPHWF. DOI: 10.17513/fr.42559.

6. Rubenyan A.R., Muradyan V.M., Rubenyan T.G. Influence of illumination intensity on whitefish caviar of Lake Sevan. *Abstracts of the Fourth All-Union Conference on Biology and Biotechnology of Breeding Whitefish*. Leningrad, 1990, pp. 63–64. (In Russian).

7. Chernyaev Zh.A. Ecological and physiological features of reproduction and development of whitefishes. *First Congress of Ichthyologists of Russia. Abstracts of reports*. Astrakhan, 1997, pp. 179. (In Russian).

8. Takhteev V.V. Amphipods, or amphipods (Amphipoda). In Sklyarov E.V. [et al.] (eds.). *Baikal studies*. Novosibirsk, 2012, bk. 2, pp. 641–653. (In Russian). EDN: KKSROM.

9. Botvinkin A.D., Didorenko S.I., Takhteev V.V. New Aspects in Foraging of Eastern Water Bat *Myotis Pefax* (Mammalia, Chiroptera, Vespertilionidae) near Lake Baikal. *Baikalskii zoologicheskii zhurnal = Baikal Zoological Journal*, 2021, no. 1, pp. 86–91. (In Russian). EDN: KUKNQV.

10. Didorenko S.I., Botvinkin A.D., Takhteev V.V. A New, Original Trophic Relationship in the Lake Baikal Ecosystem: the Pelagic Amphipod, *Macrohectopus branickii* (Crustacea, Amphipoda) and *Myotis Pefax* Bats (Mammalia, Chiroptera). *Zoologicheskii zhurnal = Zoological journal*, 2020, vol. 99, no. 10, pp. 1140–1147. (In Russian). EDN: XBXEKH. DOI: 10.31857/S0044513420100050.

11. Timoshkin O.A., Tomberg I.V., Kulikova N.N. [at al.]. Biology of the Coastal Zone of Lake Baikal. 3. Seasonal Dynamics of the Infauna of Onshore Accumulated Material, Hydrochemical and Microbiological Analyses of Interstitial Water in the Splash Zone. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. Ekologiya = The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Biology. Ecology*, 2012, vol. 5, no. 1, pp. 92–110. (In Russian). EDN: PAPUEZ.

12. Demyntsev M.S. Ecological and Hydrological Features of the Fish Biodiversity Formation in Basins of the Central Part of the North Caucasus. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki = Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*, 2016, vol. 10, no. 3, pp. 59–63. (In Russian). EDN: WXJKIH.


13. Belykh O.A., Glyzin L.A., Konstantinova E.A., Glyzina O.Yu. Filtration Capacities of *Lubomirskia baicalensis* Biocenosis in Conditions of a Model Experiment. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2019, vol. 29, no. 2, pp. 179–184. (In Russian). EDN: TNGGQO. DOI: 10.17150/25002759.2019.29(2).179-184.

14. Verkhovina E.V., Verkhovina V.A., Belykh O.A. Analysis of the Antibiotic Resistance of Bacteria Isolated from Various Ecological Niches of Lake Baikal Ecosystem. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2021, vol. 31, no. 2, pp. 241–247. (In Russian). EDN: MEJIAF. DOI: 10.17150/25002759.2021.31(2).241-247.

15. Belykh O.A., Rozanov S.E., Rozanov I.S. Influence of Environmental Factors on Feeding Efficiency. *Development of Russian Society: Challenges of Our Time. Materials of Research Conference with International Participation*, Irkutsk, October 15–16, 2020. Irkutsk, 2021, pp. 512–515. (In Russian). EDN: AYXCSZ.

16. Belykh O.A., Rozanov S.E. Features of Growing Live Food *Artemia salina* in Aquaculture. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2021, vol. 31, no. 3, pp. 400–406. (In Russian). EDN: MMBHPT. DOI: 10.17150/2500-2759.2021.31(3).400-406.

#### Информация об авторах

**Белых Ольга Александровна** — доктор биологических наук, доцент, кафедра отраслевой экономики и управления природными ресурсами, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: BelykhOA@bgu.ru,  <https://orcid.org/0000-0001-7274-1420>, SPIN-код: 5566-0236, AuthorID РИНЦ: 673383.

**Розанов Сергей Евгеньевич** — магистрант, кафедра отраслевой экономики и управления природными ресурсами, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: doctorsr24@gmail.com, SPIN-код: 7411-3976, AuthorID РИНЦ: 422681.

**Исакова Эльвира Николаевна** — магистрант, Институт народного хозяйства, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: Eelnic.isakova@yandex.ru, SPIN-код: 4743-1124, AuthorID РИНЦ: 502915.


#### Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Для цитирования

Белых О.А. Эффекты воздействия спектрального состава светового излучения на гидробионтов при выращивании аквакультуры / О.А. Белых, С.Е. Розанов, Э.Н. Исакова. — DOI 10.17150/2500-2759.2022.32(3).585-591. — EDN QMDJRO // Известия Байкальского государственного университета. — 2022. — Т. 32, № 3. — С. 585–591.

#### Authors

**Olga A. Belykh** — D.Sc. in Biological, Associate Professor, Department of Industrial Economics and Natural Resource Management, Baikal State University, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: BelykhOA@bgu.ru,  <https://orcid.org/0000-0001-7274-1420>, SPIN-Code: 5566-0236, AuthorID RSCI: 673383.

**Sergey E. Rozanov** — Master's Degree Student, Department of Industrial Economics and Natural Resource Management, Baikal State University, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: doctorsr24@gmail.com, SPIN-Code: 7411-3976, AuthorID RSCI: 422681.

**Elvira N. Isakova** — Master's Degree Student, Institute of National Economy, Baikal State University, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: Eelnic.isakova@yandex.ru, SPIN-Code: 4743-1124, AuthorID RSCI: 502915.

#### Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

#### For Citation

Belykh O.A., Rozanov S.E., Isakova E.N. The Effects of the Impact of the Spectral Composition of Light Radiation on Aquatic Organisms in the Cultivation of Aquaculture. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2022, vol. 32, no. 3, pp. 585–591. (In Russian). EDN: QMDJRO. DOI: 10.17150/2500-2759.2022.32(3).585-591.