

Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 94–104.
Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2024. Vol. 70, no 4.
P. 94–104.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.3.06
DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-70-09
EDN: NJMWPY

Обоснование применения светодиодных люстр с разным спектром света для промысла сайры

Василий Владимирович Баринов¹, Евгений Валериевич Осипов²

^{1, 2} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, Россия

¹ barinov.vv@dgtru.ru

² oev@mail.ru

Аннотация. Промысел сайры в основном ведется с использованием светового оборудования и требует соответствующего уровня развития рыболовства, долгие годы промысел вели Япония и СССР, и только в 1989 г. к этому промыслу присоединилась Республика Корея. Применение светового оборудования связано с биофизическими особенностями поведения сайры в световом поле, на основе которого в работе дается обоснование применения светодиодных люстр четырех спектров: на этапе привлечения использовать синие светодиоды длиной волны 495 нм; на этапе адаптации сайры белые светодиоды с температурой 5000 К; для адаптированной сайры белые светодиоды с температурой 3500 К и для выливки улова – зеленые светодиоды длиной волны 520–530 нм.

Ключевые слова: сайра, светодиоды, биофизическое обоснование, промысел сайры на свет

Для цитирования: Баринов В. В., Осипов Е. В. Обоснование применения светодиодных люстр с разным спектром света для промысла сайры // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 94–104.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Justification for the use of LED chandeliers with different light spectrums for saury fishing

Vasily V. Barinov¹, Evgeny V. Osipov²

^{1, 2} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹ barinov.vv@dgtru.ru

² oev@mail.ru

Abstract. Saury fishing is mainly carried out using lighting equipment and requires an appropriate level of development of fishing; for many years, Japan and the USSR were engaged in the fishery, and only in 1989 did South Korea join this fishery. The use of lighting equipment

is associated with the biophysical characteristics of saury behavior in the light field, on the basis of which the paper provides a rationale for the use of LED chandeliers of four spectra: at the stage of attraction, use blue LEDs with a wavelength of 495 nm; at the stage of saury adaptation, white LEDs with a temperature of 5000 K; for adapted saury, white LEDs with a temperature of 3500 K, and for pouring out the catch, green LEDs with a wavelength of 520–530 nm.

Keywords: saury, LEDs, biophysical justification, saury fishing for light

For citation: Barinov V. V., Osipov E. V. Justification for the use of LED chandeliers with different light spectrums for saury fishing. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 70(4): 95–105. (In Russ.).

Введение

Промысел сайры в основном ведётся с использованием светового оборудования и требует соответствующего уровня развития рыболовства, долгие годы промысел вели Япония и СССР, и только в 1989 г. к этому промыслу присоединилась Республика Корея. В настоящее время вылов сайры находится на самом низком уровне. Российский промысел не ведётся уже много лет, а японский флот для прибрежного лова сайры последние 2 года фактически не используется. В результате на отечественный и японский рынки поступает сайра, добытая в центральной части Северного полушария Тихого океана и в районе Курильских островов за 200-мильной зоной на специализированных тайваньских судах, предназначенных для промыслов кальмаров и сайры (рис. 1), имеющих длину до 70 м, оборудованных большими морозильными трюмами.



Рис. 1. Тайваньское специализированное судно для промысла сайры и кальмара в океане: а – кормовая часть левого борта; б – правый борт: 1 – световая люстра для промысла сайры; 2 – кальмароловная лебёдка (в чехле); 3 – световая гирлянда для промысла кальмара; 4 – сайровая сигара, закреплённая попоходному; 5 – машины для подсушки сетной части ловушки во время выборки. Составлено авторами
 Fig. 1. Is a Taiwanese specialized vessel for saury and squid fishing in the ocean: a – the aft part of the port side; б – the starboard side: 1 – a light chandelier for saury fishing; 2 – a squid fishing winch (in a case); 3 – a light garland for squid fishing; 4 – a saury cigar, fixed in a camping manner; 5 – machines for drying the net part of the trap during sampling. Compiled by the authors

В связи с этим отечественный опыт промысла сайры на свет может быть утерян по аналогии с кошельковым промыслом сардины иваси. И с увеличением уровня вылова сайры закупки ее сырья могут быть продолжены у тайваньских компаний в больших количествах. Всё усугубляется еще тем, что, как показано в предыдущих исследованиях [1], по данным [2], отечественный практический уровень знаний в области применения светового оборудования значительно отстал от Японии и Тайваня.

Целью данной работы является обоснование применения светодиодных люстр с разным спектром света для промысла сайры на основе биофизического подхода.

Задачи исследования:

- анализ спектра восприятия сайры и ее адаптация к свету;
- обоснование выбора спектров светодиодов;
- компоновка люстр из светодиодов вдоль бортов судна с учетом поведения сайры в ходе промысла.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования использовались данные по физиологии адаптации сайры к свету и спектры восприятия сайры [3, 4], а также анализ развития промысла сайры в Японии [5] с применением разных источников света.

Результаты и их обсуждение

Характеристики зрения сайры и ее восприятия спектра света опишем как основные параметры [4]:

- 1) крупные глаза со специальной перегородкой, выполняющей функцию светозащитного экрана, имеют область повышенной остроты зрения на сетчатке;
- 2) стержни с максимальной чувствительностью 502 нм, одиночные колбочки 380 нм и двойные конусы 478/565 нм (рис. 2).

Пункт (1) характерен для поверхностных рыб, наличие шторки позволяет рыбе находиться в повышенной области светового потока, что дает возможность на промысле использовать достаточно мощный световой поток для концентрации больших косяков сайры, не снижая отход части сайры от судна, что характерно для глаза других рыб при высокой интенсивности светового потока. Однако у сайры также имеется предел интенсивности восприятия светового потока, при котором косяки рыб распределяются, что уже необходимо учитывать при удержании сайры у борта.

Пункт (2) длина волны 380 нм, восприятие УФ-света для ближней темной зоны. Двойной конус в области 478 нм обрабатывает информацию в промежуточной темно-светлой зоне максимального проникновения света, в том числе в лунную ночь, здесь сайрой используется и максимум стержня 502 нм (рис. 2). Таким образом, сайра обладает отличным зрением для определения корма в области 380–502 нм, именно в ночное время зоопланктон активно поднимается к поверхности моря, при этом биолюминесценция его также находится в этом диапазоне длин волн [6]. Поэтому для привлечения сайры к судну и удержания ее у судна необходимо использовать световой поток в области ночного зрения сайры, однако надо использовать и максимальное проникновение света по глубине воды, и максимум восприятия света у сайры, в работах [1, 7, 8] дается обоснование с учетом этих факторов выбора светодиода длиной волны 495 нм на основе общего исследования спектрального поглощения зрительного вещества сетчатки (рис. 3). Экспериментальные работы [6] показали, что выбор такого спектра света позволяет эффективно контролировать косяки сайры. Однако можно заметить, что кривая интенсивности спектрального поглощения зрительного вещества сетчатки глаза сайры (рис. 3) совпадает с кривой интенсивности спектрального поглощения стержней (см. рис. 2, а), что отражает обработку информации сайры в неадаптированном к свету глазе.

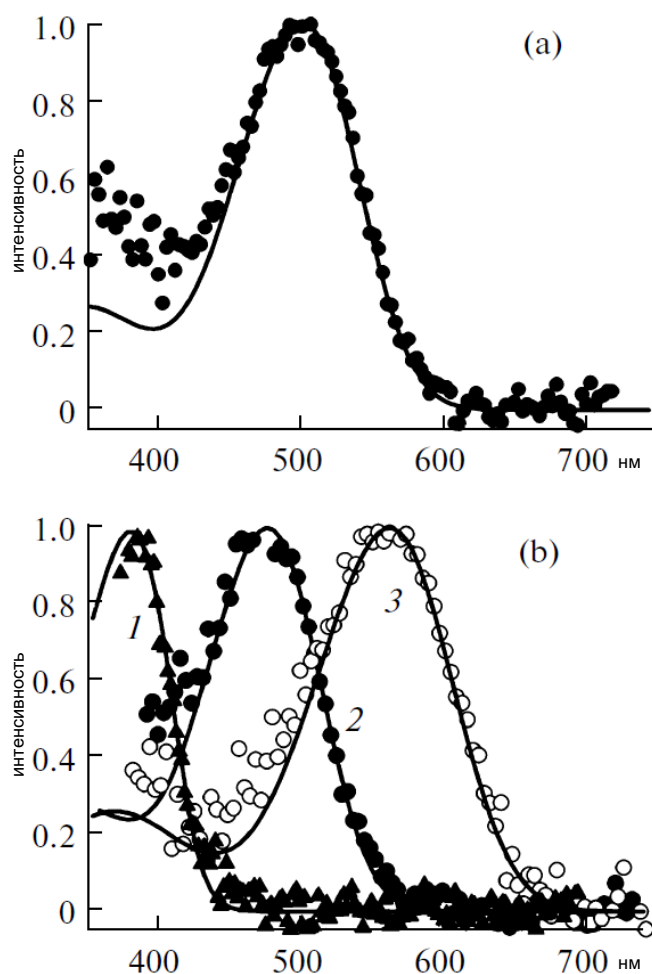


Рис. 2. Спектры зрительных рецепторов сайры [4]: а – диаграмма стержней 502 нм; б – диаграммы колбочки 1 при максимуме 380 нм, двойного конуса, 2 при максимуме 478 нм и второго конуса 3 при максимуме 565 нм конусов. Составлено авторами

Fig. 2. Spectra of saury's visual receptors [4]: a – diagram of rods of 502 nm; b – diagram of a cone 1 at a maximum of 380 nm, a double cone, 2 at a maximum of 478 nm and a second cone 3 at a maximum of 565 nm cones. Compiled by the authors

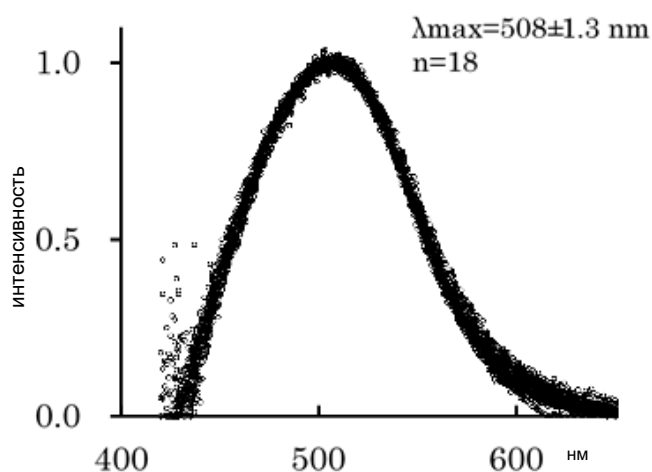


Рис. 3. Спектральное поглощение зрительного вещества сетчатки глаза сайры [3, 6].

Составлено авторами

Fig. 3. Spectral absorption of the visual matter of the cyrus retina [3, 6]. Compiled by the authors

При переводе могут возникать потери, связанные с выходом сайры из световой области. В общем, в современных учебниках полное биофизическое описание данного процесса не дано, имеются только рекомендации по управлению этим процессом с контролем реакции сайры, например, в тренажере [9] этот процесс реализован на основе собранных экспериментальных данных и, соответственно, верно только при использовании применяемых тогда источников света. Если облавливать сайру с установленной ловушкой, переводя косяк на рабочий борт, то уловы минимальны, поскольку сайра очень подвижная и выходит из зоны облова. Однако промысловая информация и модели в тренажере [9] связаны с временным фактором, чем перевод производится быстрее, тем больше потери улова.

В работе [3] проведены исследования по адаптации сайры к свету, на рис. 4 показано состояние зрительного аппарата сайры и время адаптации его к свету при выходе из темного ночного режима, которое характеризуется подъемом конусов. На седьмой минуте конусы еще находятся в начальном состоянии ночного режима, на 34-й минуте конусы только достигают среднего расстояния и, начиная с 117-й минуты, конусы почти доходят к зоне адаптации к дневному свету. Как отмечают авторы [3], адаптация к свету зрительного аппарата сайры в целом достигалась после 90–150 мин, но реакция на свет конусов не достигалась полностью даже после 150 мин нахождения под светом (рис. 4), в отличие от колбочек, которые начинали двигаться через 5 мин после включения света, с различными переходными стадиями адаптации из-за длины волны света, полностью сайра адаптировалась к свету через 60 мин. Это связано с тем, что если посмотреть на рис. 2, то видна реакция конусов в области 380–500 нм и в особенности у конуса с максимумом в 565 нм, при этом конусы являются двойными с максимумами в 478 нм и 565 нм.

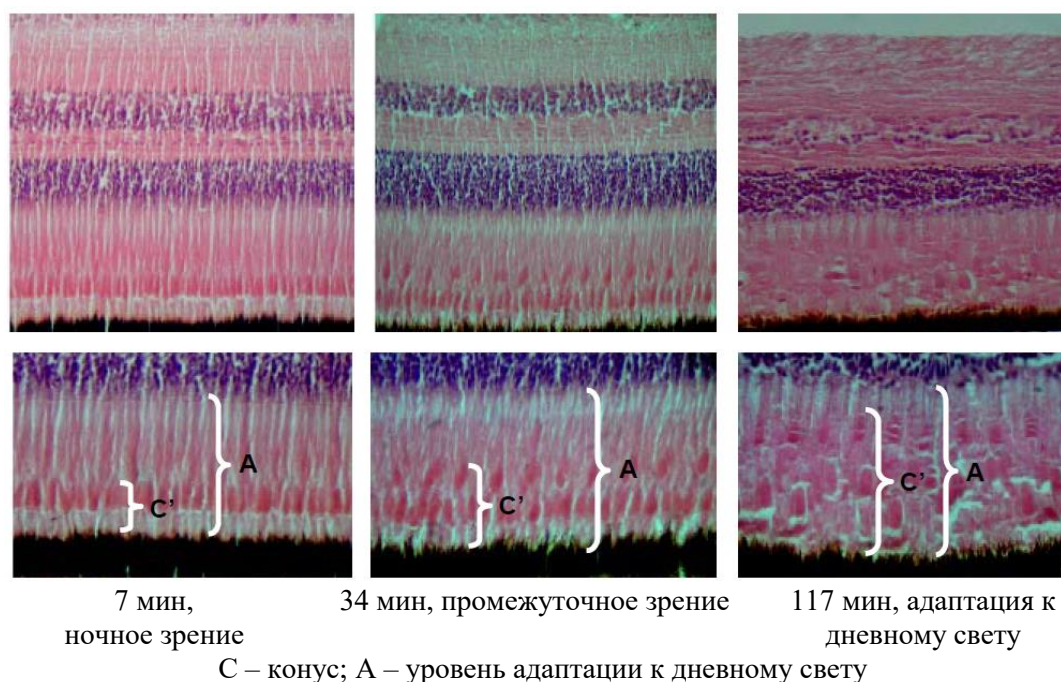


Рис. 4. Адаптация глаза сайры при использовании света [3]. Составлено авторами
Fig. 4. Adaptation of saury's eye when using light [3]. Compiled by the authors

При адаптации к свету диаметр линзы глаза увеличивался с 1,40 мм до 4,71 мм пропорционально росту длины вилки глаза [3], и, соответственно, уменьшалась плотность конусов, колбочек и стержней, что позволяло большему количеству света проникнуть в глаз и обработать больший спектр длин волн от солнечного света, в том числе и в области 380–500 нм (см. рис. 2).

Временной интервал адаптации сайры к дневному свету фактически совпадает с более результативными временными интервалами процессов промысла. Таким образом, при адаптации к свету конусы у сайры переходят к большей обработке информации в область 565 нм, при этом конусы, стержни и колбочки также воспринимают, хоть и слабее, длины волн и в спектре более 500 нм. Это показывает, что опираться в выборе спектра светодиодов только на данные спектра (рис. 3) недостаточно, а нужно рассматривать весь спектр (см. рис. 2).

Все это позволяет сделать определённые выводы о выборе спектра света для привлечения сайры к судну, удержанию ее у борта судна, связанные с адаптацией к дневному свету и временем адаптации, которые представим следующими процессами:

П1 – привлечение сайры к борту судна необходимо осуществлять синим сектором света 495 нм, который близок максимуму восприятия света сайрой 502 нм и уверенно воспринимается сайрой в теневой зоне, при этом свет такой длины проникает на большую глубину, что позволяет использовать источники света для привлечения с большего расстояния, чем лампы другого спектра;

П2 – после привлечения сайры к борту судна происходит адаптация сайры к свету, которая длится 90–150 мин, эта адаптация происходит при использовании синих ламп диапазона 495 нм, но и требует наличие ламп уже дневного света с максимумом 565 нм и наличием синего спектра;

П3 – после адаптации сайры к свету требуются лампы уже с минимумом синего спектра, но с максимумом 565 нм, что позволяет лучше удерживать сайру у борта судна, а в случае ее перевода вдоль борта позволяет ей не уходить на периферию светового поля (в область адаптации к темноте);

П4 – как было отмечено [5, 6], на заключительном этапе при выборке улова в место красного света используется зеленый свет в диапазоне 520–530 нм, с помощью которого сайра более продолжительно удерживается в спокойной состоянии у поверхности и легко облавливается.

На основе этих данных с учетом характеристик светодиодов существует два подхода к созданию светодиодных ламп:

1) использовать светодиоды RGBW (R – красный, G – зеленый, B – голубой, W – дневной свет), которые могут излучать широкий спектр света и в зависимости от процессов (П1–П4) регулировать спектр;

2) использовать несколько ламп с разной длиной волн светодиодов для каждого процесса с учетом их обобщающих спектров излучения.

В Японии применялись светодиоды RGBW, как показал анализ их использования, это применение носило не вполне обоснованный характер [5]. Светодиоды RGBW имеют более сложное управление по сравнению с обычными светодиодами в виде двух дополнительных управляющих каналов, их размещение на люстре удорожает стоимость лампы. Самое главное, что для создания дневного света используется как отдельно, так и совместно с излучателями R, G, B дополнительный светодиодный излучатель с люминофором. Как правило, излучатели R, G, B имеют не сильный световой поток, а модуль W на порядок больше. В случае выбора светодиодов RGBW необходимо определять их компоновку из условия, что на основе промысловых данных площадь панели светодиодов $0,0764 \text{ м}^2$ должна иметь световой поток $F = 43000$ лм. Одним из подходов является использование ламп дневного света с разной температурой, изменяя силу тока можно создавать различный спектр света [10].

Если рассматривать процессы управления светодиодами RGBW в соответствии с П1–П4, то алгоритм управления следующий:

- при П1 будет работать только излучатель B;

- при П2 необходимо задействовать весь RGBW, но и иметь дополнительно излучатель В, чтобы какое-то время поддерживать восприятие сайры света в теневом диапазоне, на который настроен глаз сайры при подходе к борту судна, но при наличии интенсивного светового потока. Затем в течение времени адаптации сайры снижать мощность излучателя В и увеличивать спектр света с максимумом 565 нм, используя весь светодиод RGBW;

- при П3 необходимо использовать настройку светодиодов в последнем режиме П2;

- при П4 на завершающем этапе задействуется излучатель G.

Из описания управления RGBW следует, что для второго подхода необходимо иметь лампы синего света В, зеленого G и два варианта дневного света, один для поддержания процесса адаптации сайры к свету и когда эта адаптация наступила.

Светодиоды дневного света необходимо использовать изготовленные на основе синего светодиода с разным люминофором, в этом случае для таких светодиодов используется температура цвета в кельвинах. На рис. 5 показана диаграмма распределения интенсивности светового потока (кривая Планка) при разной температуре, в случае использования светодиодов температура 7000 К обеспечивается использованием фиолетового светодиода с люминофором. На рис. 6 приведены обобщённые данные светодиодов, дающие соответствующую температуру света, необходимо отметить, что производители светодиодов могут выпускать светодиоды с изменёнными спектрами.

Из диаграммы (рис. 5) следует, что необходимо выбирать светодиод дневного света с температурой 5000 К, который имеет максимум, близкий с максимумом чувствительности второго конуса 565 нм, спектр такого светодиода показан на рис. 6. Спектр светодиода 5000 К имеет максимум интенсивности в диапазоне синего светодиода, что позволяет эффективно привлекать сайру на первом этапе и адаптировать к дневному свету.

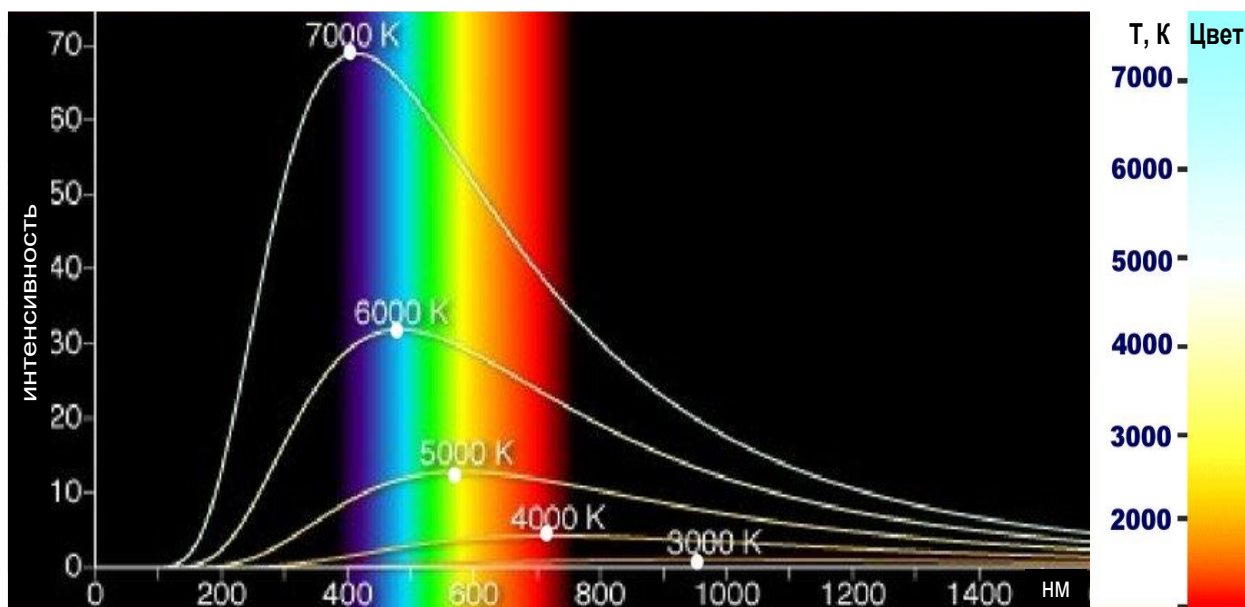


Рис. 5. Диаграмма распределения интенсивности светового потока при разной температуре (авторский рисунок)

Fig. 5. Diagram of the distribution of the intensity of the luminous flux at different temperatures. Compiled by the authors

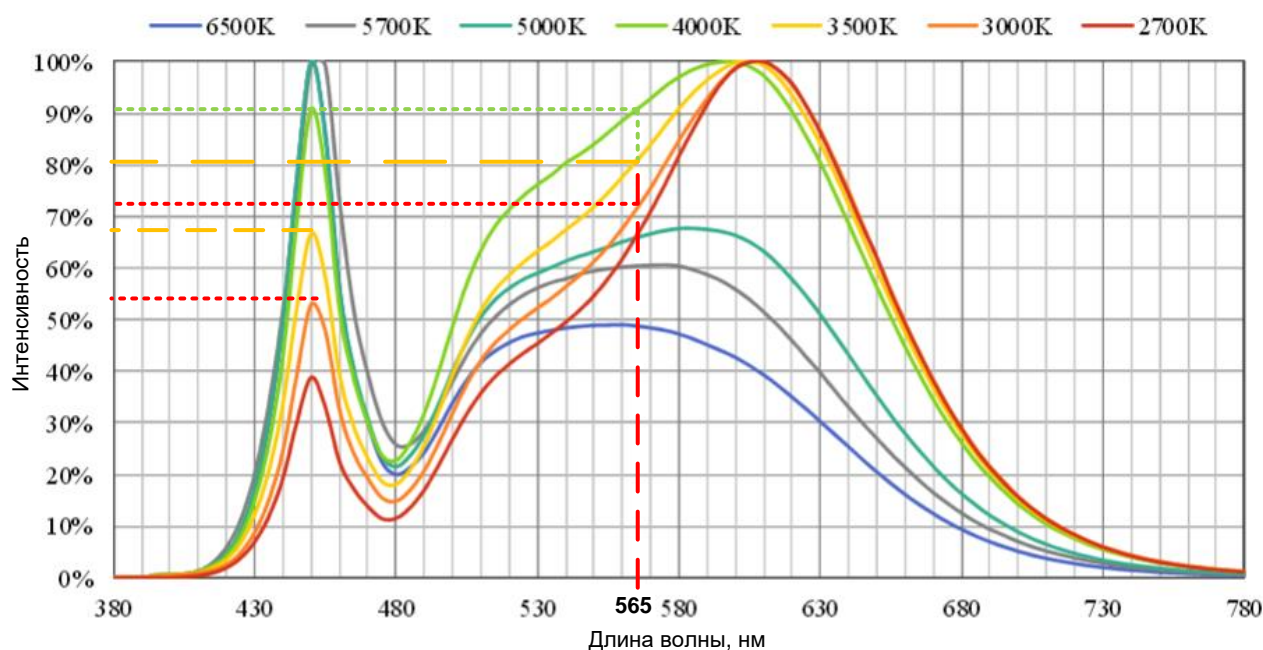


Рис. 6. Диаграмма распределения интенсивности светового потока при разной температуре светодиодов белого света. Составлено авторами

Fig. 6. Is a diagram of the distribution of the intensity of the luminous flux at different temperatures of white light LEDs. Compiled by the authors

Для адаптированного зрения сайры необходимо выбрать тёплый дневной свет с минимальным синим спектром и с максимумом чувствительности второго конуса 565 нм. Исходя из спектров белых светодиодов (рис. 6), наиболее подходящим является светодиод с температурой 3500 К, поскольку имеет максимум ближе к 565 нм и меньше интенсивность синего света. Поскольку у светодиода с температурой 4000 К интенсивность синего и при 565 нм почти равны, у светодиода с температурой 3000 К суммарно интенсивность в диапазоне 380–565 нм меньше, чем у светодиода 3500 К.

Следующей задачей является распределение светового потока с разной длиной волны на выстреле люстр, для решения которой на рис. 7 показана схема размещения люстры с областями при одинаковом световом потоке, где область Б – область прямого потока света от люстр, А – область у судна, образованная углом рассеивания света люстр, для которых минимальное световое поле для удержания сайры составляет 150–200 лм [11]. Область Г (вертикальная проекция) – область привлечения сайры к судну, также образованная углом рассеивания света люстр Г, при этом минимальная освещенность для привлечения сайры составляет 0,01–0,1 лк [11], поэтому В – периферийная, образованная углом рассеивания света люстр В, лежит по освещенности меньше 150 лк и более 0,1 лк. На рис. 7 приведенные области А, Б, В, Г и соответствующие углы показаны схематически и зависят от конкретного светового оборудования и их установки.

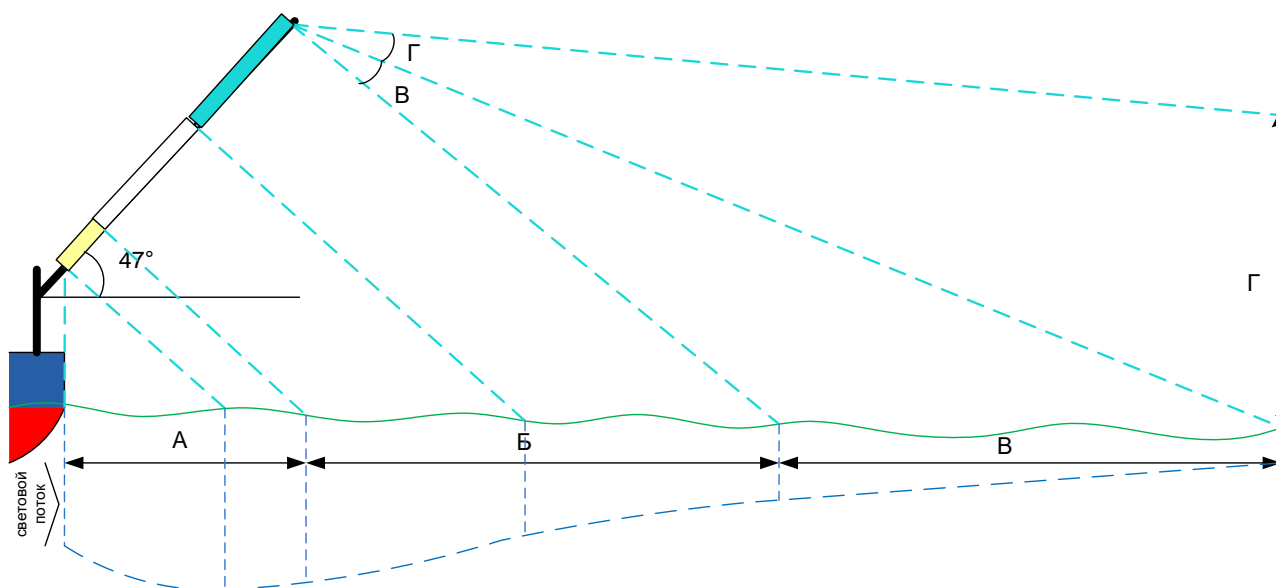


Рис. 7. Схема распределения интенсивности светового потока от ламп. Составлено авторами
 Fig. 7. Is a diagram of the distribution of the intensity of the luminous flux from the lamps.
 Compiled by the authors

Для области Г и В необходимо использовать лампы синего света В: при падении мощности светового потока от расстояния синий свет проходит на большую глубину в воде. Также сайра, заходя в область В, начинает проходить адаптацию, как показано выше, для этого необходим синий свет.

По мере адаптации сайры будет ближе подходить к борту судна (область Б), поэтому здесь размещают лампы дневного света с температурой 5000 К. Наиболее адаптированная сайра подходит ближе к борту судна (область А), где необходима установка ламп дневного света с температурой 3500 К, размер люстр которых 14–20 % от общего количества люстр на выстреле. Поскольку, как описано выше, сайра при адаптации обрабатывает информацию и в спектре 380–500 нм (см. рис. 2, 3), также лампа размещается у борта судна, ближе к поверхности воды, что обеспечивает достаточный световой поток. И как показано на схеме, в световой области ближе к борту судна А и на границе области Б может скапливаться больше адаптированной к свету сайры, чем в области Б и В. Другие лампы выбираем по размеру равными, поскольку, учитывая спектр лампы дневного света с температурой 5000 К, в нем присутствует отдельно и мощный синий спектр, и задача этих ламп – привлечь скопления сайры к борту судна, поэтому их количество должно быть больше, чем ламп 3500К.

Заключение

На основе исследований [3, 4] восприятия спектра сайры и ее адаптации к свету показано, что необходимо использовать полный спектр стержней, палочек и двойных конусов сайры (см. рис. 2), поскольку позволяет обосновать выбор спектров светодиодов и размещения люстр на борту судна.

Рассмотрено два подхода по использованию светодиодов, исходя из их конструктивной особенности применения RGBW и ламп с несколькими заданными спектрами: синего света В 495 нм, дневного света с температурой 5000 К и дневного света с температурой 3500 К. Отдельно рассмотрено использование ламп зеленого света G в диапазоне 520–530 нм в процессе облова ловушкой.

Исходя из особенностей работы RGBW, их стоимости и особенностей восприятия сайрой света, рекомендуется использование второго подхода применения ламп заданного спектра

света. Это определяет и предложенную компоновку люстр из светодиодов вдоль бортов судна с учетом поведения сайры в ходе промысла: адаптированная к свету сайра находится ближе к борту судна и облучается светом в желтом диапазоне температуры 3500 К (15–20 % света), сайра в процессе адаптации находится дальше от борта судна и облучается дневным светом температурой 5000 К (40–44 % света), сайра, попавшая в световую область судна из темной области, облучается синим светом 495 нм (40–44% света). В случае использования светодиодов RGBW схема управления световым спектром будет совпадать со схемой, показанной на рис. 7, а также с плавными переходными зонами между цветами.

Список источников

1. Бойцов А. Н., Лисиенко С. В., Осипов Е. В., Бойцова Т. М., Баринов В. В., Наумов Д. Г. Разработка инновационных источников света на основе светодиодов для промысла сайры // Рыбное хозяйство. 2022. № 1. С. 82–85. DOI 10.37663/0131-6184-2022-1-82-85. EDN TUMSMV.
2. Мизюркин М. А., Жук А. П., Кручинин О. Н., Еремин Ю. В., Буслев А. В., Вологов В. М., Ваккер Н. Л., Филатов В. Н., Захаров Е. А., Сытов А. М. Результативность промысла сайры судами, оснащенными различными источниками света // Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 30–34.
3. Arimoto T. Fish Behaviour and Visual Physiology in Capture Process of Light Fishing. // The ASEAN-SEAFDEC Conference on Sustainable Fisheries for Food Security towards 2020.
4. Кондрашев С. Л., Гнубкина В. П. Особенности строения глаза и спектральная чувствительность фоторецепторов сетчатки сайры *Cololabis saira* // Биология моря. 2011. Т. 37, № 2. С. 134–141.
5. Баринов В. В., Осипов Е. В. Развитие промысла сайры в Японии с использованием света // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы V Нац. науч.-техн. конф., Владивосток, 22 декабря 2021 года. Владивосток : Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2022. С. 3–8. EDN MRJARQ.
6. 丹澤 俊介. サンマの視感度特性に基づくLED 漁灯の棒受網操業への応用. (Practical Use of LED Fishing Light for Stick Held Dip Net Operation Based on Visual Spectral Sensitivity of Pacific Sauri *Cololabis saira*) <http://id.nii.ac.jp/1342/00001669/>.
7. Бойцов А. Н., Лисиенко С. В., Осипов Е. В. и др. Совершенствование промысла водных биоресурсов, обладающих положительной реакцией на свет, при использовании синих светодиодов // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2022. № 1(73). С. 7–15. DOI: 10.24143/1812-9498-2022-1-7-15. EDN AKZUUS.
8. Бойцов А. Н., Лисиенко С. В., Осипов Е. В. и др. Использование светодиодов синего цвета на промысле гидробионтов в целях повышения эффективности промысла // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 4. С. 74–81. DOI: 10.24143/2073-5529-2022-4-74-81. EDN FLFQPS.
9. Патент № 2436168 С2 Российская Федерация, МПК G09В 9/00. Тренажерный комплекс для автоматизированного обучения навыкам поиска и облова рыбы и морских беспозвоночных, положительно реагирующих на свет. № 2009149786/28 ; заявл. 31.12.2009 ; опубл. 10.12.2011 / Еремин Ю. В., Балло А. В., Бурлаков Д. Б., Филатов В. Н., Бойцов А. Н., Баринов В. В., Карпушин И. С., Лисиенко С. В., Осипов Е. В., Пак А., Чернецов В. В; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет». EDN NHMJGC.
10. Патент № 2710988 С1 Российская Федерация, МПК А01К 75/02, А01К 79/02. Способ привлечения гидробионтов, положительно реагирующих на свет. № 2019120503 ; заявл.

02.07.2019 ; опубл. 14.01.2020 / Еремин Ю. В., Будоянов Д. А., Балло А. В., Касьяненко В. В., Осипов Е. В. [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ПРОМСВЕТ-ДВ». EDN HWTXFW

11. Сидельников И. И. Добыча тихоокеанских рыб и кальмаров на свет. М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 136 с.

Информация об авторах

В. В. Баринов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное рыболовство».

Е. В. Осипов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное рыболовство».

Information about the authors

V. V. Barinov – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries.

E. V. Osipov – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries.

Статья поступила в редакцию 29.10.2024; одобрена после рецензирования 14.11.2024; принята к публикации 26.11.2024.

The article was submitted 29.10.2024; approved after reviewing 14.11.2024; accepted for publication 26.11.2024.