
КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ

УДК 597.4.57.045

ПИТАНИЕ АНАБАСА *Anabas testudineus* В ТЕМНОТЕ: НАБЛЮДЕНИЯ В ИНФРАКРАСНОМ СВЕТЕ

© 2021 г. Е. Д. Павлов^а, *, Е. В. Ганжа^а, Д. С. Павлов^а

^аИнститут проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, Москва, Россия

*e-mail: p-a-v@nxt.ru

Поступила в редакцию 15.06.2020 г.

После доработки 17.07.2020 г.

Принята к публикации 30.07.2020 г.

Выполнено сравнительное исследование питания анабаса *Anabas testudineus* (Bloch, 1792) плавающим на поверхности воды гранулированным кормом на свету (~100 лк), в темноте и при освещении инфракрасным светом (780–900 нм). Выяснено, что анабас способен в равной мере питаться в темноте и при освещении ИК-светом (37 и 30% гранул), что значительно хуже, чем на свету (73% гранул). Если на свету рыбы мгновенно реагировали на внесенный корм и начинали потреблять его, то при инфракрасном свете первые гранулы они схватывали в среднем лишь через две с лишним минуты после начала опыта. Это указывает на отсутствие у анабаса зрительной реакции на корм при инфракрасном свете.

Ключевые слова: анабас *Anabas testudineus*, пищевое поведение, инфракрасный свет, темнота

DOI: 10.31857/S0320965221010101

Анабас *Anabas testudineus* (Bloch, 1792) широко распространен в Юго-Восточной Азии, часто обитает в стоячих и слабо текущих водоемах, в том числе в прудах и каналах системы рисовых чеков с высокой мутностью воды. Суточный ритм и особенности питания анабаса слабо изучены. Есть данные, что основным рационом для молоди анабаса служит зоопланктон; взрослые особи анабаса всеядны — питаются водными насекомыми, их личинками и другими беспозвоночными, мелкой рыбой, а также растительностью (Shingh, Samuel, 1981). Ранее проведенная работа (Павлов и др., 2019) показала, что количество потребляемого анабасом искусственного гранулированного корма увеличивается в вечерние часы. Данные, указывающие на способность анабаса питаться в темноте, в доступной литературе не найдены.

Для наблюдения в темноте за поведением рыб применяют излучение в инфракрасном спектре при условии отсутствия чувствительности к нему у объекта исследований. Пресноводные рыбы, в том числе анабас (Ahmadi Ahmadi, 2018), как правило, лучше воспринимают свет большей длины волны — желтую часть спектра (Павлов и др., 1970; Протасов, 1978; Lythgoe, 1984). По электрофизиологическим (Протасов, 1978) и поведенческим (Павлов и др., 1970) исследованиям показано, что спектральная чувствительность пресноводных рыб не затрагивает инфракрасный спектр излучения. Однако появились данные по наличию восприятия пресноводными рыбами света в

инфракрасном диапазоне: карпа *Cyprinus carpio* L. (Matsumoto, Kawamura, 2005), нильской (*Oreochromis niloticus* L.) (Kobayashi et al., 2002; Matsumoto, Kawamura, 2005) и мозамбикской тилляпии *O. Mossambicus* (Peters, 1852) (Shcherbakov et al., 2012, 2013), *Pelvicachromis taeniatus* (Boulenger, 1901) (Meuthen et al., 2012). Имеется предположение, что спектральная чувствительность рыб к красному и инфракрасному свету в сильно замутненных водоемах может отражать их эволюционную адаптацию к сложившимся условиям обитания (Shcherbakov et al., 2013). Присутствует ли такая адаптация у анабаса на данный момент неизвестно.

Цель работы — изучить возможность питания анабаса в темноте и его восприимчивость к инфракрасному свету.

Исследования проведены в январе–феврале 2020 г. в Приморском отделении Российско-вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра (СРВ, г. Нячанг). Особей анабаса (средняя длина 71 ± 1.9 мм, масса 12 ± 1.2 г) отловили в прудах при помощи традиционных искусственных укрытий-ловушек. Средняя глубина прудов составляла 70 см, средняя температура воды — 24 °С, прозрачность воды — 20–30 см. Отловленных рыб перевозили в лабораторию и содержали при температуре воды 25–26 °С в четырех аквариумах объемом 100 л по 25 особей в каждом. Чтобы исключить попытки анабаса выпрыгнуть, аквариумы заполняли водой наполо-

вину (50 л) и накрывали стеклянными крышками с небольшим зазором для доступа воздуха. В период акклимации (3 дня после пересадки в аквариумы) смену воды в аквариумах осуществляли 2 раза в сут, в последующие дни — 1 раз в сут. Рыб кормили ежедневно сухим гранулированным кормом Humpy Head (“Yi Hu Fish Farm Trading”, Сингапур) с диаметром гранул около 3 мм и средней массой 10 мг, рацион избыточный — 15% от средней массы тела особи. Корм длительное время (>30 мин) плавал на поверхности воды. Большая часть рыб начинала потреблять гранулированный корм в течение первых трех суток.

Для проведения опытов рыб, не получавших корм в течение последних 6–8 ч, по 5 экз. из общих аквариумов пересаживали в четыре аквариума с объемом воды 14 л. Дно и боковые стенки аквариумов были изолированы от внешнего света при помощи черной матовой непрозрачной пленки. Над аквариумами был смонтирован полог из непрозрачной плотной пленки, закрывающей их сверху и с боков. Для дополнительной изоляции аквариумов от внешнего света их накрывали крышками с наклеенной черной пленкой. Эксперименты проводили в темное время суток (с 18:00 по 21:00) в помещении, где уровень освещенности в это время не превышал 0.1 лк (минимальное детектируемое значение люксметром Amtast LX1330B).

Выполняли три группы опытов, разделенных по типу освещения в аквариумах в период опыта: контрольные опыты на свету (включена люминесцентная лампа, освещенность ~100 лк); опыты в темноте (лампа выключена); опыты при инфракрасном свете (включена инфракрасная подсветка видеокamеры, лампа выключена).

В контрольных опытах (на свету) аквариумы с пересаженными рыбами были закрыты прозрачным стеклом для исключения выпрыгивания особей. Во время проведения опытов в темноте аквариумы закрывали непрозрачной крышкой и опускали полог. В опытах с инфракрасной подсветкой аквариумы с рыбами закрывали непрозрачной крышкой с прорезью (4×4 см²) в верхней части, в которую устанавливали видеокamerу SJcam A10, оборудованную по периметру 6-ю диодными излучателями, работающими в инфракрасном диапазоне. Расстояние от объектива камеры до поверхности воды составляло 30 см, до дна аквариума — 45 см. Видео записывали с разрешением кадра 1280×720 p (30 к/с); в течение всего опыта LCD-экран видеокamеры был выключен. Инфракрасные светодиоды излучали свет с длиной волны от 780 до 900 нм. Измеряли длину световой волны спектрометром Ocean Optics HR 2000.

По прошествии периода акклимации рыб к условиям непосредственно эксперимента (30 мин) верхнее стекло над аквариумами (в контрольных

опытах) или крышку (опыты в темноте и при ИК-свете) на короткое время (5–10 с) сдвигали на 1–2 см; в получившуюся прорезь в каждый аквариум засыпали 25 гранул корма. В темноте и на свету в связи с сильными бликами от стекла видеорегистрацию поведения анабаса в течение опыта (последующих 20 мин после акклимации) не проводили. В опытах с инфракрасной подсветкой на видеозаписях оценивали потребление анабасом корма и фиксировали время схватывания первой гранулы. Через 20 мин после подачи корма опыт прекращали, рыб пересаживали в аквариумы постоянного содержания и подсчитывали число гранул, оставшихся несъеденными, в экспериментальных аквариумах. Аквариумы чередовали по группам выполняемых опытов. Всего было проведено 77 опытов (26 на свету, 25 в темноте, 26 при инфракрасной подсветке).

Статистическая обработка материала выполнена по индивидуальным значениям с использованием: непараметрического дисперсионного анализа (*H*-критерия Краскала-Уоллиса), *U*-критерия Манна-Уитни, критерия Стьюдента для долей.

По нашим наблюдениям рыбы на свету активнее, чем при инфракрасном свете — они чаще перемещались в аквариуме, держались преимущественно в толще воды. Рыбы, находящиеся на свету (в 25 опытах из 26) моментально (в первые секунды) реагировали на подачу корма и начинали его потреблять.

При инфракрасном свете особи плавали медленно, чаще держались у стенок аквариума головой вверх, перемещаясь вдоль них в разных направлениях. При этом рыбы редко сталкивались друг с другом. Часть из них практически в течение всего опыта неподвижно лежали на дне аквариума. При инфракрасном свете особи на подачу корма не реагировали — не подплывали к корму, не пытались схватить гранулу. Потребление корма начиналось не ранее, чем через 25 с после подачи корма. В среднем успешное обнаружение и потребление первой гранулы в большинстве опытов (17 из 26) занимало 2.2 ± 0.46 (0.4–8.4) мин. В ряде опытов (в 9 из 26) ни одна из гранул не была потреблена.

У рыб, содержащихся при инфракрасном свете, доверительный интервал для генерального среднего времени начала потребления первой гранулы корма (135 с) составил 59 с. С вероятностью 0.95 можно утверждать, что среднее время, необходимое для успешного обнаружения гранулы, при выборке большего объема не выйдет за пределы этого интервала.

Проведенный анализ видео показал, что в инфракрасном свете обнаружение рыбами первой гранулы, вероятно, происходит случайным образом. Для вентиляции наджаберной полости, где

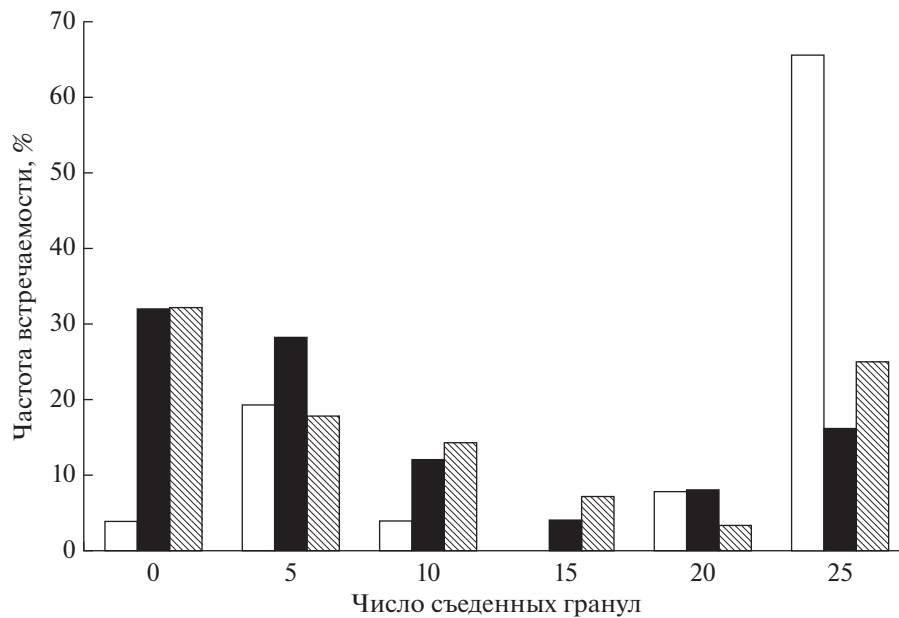


Рис. 1. Число съеденных анабасом *Anabas testudineus* гранул корма в опытах при различной освещенности: на свету (□), в темноте (■), при инфракрасном свете (▨).

располагается лабиринтовый орган анабасу необходимо время от времени всплывать к поверхности и захватывать атмосферный воздух (Graham, 1997; Hughes, Singh, 1970). Иногда они заглатывали гранулу корма, плавающую на поверхности воды. В некоторых случаях рыбы эту гранулу отвергали. После схватывания первой гранулы рыба начинала поиск других гранул, плавающих на поверхности воды, их схватывание происходило в результате прямолинейного движения к грануле с расстояния, не превышающего 3 см.

Непараметрический дисперсионный анализ показал, что потребление анабасом корма зависит от наличия света (H -критерий Краскала–Уоллиса: $p < 0.001$). Рыбы в контрольных опытах в большинстве случаев (15 опытов из 26) потребляли за время опыта весь доступный корм (см. рис. 1).

Доля съеденных гранул у рыб в контрольных опытах была заметно выше (критерий Стьюдента для долей: $p < 0.001$), чем у особей в темноте и при инфракрасном свете (73% гранул против соответственно 30 и 37%). Различий по количеству потребляемого корма между особями, содержащимися в темноте и при инфракрасном свете, не обнаружено (критерий Стьюдента для долей: $p = 0.3$; U -критерий Манна–Уитни: $p = 0.6$). В темноте и при инфракрасном свете рыбы реже потребляли корм (U -критерий Манна–Уитни: $p < 0.01$), чем особи на свету (68% случаев против 96%).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что анабас способен питаться искусственным плавающим на поверхности воды кормом не

только на свету, но и в темноте и при инфракрасной подсветке. При инфракрасной подсветке в диапазоне 780–900 нм потребление особями корма сходно с таковым у рыб в темноте.

При инфракрасном свете рыбы тратят значительное время на обнаружение корма по сравнению с особями на свету, обнаруживающими и схватывающими гранулы моментально после их внесения в аквариум. Потребление корма в инфракрасном свете у анабаса, вероятно, носит случайный характер – происходит при систематическом подъеме к поверхности воды и захватывании атмосферного воздуха. По-видимому, число съеденных гранул в опыте зависит от времени обнаружения первой гранулы, после которого рыбы начинают чаще подниматься вверх, исследуя всю площадь водной поверхности.

Не исключено, что при использовании корма с другими характеристиками плавучести (взвешенного в толще воды или лежащего на дне), разница в скорости питания рыб контрольной и опытных групп будет еще большей. Для других видов рыб известна способность питаться в темноте не только неподвижным, но и подвижным кормом (Гирса, 1981). Это характерно, в частности, для хищных рыб – налима *Lota lota* L., обыкновенного сома *Silurus glanis* L., речного угря *Anguilla anguilla* L., – при освещенности ≤ 0.01 лк и связано со снижением зрительной доступности хищника для жертвы и прекращения у последней стайного поведения (Гирса, 1981; Касумян, Павлов, 2018; Павлов 1959, 1963). Остается неясным вопрос, способен ли ана-

бас питаться подвижными организмами в темноте и проявляется ли у него суточная динамика питания.

Во время опытов рыб содержали в малом объеме воды (плотность посадки 0.36 экз./л). В отсутствие возможности визуального обнаружения корма анабас мог обнаруживать гранулы при помощи тактильной рецепции, боковой линии и обоняния. Эти сенсорные системы играют ведущую роль при питании рыб в темноте, но они остаются недостаточно изученными у анабаса (Касумян и др., 2020; Begum et al., 2013; Binoy et al., 2015). Известно, что дистантность действия боковой линии относительно мала (не превышает 1–2 двух длин тела рыб) (Kasumyan, 2003), при этом она дает возможность точно оценивать в основном подвижные предметы. Проведенная работа А.О. Касумяном с соавторами (2020) указывает на хорошую способность анабаса к “локальному обонятельному поиску”.

Отсутствие реакции на инфракрасную подсветку позволяет применять данную видеоаппаратуру для оценки поведения анабаса в темное время суток. В целях корректности применения метода необходимо подвергать спектральному анализу инфракрасные диоды используемых видеокамер.

Выводы. Анабас способен в темноте потреблять искусственный гранулированный корм с поверхности воды. Особи, содержащиеся в темноте и при инфракрасном свете, не реагируют на подачу корма и начинают питаться в среднем на 2 мин позже, чем особи на свету (освещенность ~100 лк). При инфракрасном свете и в темноте рыбы съедают меньше гранул, чем на свету — соответственно 37 и 30% против 73%. Отсутствие различий в питании у рыб в темноте и при инфракрасной подсветке свидетельствует о том, что анабас не чувствителен к ИК-свету с длиной волны от 780 до 900 нм, что позволяет применять инфракрасную подсветку для наблюдений за поведением рыб в темное время суток.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам Приморского отделения Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, М.А. Ручьеву (Карнц РАН), Чан Дык Зьену за помощь в сборе и обработке материала; К.И. Бойко (ИПЭЭ РАН) за спектральный анализ излучения инфракрасных светодиодов; А.О. Касумяну (МГУ), В.В. Костину, Д.Д. Зворыкину и В.А. Бастакову (ИПЭЭ РАН) за ценные замечания по тексту рукописи.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Сбор материала осуществлен при финансовой поддержке Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра

(программа Эколан 3.2); анализ материала и подготовка статьи — при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 19-14-00015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гирса И.И. 1981. Освещенность и поведение рыб. Москва: Наука.
- Касумян А.О., Пащенко Н.И., Оань Л.Т.К. 2020. Морфология органа обоняния анабаса *Anabas testudineus* (Anabantidae, Perciformes) // Зоол. журн. Т. 99. № 11. (В печати).
- Касумян А.О., Павлов Д.С. 2018. Стайное поведение рыб. Москва: Товарищество научных изданий КМК.
- Павлов Д.С. 1959. Опыты по питанию налима *Lota lota* (L.) при различной освещенности // Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. № 4. С. 42.
- Павлов Д.С. 1963. Доступность атерины для ночного хищника — морского налима в разных условиях освещенности // Вопр. ихтиол. Т. 3. Вып. 1(26). С. 152.
- Павлов Д.С. 1970. Оптомоторная реакция и особенности ориентации рыб в потоке воды. Москва: Наука.
- Павлов Е.Д., Звездин А.О., Павлов Д.С. 2019. Воздействие тиомочевины на миграционную активность анабаса *Anabas testudineus* и потребление им корма // Вопр. ихтиол. Т. 59. № 5. С. 606. <https://doi.org/10.1134/S0042875219050163>
- Протасов В.Р. 1978. Поведение рыб. Москва: Наука.
- Ahmadi Ahmadi. 2018. Phototactic response and morphometric characteristic of climbing perch *Anabas testudineus* (Bloch, 1792) under culture system // Croatian Journal of Fisheries. V. 76. № 4. P. 164. <https://doi.org/10.2478/cjf-2018-0020>
- Begum A., Goswami U.C., Dey S. 2013. Ultramicroscopic structure of the lens of *Anabas testudineus* and its significance // Clarion. V. 2. P. 52–55.
- Binoy V.V., Kasturirangan R., Sinha A. 2015. Sensory cues employed for the acquisition of familiarity-dependent recognition of a shoal of conspecifics by climbing perch (*Anabas testudineus* Bloch) // J. Biosci. V. 40. P. 225–232.
- Graham J.B. 1997. Air-breathing fishes: evolution, diversity, and adaptation. San Diego, CA: Academic Press. 299 p.
- Hughes G.M., Singh B.N. 1970. Respiration in an air-breathing fish, the climbing perch *Anabas testudineus* Blach. I. Oxygen uptake and carbon dioxide release into air and water // J. Exp. Biol. V. 53. P. 265–280.
- Kasumyan A.O. 2003. The lateral line in fish: structure, function, and role in behavior // J. Ichthyol. V. 43. Suppl. 2. P. S175.
- Kobayashi R., Endo M., Yoshizaki G., Takeuchi T. 2002. Sensitivity of tilapia to infrared light measured using a rotating striped drum differs between two strains // Nippon Suisan Gakkaishi. V. 68. P. 646.
- Lythgoe J.N. 1984. Visual pigments and environmental light // Vision Res. V. 24. P. 1539.
- Matsumoto T., Kawamura G. 2005. The eyes of the common carp and Nile tilapia are sensitive to near-infrared // Fish Sci. V. 71. P. 350.

- Meuthen D., Rick I.P., Thünken T., Baldauf S.A. 2012. Visual prey detection by near-infrared cues in a fish // *Naturwissenschaften*. V. 99. P. 1063.
<https://doi.org/10.1007/s00114-012-0980-7>
- Shcherbakov D., Knörzer A., Hilbig R. et al. 2012. Near-infrared orientation of Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* // *Zoology*. V. 115. P. 233.
<https://doi.org/10.1016/j.zool.2012.01.005>
- Shcherbakov D., Knörzer A., Espenhahn S. et al. 2013. Sensitivity differences in fish offer near -infrared vision as an adaptable evolutionary trait // *PLoS ONE* V. 8. № 5. P. 1.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064429>
- Shingh K.P., Samuel P. 1981. Food, feeding habits and gut contents of *Anabas testudineus* (Bloch) // *Matsya*. V. 7. P. 96.

Feeding of Climbing Perch *Anabas testudineus* in the Darkness: Observation in Infrared Light

E. D. Pavlov^{1,*}, E. V. Ganzha¹, and D. S. Pavlov¹

¹*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*e-mail: p-a-v@nxt.ru

It was carried out a comparative study of the nutrition of climbing perch *Anabas testudineus* (Bloch, 1792) by the granular food with positive buoyancy in light (~100 lux), in the darkness and in the infrared light (780–900 nm). It was found that climbing perch is able to eat equally in the darkness and in the infrared light (37 and 30% of the feeding granules), which is much worse than in the light (73% of the granules). Fish instantly reacted to the introduced feed and began to consume it in the light, but they captured the first granules in infrared light only on average after more than two minutes after the start of the experiment. This indicates that climbing perch have no visual reaction to food in infrared light.

Keywords: climbing perch *Anabas testudineus*, feeding behavior, infrared light, darkness