

УДК 591.5; 59.08

ФОТОТРОПИЗМ У ГИДРОБИОНТОВ В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Н.Е. Николаева

Тверской государственный университет, Тверь

Проведено изучение фототропизма у некоторых пресноводных гидробионтов в лабораторных условиях. Разработана новая методика с применением миниатюрной подводной светоловушки. Установлено, что в лабораторных экспериментах сохраняются колебания фотореакции, однако они выражены слабее, чем в полевых. У 34,1% животных в лаборатории показатели фототропизма сходны с полученными в полевых условиях, 46,3% видов проявило большее стремление к источнику света, у 19,5% наблюдалось уменьшение значений.

Ключевые слова: фототропизм, фототаксис, реакция на свет, поведение гидробионтов.

DOI: 10.26456/vtbio100

Введение. Большинству животных свет нужен для распознавания окружающей среды и ориентации в пространстве. Ориентационное поведение беспозвоночных исследуется на протяжении многих десятилетий, поэтому существуют различные классификации типов и форм движения и ориентации их относительно источника света. Согласно принятой нами классификации Г.А. Мазохина-Поршнякова (1977) "тропизм" – целенаправленный двигательный акт, мотивированный внутренним состоянием организма. В основе тропизма лежит концентрация внимания животного на определенном сигнальном стимуле, выбор которого определяет внутренняя мотивация действий. Фототропизм может отличаться как у особей одного вида, обитающих в разных водоемах (Лобашов, Иванова, 1947; De Meester, Dumont, 1989), так и у особей, населяющих один водоем, но под действием различных факторов (Лобашов, Иванова, 1947; Кауфман, 1995; Swift, Forward, 1980). Возможно постепенное изменение фотореакции у особей в каком-либо конкретном водоеме путем естественного отбора, происходящего в течение многих лет как формы адаптации к меняющимся условиям обитания (Cousyn, De Meester et al, 2001).

В результате ранее описанных нами исследований были установлены некоторые виды пресноводных беспозвоночных, проявляющих положительный фототропизм в естественных условиях

обитания (Николаева, 2015а, 2015 б). Согласно результатам данных экспериментов можно заключить, что частота попадания гидробионтов в светоловушку является показателем степени проявления ими положительной фотореакции. Интенсивность фототропизма у многих исследуемых нами видов отличалась как в пределах одного водоема, так и при сравнении результатов по двум водоемам, тем не менее, объекты удалось условно разделить на группы с высокой, средней и низкой степенью выраженности положительного фототропизма. Для уточнения результатов полевых исследований с большинством объектов дополнительно были проведены лабораторные эксперименты.

Методика. Лабораторные опыты по изучению фототропизма у гидробионтов проводили с использованием миниатюрной подводной светоловушки, сконструированной по принципу ловушки Х. Хангерфорда (Hungerford et al., 1955; Николаева, 2009). Ловушка представляла собой усеченный конус в расширенную часть которого была вставлена прозрачная воронка из пластика. Длина ловушки составляла 6 см, диаметр в расширенной части 6,5 см. Стенки ловушки снаружи были окрашены в черный цвет, изнутри – в белый. С наружной стороны воронки в продольном направлении были наклеены матерчатые полоски для облегчения передвижения ползающих животных (рис. 1а). В противоположной от воронки стороне ловушки располагали светодиодный фонарик в стеклянном цилиндре.

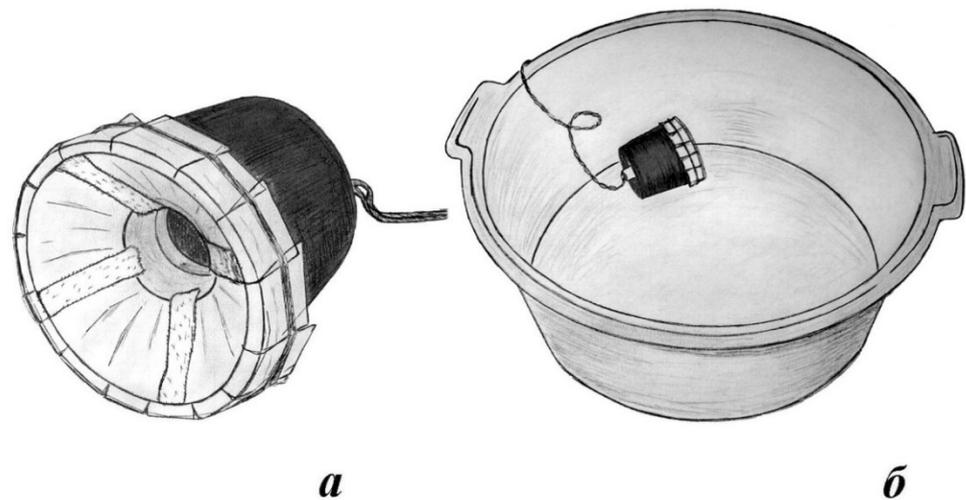


Рис. 1. Подводная светоловушка для лабораторных экспериментов: а – общий вид светоловушки; б – расположение ловушки во время эксперимента.

Ловушку размещали в резервуаре с темноокрашенными и непрозрачными стенками, высотой 16 см и диаметром 35 см (рис. 1б). Емкость заполняли предварительно отстаиванной водопроводной водой, частично смешанной с водой из водоема места исследования. Светоловушку располагали на дне, по касательной к одной из сторон резервуара, пучок выходящего света был направлен параллельно дну.

Животных для проведения исследований собирали с помощью водного сачка в водоемах д. Пуково и д. Ферязкино. Всего для экспериментов было отловлено более 32 тыс. экз. пресноводных беспозвоночных, относящихся к 41 виду (некоторые трудноразличимые виды определялись только до семейства или подсемейства и рассматривались в рамках этих систематических категорий). Количество видов в каждом опыте составляло от 19 до 31. Животных помещали в экспериментальную емкость вместе с фрагментами субстрата, попавшего при лове. Перед началом эксперимента гидробионтов выдерживали в течение 3–4 часов в затемненном помещении для адаптации к новым условиям. Крупных хищников, таких как личинки плавунцов, содержали отдельно от остальных. Эксперименты проводили в одно и тоже время суток – с 23-00 до 02-00. Светоловушку устанавливали на 1 час.

По водоему д. Пуково было проведено 38 экспериментов в 2004, 2005 и 2008 гг., по водоему д. Ферязкино – 41 эксперимент в 2005, 2008 и 2010 гг.

Результаты исследований. Для выявления зависимости результатов лабораторных исследований от количества участвующих в эксперименте особей каждого вида из водоема д. Пуково было отобрано 36 видов беспозвоночных, д. Ферязкино – 28 видов. Для обоих водоемов в 74,4% и 71,4% соответственно была установлена достоверная корреляция ($p < 0,05$) между количеством особей, участвующих в эксперименте и отмеченных в улове светоловушкой. В большинстве из этих случаев (95,5% и 66,7%) можно говорить о высокой корреляции – более 0,75. Достоверная корреляция не была отмечена главным образом для тех видов, которые встречались в небольшом количестве экспериментов. В 58,9% и 42,9% случаев улов светоловушкой составил более 50% от участвующих в эксперименте особей вида.

Для сравнения фототропизма гидробионтов в естественных условиях (Николаева, 2015 а, 2015 б) и в условиях лабораторного эксперимента, был отобран 41 вид. Некоторые виды, которые в полевых условиях проявляли выраженный положительный фототропизм, не были собраны в достаточных количествах и не анализировались в данных лабораторных экспериментах. Личинки жуков *Dytiscus circumcinctus* и *Acilius sulcatus* из-за агрессивного

хищничества ограничено использовались в лабораторных экспериментах, но во всех случаях проявляли почти 100%-й положительный фототропизм, при этом наблюдалась выраженная дорсальная реакция.

Таблица 1
Интенсивность положительного фототропизма у гидробионтов
в полевых и лабораторных условиях

№ п/п	Представители (вид, род, семейство)	Полевые эксперименты Me, %		Лабораторные эксперименты Me, %		Разность Me, %	
		д. Ферязкино	д. Пуково	д. Ферязкино	д. Пуково	д. Ферязкино	д. Пуково
1.	сем. Ceratopogonidae (личинки)	92,0	63,2	–	57,1	–	-6,1
2.	<i>Haliphus ruficollis</i> (De Geer)	74,7	78,7	75,5	62,2	0,8	-16,5
3.	<i>Piona</i> spp. (нимфа)	64,5	79,8	–	87,0	–	7,2
4.	<i>Berosus luridus</i> (Linnaeus)	65,7	62,9	78,3	79,4	12,6	16,5
5.	<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus	68,4	60,0	42,3	77,1	-26,1	17,1
6.	<i>Hesperocorixa sahlbergi</i> (Fieber)	–	72,0	42,9	83,3	–	11,3
7.	<i>Piona carnea</i> (Koch)	–	85,8	–	76,0	–	-9,8
8.	<i>Piona nodata</i> (Muller)	–	79,0	–	62,4	–	-16,6
9.	<i>Pycocoris cimicoides</i> (Linnaeus) (личинки)	82,0	–	63,5	–	-18,5	–
10.	<i>Plea minutissima</i> Leach	66,8	–	91,7	–	24,9	–
11.	<i>Lestes virens</i> (Charpentier) (личинки)	61,5	–	56,4	–	-5,1	–
12.	Diptera (куколки)	90,0	41,8	26,1	37,5	-63,9	-4,3
13.	<i>Segmentina montgazoniana</i> Bourguignat	95,1	26,3	–	18,6	–	-7,7
14.	сем. Chaoboridae (личинки)	79,0	48,0	28,4	51,1	-50,6	3,1
15.	<i>Arrenurus globator</i> (Muller)	69,0	42,4	66,7	69,8	-2,3	27,4
16.	<i>Arrenurus forpicatus</i> Neuman	61,5	39,4	–	80,0	–	40,6
17.	сем. Corixidae (личинки)	27,9	63,3	81,8	86,0	53,9	22,7
18.	<i>Porhydrus lineatus</i> (Fabricius)	57,5	48,6	75,5	60,0	18,0	11,4
19.	подсем. Chironominae (личинки)	56,0	48,2	27,1	41,6	-28,9	-6,6
20.	<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann) (личинки)	54,4	50,9	59,6	65,1	5,2	14,2
21.	<i>Graptodytes granularis</i> (Linnaeus)	40,0	47,5	68,4	62,5	28,4	15,0
22.	<i>Sympetrum flaveolum</i> (Linnaeus) (личинки)	41,7	34,1	35,0	49,4	-6,7	15,3
23.	<i>Sympetrum danae</i> (Sulzer) (личинки)	35,0	26,8	29,3	51,6	-5,7	24,8
24.	<i>Sympetrum vulgatum</i> (Linnaeus) (личинки)	21,4	27,9	24,2	50,2	2,8	22,3
25.	<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus)	56,9	–	39,2	–	-17,7	–

26.	<i>Triaenodes bicolor</i> (Curtis), (личинки)	57,7	–	81,4	–	23,7	–
27.	<i>Eylais</i> sp.	–	54,9	–	70,3	–	15,4
28.	<i>Graptodytes pictus</i> (Fabricius)	–	44,7	–	45,5	–	0,8
29.	<i>Arrenurus buccinator</i> (Muller)	–	49,0	–	76,2	–	27,2
30.	подсем. Colymbetinae (личинки)	–	48,9	–	89,5	–	40,6
31.	<i>Agabus undulatus</i> (Schrank)	–	40,0	–	71,7	–	31,7
32.	<i>Hygrotus inaequalis</i> (Fabricius)	–	55,1	–	77,3	–	22,2
33.	<i>Anisus perezii</i> (Graëlls)	37,5	5,7	–	24,2	–	18,5
34.	<i>Hyphydrus ovatus</i> (Linnaeus), (личинки)	56,0	9,3	16,5	18,2	-39,5	8,9
35.	<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus)	45,8	14,9	42,4	30,6	-3,4	15,7
36.	<i>Lymnaea lagotis</i> (Schrank)	16,8	9,9	29,4	32,4	12,6	22,5
37.	<i>Coenagrion</i> sp. (личинки)	14,6	10,3	48,6	53,8	34,0	43,5
38.	<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus) (личинки)	13,6	8,1	9,2	47,2	-4,4	39,1
39.	<i>Gerris</i> sp. (личинки)	5,9	4,5	15,8	16,6	9,9	12,1
40.	подсем. Tanyrodinae (личинки)	3,6	13,7	11,9	30,3	8,3	16,6
41.	<i>Haliphys</i> spp. (личинки)	–	6,9	–	32,7	–	25,8

Примечание. Объекты расположены в порядке убывания интенсивности положительного фототропизма в полевых условиях.

По степени интенсивности положительного фототропизма в лабораторных условиях гидробионты разделялись на группы, при этом были приняты диапазоны значений, сходные с использованными при проведении полевых исследований (Николаева, 2015 а, 2015 б):

– 1-я группа – уловы светловушкой составляют более 60% ($Me \geq 60\%$) от общего количества участвующих в эксперименте особей данного вида – хорошо выраженный положительный фототропизм;

– 2-я группа – $60\% > Me \geq 20\%$ – положительный фототропизм средней степени выраженности;

– 3-я группа – $Me < 20\%$ – слабый положительный фототропизм или отсутствие реакции на свет.

В результате проведенных опытов у 14 исследуемых животных в лаборатории наблюдались показатели фототропизма аналогичные таковым, полученным для них в полевых условиях (табл. 1). Высокие значения положительной фотореакции сохранились у таких видов как: *Berosus luridus*, *Haliphys ruficollis*, *Piona* spp., нимфа, *Piona carnea*, *Piona nodata*, *Plea minutissima*, *Ilyocoris cimicoides*, лич. В пределах средних значений реакция осталась у *Sympetrum vulgatum*, *Sympetrum flaveolum*, *Sympetrum danae*, *Lymnaea stagnalis*, *Graptodytes pictus*, низких у *Gerris* sp., лич. Наибольшие отклонения фотореакции от полевых экспериментов среди этих 14 видов наблюдались у *Plea minutissima* (+24,9%) и подсем. Chironominae (-28,9%, д. Ферязкино).

У 19 видов в лаборатории отмечалось большее стремление к

источнику света. Со среднего до высокого значения показатели положительного фототропизма увеличились у 8 видов: *Graptodytes granularis*, *Porhydrus lineatus*, подсем. Colymbetinae, лич., *Hygrotus inaequalis*, *Arrenurus buccinator*, *Agabus undulates*, *Eylais sp.*, *Triaenodes bicolor*, лич. Личинки стрекоз *Lestes sponsa* вплотную приблизились к границе значений 1-й группы. Увеличили показатели и три объекта, занимавшие высокое положение только по одному из двух водоемов: сем. Corixidae, лич., *Arrenurus globator*, *Arrenurus forpicatus*. С низких значений до средних произошло увеличение у пяти объектов: *Coenagrion sp.*, *Lymnaea lagotis*, *Planorbis planorbis*, *Haliphus spp.*, лич., *Anisus perezi*. Только по одному из исследуемых водоемов увеличение наблюдалось у двух видов: *Cloeon dipterum* и подсем. Tanypodinae. Изменение фотореакции более чем на 25% произошло у 10 видов. Наибольшие изменения наблюдались у: сем. Corixidae, лич. (+53,9%), *Arrenurus forpicatus* (+40,6%), подсем. Colymbetinae, лич. (+40,6%), *Coenagrion sp.* (+34,0%; +43,5%), *Cloeon dipterum* (+39,1%), *Agabus undulates* (+31,7%). Несмотря на значительные изменения, ни в одном из случаев это не привело к переходу животных из третьей группы в первую.

У 8 видов наблюдалось уменьшение значений фотореакции по сравнению с полевыми исследованиями. С высоких значений реакции до средних снижение произошло у четырех видов. Данное изменение было довольно незначительным (*Lestes virens*, сем. Ceratopogonidae) или наблюдалось только по одному из двух водоемов (*Hesperocorixa sahlbergi*, *Notonecta glauca*, Diptera, кук., сем. Chaoboridae). Со средних до низких значений реакция изменилась у *Segmentina montgazoniana* и *Hyphydrus ovatus*, лич. Изменение более чем на 25% наблюдались у четырех видов: Diptera, кук. (-63,9%), сем. Chaoboridae (-50,6%), *Hyphydrus ovatus*, лич. (-39,5), *Notonecta glauca*, лич. (-26,1%). Как и в предыдущем случае, данные изменения привели только к переходу животных в смежную с ними группу.

При сравнении данных, полученных по 22 общим для обоих водоемов видам (табл. 2), сходные результаты (разность медиан менее 25%) показали 18 видов. При этом 12 из них не имели значительных различий в фотореакции при сравнении этих двух водоемов и при полевых исследованиях: *Sympetrum danae*, *Sympetrum flaveolum*, *Lestes sponsa*, *Coenagrion sp.*, *Gerris sp.* лич., *Haliphus ruficollis*, *Graptodytes granularis*, *Porhydrus lineatus*, *Berosus luridus*, подсем. Tanypodinae, подсем. Chironominae, *Lymnaea lagotis*. При сравнении результатов, полученных в разные годы, стабильные показатели в пределах каждого водоема (разность медиан не более 25 %) из этих 18 видов были отмечены только у 7 видов: *Lestes sponsa*, подсем. Tanypodinae, подсем. Chironominae, Diptera, кук., сем. Corixidae, лич., *Hyphydrus*

ovatus, лич., *Gerris sp.* лич. Из них стабильные показатели по результатам полевых исследований имели только 2 вида – *Lestes sponsa* и *Gerris sp.*, лич.

Ни один из видов, участвующих в лабораторных экспериментах, у которых наблюдались различия в значениях медиан между водоемами более 25% (*Cloeon dipterum*, *Notonecta glauca*, *Sympetrum vulgatum*) не совпал с таковыми из участвующих в полевых исследованиях. Личинки стрекоз *Sympetrum vulgatum* имели значительные колебания показателей (41,5%) и в пределах одного и того же водоема, у двух других видов – *Cloeon dipterum*, *Notonecta glauca* – показатели в пределах одного водоема были более стабильными, и разность медиан не превышала 25%.

Таблица 2

Гидробионты, собранные светоловушкой в лабораторных условиях
(от общего количества особей, участвующих в эксперименте)

№ п/п	Представители (вид, род, семейство)	Место исследования						Me, %		Разность Me, %
		д. Ферязкино 2005, %	д. Ферязкино 2008, %	д. Ферязкино 2010, %	д. Пуково 2004, %	д. Пуково 2005, %	д. Пуково 2008, %	д. Ферязкино	д. Пуково	
1.	<i>Hesperocorixa sahlbergi</i>	–	–	42,9	92,4	78,6	83,3	42,9	83,3	40,4
2.	<i>Cloeon dipterum</i>	7,0	13,0	9,2	55,5	32,9	47,2	9,2	47,2	38,0
3.	<i>Notonecta glauca</i>	30,8	53,8	–	87,5	66,7	–	42,3	77,1	34,8
4.	<i>Sympetrum vulgatum</i>	24,2	–	–	70,9	29,4	–	24,2	50,2	26,0
5.	сем. Chaoboridae	28,4	46,3	12,3	71,4	24,1	51,1	28,4	51,1	22,7
6.	<i>Sympetrum danae</i>	15,0	54,3	29,3	60,6	42,5	–	29,3	51,6	22,3
7.	подсем. Tanyptodinae	9,8	12,5	11,9	30,3	16,4	35,4	11,9	30,3	18,4
8.	<i>Porhydrus lineatus</i>	–	66,7	84,2	72,2	35,3	60,0	75,5	60,0	15,5
9.	подсем. Chironominae	26,9	27,1	50,3	41,6	35,2	51,3	27,1	41,6	14,5
10.	<i>Sympetrum flaveolum</i>	14,3	46,4	35,0	64,7	34,1	–	35,0	49,4	14,4
11.	<i>Haliplus ruficollis</i>	69,2	81,8	–	92,3	56,5	62,2	75,5	62,2	13,3
12.	<i>Planorbis planorbis</i>	42,4	43,8	25,8	53,7	30,6	25,6	42,4	30,6	11,8
13.	Diptera (кук.)	36,4	–	15,8	37,5	25,0	46,9	26,1	37,5	11,4
14.	<i>Graptodytes granularis</i>	–	–	68,4	87,5	52,4	62,5	68,4	62,5	5,9
15.	<i>Lestes sponsa</i>	62,5	59,6	44,7	72,9	57,3	–	59,6	65,1	5,5

16.	<i>Coenagrion sp.</i>	19,6	52,6	48,6	63,4	44,4	53,8	48,6	53,8	5,2
17.	сем. Corixidae (лич.)	68,4	90,3	81,8	77,8	89,5	86,0	81,8	86,0	4,2
18.	<i>Arrenurus globator</i>	66,7	75,7	52,9	53,3	69,8	91,5	66,7	69,8	3,1
19.	<i>Lymnaea lagotis</i>	40,0	29,4	9,6	32,4	27,7	39,8	29,4	32,4	3,0
20.	<i>Hyphydrus ovatus</i>	20,0	13,0	–	32,3	16,1	18,2	16,5	18,2	1,7
21.	<i>Gerris sp.</i> (лич.)	11,5	20,0	–	15,6	17,6	14,3	15,8	16,6	0,9
22.	<i>Berosus luridus</i>	–	78,3	–	–	66,7	92,0	78,3	79,4	1,1

Примечание. Виды расположены в порядке убывания данных в последнем столбце.

Обсуждение. Отсутствие в 38,6% случаев (объединенные данные по двум водоемам) высокой корреляции между количеством особей, принимающих участие в лабораторных экспериментах и их количеством, собранным светоловушкой, свидетельствует, также как и при полевых исследованиях, о заметном влиянии на фототропизм различных факторов.

Показатели фотореакции у гидробионтов при лабораторных экспериментах, оказались лишь немного более стабильными, чем при полевых исследованиях. Разность значений медиан между водоемами только у четырех видов превысила 25%, и максимально достигла 40,4%, в отличие от семи видов и 48,2% при полевых исследованиях. Напротив, сходные показатели в пределах каждого водоема (разность медиан менее 25%) наблюдалось в 75,4% случаев при полевых исследованиях, и только в 69,2% – при лабораторных. Различия в результатах экспериментов, проведенных в одном водоеме, но в разные годы, при обоих вариантах исследований значительно превзошли различия между двумя водоемами и достигли высоких значений. Диапазон размаха значений при лабораторных экспериментах оказался уже, и максимальное значение было 52,4%, в то время как в полевых условиях – 71,1%. Главной причиной для формирования более стабильных показателей при лабораторном исследовании, по нашему мнению, явилось то, что количество участвующих в эксперименте особей величина известная и абсолютная, и на полученный результат не влияет возможная погрешность уловов, произведенных для контроля водным сачком. Вторым по значимости моментом может быть меньшее воздействие условий окружающей среды, т.к. все работы проводились при аналогичных условиях. С другой стороны, добавляются новые внешние воздействия, такие как резкая смена среды обитания и фактор беспокойства, которые могут менять характер фотореакции в любом направлении.

Несмотря на вариабельность показателей, важным моментом

можно считать сохранение в лабораторных экспериментах у части животных (34,1%) диапазонов значений фототропизма, позволяющих им остаться в пределах той же поведенческой группы, что и при полевых исследованиях. Увеличение значений положительного фототропизма в лаборатории у многих животных (46,3%) может объясняться несколькими причинами, основными из которых, на наш взгляд, являются две. Первая причина – это высокая степень вероятности при контрольных сборах водным сачком таких активно плавающих в толще воды объектов как жесткокрылые (*Graptodytes granularis*, *Porhydrus lineatus*, *Hygrotus inaequalis*), полужесткокрылые (сем. Corixidae) и водяные клещи (*Arrenurus buccinator*, *Eylais sp.*, *Arrenurus globator*, *Arrenurus forpicatus*) и, следовательно, ошибочное занижение результатов работы светоловушки в полевых условиях, которые рассчитывались относительно совокупной массы сборов светоловушки и сачка. Второй причиной является расположение светоловушки в лабораторных условиях на дне емкости для экспериментов и небольшое расстояние с любой точки местонахождения животного до источника света, вследствие ограниченного объема экспериментального сосуда. Это дало дополнительные возможности для попадания внутрь бентосным и малоподвижным животным, а также не способным уверенно перемещаться в толще воды: личинки ручейников (*Triaenodes bicolor*), моллюски (*Lymnaea lagotis*, *Planorbis planorbis*, *Anisus perezi*), личинки плавунчиков (*Halipilus spp*), личинки поденок (*Cloeon dipterum*) и личинки стрекоз (*Lestes sponsa*, *Coenagrion sp.*). Значительное снижение показателей фотореакции, наблюдаемое у некоторых животных в лаборатории (Diptera, кук.; сем. Chaoboridae; *Hyphydrus ovatus*, лич.; *Notonecta glauca*, лич.), могло быть вызвано слишком близким расположением источника света и, следовательно, избыточностью яркости освещения, что у некоторых животных уменьшает степень проявления положительного фототропизма. В частности, у личинок рода *Chaoborus* описан переход положительного фототропизма, наблюдаемого при низкой интенсивности света, в отрицательный, при возрастании интенсивности излучения (Swift, Forward, 1980). В нашем случае именно у личинок сем. Chaoboridae произошло одно из наиболее значительных снижений показателей фотореакции – изменение значения медианы на 50,6%.

Заключение. Показатели фотореакции, оказались более стабильными, чем при полевых исследованиях, однако в ряде случаев высокая корреляция между количеством особей в эксперименте и количеством, попавших в ловушку, отсутствовала, что свидетельствует о заметном влиянии на фототропизм различных факторов.

У 34,1 % животных в лаборатории наблюдались показатели фототропизма сходные с полученными в полевых условиях, 46,3 % видов проявило большее стремление к источнику света, у 19,5 % наблюдалось уменьшение значений. Изменение показателей при лабораторных исследованиях, по нашему мнению, вызвано фактором беспокойства, ограниченным размером емкости для экспериментов и, следовательно, близким расположением источника света. Близость света непосредственно влияет на фототропизм, а ограничение пространства облегчает доступ в ловушку бентосным и малоподвижным животным.

В условиях лабораторного эксперимента сохраняются колебания фотореакции, т.к. и здесь животные подвергаются воздействию многочисленных факторов. Однако колебания выражены слабее, чем при полевых исследованиях, что, возможно, объясняется более стабильными условиями содержания и минимальным влиянием погрешностей при учетах. В большинстве случаев показатели фототропизма остаются в определенных пределах, благодаря чему сохраняется возможность выделения трех групп животных с различной интенсивностью положительной реакции на свет.

Список литературы

- Кауфман Б.З.* 1995. Преферентное поведение беспозвоночных (абиотические факторы среды). Петрозаводск: Карельский научный центр. 205 с.
- Лобашев М.Е., Иванова П.Г.* 1947. Некоторые закономерности онтогенетической адаптации. Зависимость фотореакции у *Daphnia magna* от адаптации к температуре // Докл. АН СССР. Т. 58. № 1. С. 96-98.
- Мазохин-Поршняков Г.А.* 1977. Руководство по физиологии органов чувств насекомых. М.: Изд-во МГУ. 223 с.
- Николаева Н.Е.* 2009. Основные конструкции подводных светоловушек, предназначенных для сбора и изучения беспозвоночных и позвоночных животных // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. Вып. 16. № 37. Тверь. С. 70-88.
- Николаева Н.Е.* 2015 а. Интенсивность положительного фототропизма у некоторых гидробионтов в естественной среде обитания // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. № 1. С. 75-83.
- Николаева Н.Е.* 2015 б. Видовой состав пресноводных беспозвоночных, собранных на свет подводных светоловушек // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. № 3. С. 109-124.
- Cousyn C., De Meester L. et al.* 2001. Rapid, local adaptation of zooplankton behavior to changes in predation pressure in the absence of neutral genetic changes // PNAS. V. 98. № 11. P. 6256-6260.
- De Meester L., Dumont H.J.* 1989. Phototaxis in *Daphnia*: interaction of hunger and genotype // Limnol. and Oceanogr. V. 34. № 7. P. 1322-1325.

Hungerford H.B., Spangler P.J., Walker N.A. 1955. Subaquatic light trap for insects and other animal organisms // *Trans. Kans. Acad. Sci.* V. 58, № 3. P. 387-407.

Swift M.C., Forward R.B. 1980. Photoresponses of *Chaoborus* larvae // *J. Insect Physiol.* V. 26. № 6. P. 365-371.

PHOTOTROPISM IN HYDROBIONTS STUDIED IN THE LABORATORY

N.E. Nikolaeva

Tver State University, Tver

The study of the phototropism in some freshwater organisms has been carried out in the laboratory. A special new technique using a miniature underwater light trap have been developed for this purpose. Photoreaction of hydrobionts in the lab was still variable, but this variability was less pronounced than in the field. 34.1% of the animals showed similar phototropism as in the field. 46,3% of the species showed a greater phototaxis, while 19,5% displayed a lower phototaxis.

Keywords: phototropism, phototaxis, reaction to the light, the behavior of hydrobionts.

Об авторе

НИКОЛАЕВА Наталья Евгеньевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и физиологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: Nikolaeva.NE@tversu.ru.

Николаева Н.Е. Фототропизм у гидробионтов в условиях лабораторного эксперимента / Н.Е. Николаева // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология.* 2019. № 3(55). С. 79-89.