СОДЕРЖАНИЕ

Введение

. Рак-богомолы

. Зрительная система богомола

. Фасеточные глаза

. Схема строения фасеточного глаза насекомого

Заключение

ВВЕДЕНИЕ

Ротоногие единственные морские животные, известные со специализированным видения ультрафиолетового поляризации, хотя мы не знаем, если они на самом деле анализировать ультрафиолетовое поляризацию или если они просто видят сигнал контрастности. Этот вопрос может быть решен только путем поведенческих экспериментов. В дальнейшем мы будем обсуждать возможные функции ультрафиолетового поляризации зрения рака богомола. Несколько водных животных, в том числе ракообразных, оснащенные коротковолновых поляризационных чувствительных фоторецепторов, как известно, использовать небесный поляризацию в качестве компаса для ориентирования. Будь еще когерентного УФ поляризованный свет с неба достигает все глубины населенные раки богомолы неизвестно, но в тихом омуте теоретически возможно. Животные, используемые в нашем исследовании были в основном собраны из мелкой и прозрачной водой, коралловые рифы, на глубинах от сублиторали до 10 м. Раки способны видеть в оптическом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах спектра. Это помогает им распознавать флуоресцентные метки на других креветках в качестве сигналов об опасности или как сигналы угрозы друг другу. Как природа смогла сформировать такую сложную систему зрения у этого морского ракообразного - вообще необъяснимая загадка, поскольку наше воображение не в состоянии постичь систему зрительного восприятия, которую имеют креветки-богомолы. Причем известно, что другие виды ракообразных, например, имеют очень примитивную зрительную систему. Эти обстоятельства не укладываются ни в какие рамки эволюционной теории и не могут четко быть истолкованы современной наукой.

1. Рак-богомолы

Рак-богомолы отличаются тем, что их глаза могут отличать 12 оттенков, учитывая то, что человек различает лишь только 3. Помимо этого глаза воспринимают почти весь световой спектр от ультрафиолетовых до инфракрасных лучей. Представляю, как многогранно должен видеться ими окружающий мир.

Тропическая креветка-богомол имеет самые сложные глаза среди всех живых существа на планете, и все же обитает в темных глубинах моря, где господствует единственный оттенок света - тускло синий. Их глаза - это целая ходячая система по полному видению во всех диапазонах спектра - в оптическом, инфракрасном, ультрафиолетовом, а также в поляризованном свете. Они имеют такие системы видео-обнаружения, которые мы не имеем при всем современном уровне развития техники. Почему им требуется такое сложное зрение и как оно смогло развиться?

Морские биологи и физиологи теперь обнаружили по крайней мере одно из предназначений этих глаз в глубинах темно-синих вод: видеть флуоресцентные метки на других креветках, как сигналы об опасности или как сигналы угрозы друг другу.

Характерные пятна креветок легко заметны на мелководье, но уже на глубине 40 метров в сплошном синем спектре света их не видно другим животным, кроме самих креветок этого вида.

Хотя свечение морских животных - явление обычное среди кораллов и кальмаров, это - первый зарегистрированный случай флюоресценции, используемой при передаче сигналов в морских водах. Флюоресценция происходит, когда пигмент клетки внешнего покрова животного поглощает один цвет света, в этом случае - синий, и испускает другой цвет, типа желто-зеленого.

Как природа смогла сформировать такую сложную систему зрения у этого морского ракообразного - вообще необъяснимая загадка, поскольку наше воображение не в состоянии постичь систему зрительного восприятия, которую имеют креветки-богомолы. Причем известно, что другие виды ракообразных, например, имеют очень примитивную зрительную систему. Эти обстоятельства не укладываются ни в какие рамки эволюционной теории и не могут четко быть истолкованы современной наукой.

В природе креветка-богомол, живет в укромном убежище, которое она выкапывает себе в песке. В поисках пропитания креветка высовывается из своего убежища и, пользуясь своими клешнями, как мощными молотками, откалывает мидию, которую находит поблизости. Затем она резкими ударами разрывает мидию на кусочки и съедает ее.

А вот как креветка встречает осьминога, приближающегося к ней: угрожающе вздыбливается пред ним, давая тем самым понять, что, вряд ли, осьминогу стоит с ней связываться.

Если осьминог не внемлет предостережению, креветка наносит ему удар прямо в глаз. Удары будут сыпаться до тех пор, пока последний не уберется восвояси. Креветка действует так, как если бы она знала, что глаза - самое уязвимое место на теле противника. Поэтому она направляет свои удары прямо в глаза осьминога. Креветка преследует осьминога до тех пор, пока не удостоверится, что отпугнула его своей атакой, и только после этого возвращается в свое убежище.

Но самым удивительным у этого животного являются его глаза. Они имеют сферическую форму и поделены по центру параллельными линиями. Но главное то, что они способны воспринимать и преобразовывать поляризованный свет, чего люди делать не могут. Они видят не только линейный поляризованный свет, но также свет, поляризованный по кругу. И могут преобразовывать первый во второй, и наоборот.

Кроме этого, раки способны видеть в оптическом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах спектра. Это помогает им распознавать флуоресцентные метки на других креветках в качестве сигналов об опасности или как сигналы угрозы друг другу.

Омматидии ракообразных глаз обычно содержат два вида фоторецепторов с ортогонально ориентированных микроворсинок. Эти рецепторы служат основой для видения поляризации двухканального в сине-зеленой спектра. Сетчатка рака богомола ракообразных обладают большое разнообразие структурных специализациями для сложной видения поляризации. Один тип специализации находится в небольших, дистально расположенных клеток R8 в пределах двух большинстве брюшных строк середине полосы. Эти ультрафиолетовые чувствительных фоторецепторы производить параллельную микроворсинки, особенность наводящий для поляризационных чувствительных фоторецепторов.

Из всех ракообразных видов раки богомолы живут в мелких, прозрачных водах коралловых рифов на глубине до 30 м. Они охотятся на рыб и беспозвоночных, таких как улитки, крабы и моллюски, которых они пострадали или ножевых со своими двумя быстро движущихся хищных придатков. Их агрессивный образ жизни требует сложных визуальных возможностей. В стебельчатые сложные глаза, как и других ротоногих, делятся на спинной и брюшной полушарие экваториальной середине полосы шестью рядами расширенном омматидиев, пронумерованных от 1 до 6 от спины к брюху [1].

Зрительная система рака богомола

Зрительная система рака богомола, зрение на сложенные хищных придатки и большие, независимо движущиеся глаза. Крупным планом вид из одного глаза.

Поляризация изучена наиболее тщательно видов рака богомола. Этот вид обладает сложным зрением линейной поляризации в регионе среднего длин волн спектра. Некоторые части тела, участвующие в поведение сигналов отражения линейно поляризованный свет, и может быть использовано в области связи. Способность обнаруживать круговой поляризованный свет с линейными детекторами поляризационных опосредуется вышележащих клеток, которые действуют как четвертьволновых замедлителей около 500 нм и преобразуют входящий круговой поляризованный свет в линейной поляризации. Это будет означать, что у них есть два разные роли, один для включения круговой обнаружение поляризации вблизи 500 нм и один для УФ обнаружения линейной поляризации. Такая двойная роль фоторецептора никогда не было описано ранее.

Ротоногие единственные морские животные, известные со специализированным видения ультрафиолетового поляризации, хотя мы не знаем, если они на самом деле анализировать ультрафиолетовое поляризацию или если они просто видят сигнал контрастности. Этот вопрос может быть решен только путем поведенческих экспериментов. В дальнейшем мы будем обсуждать возможные функции ультрафиолетового поляризации зрения рака богомола.

Несколько водных животных, в том числе ракообразных, оснащенные коротковолновых поляризационных чувствительных фоторецепторов, как известно, использовать небесный поляризацию в качестве компаса для ориентирования. Будь еще когерентного УФ поляризованный свет с неба достигает все глубины населенные раки богомолы неизвестно, но в тихом омуте теоретически возможно. Животные, используемые в нашем исследовании были в основном собраны из мелкой и прозрачной водой, коралловые рифы, на глубинах от сублиторали до 10 м. В прозрачной воде картина атмосферное ультрафиолетового поляризация полностью видно на глубине 2-3 м, но оба, волн и в воде разбросом бы быстро деградируют поляризации сигнала с неба на большей глубине. Тем не менее, общее электронной вектор ориентации и степень поляризации в воде подобны от 360 до 550 нм, и лучшие отношения сигнала к шуму будет существовать на длинах волн, на которых свет является ярким, это находится в очень мелкой воде в ультрафиолете и в глубокой воде в синий. Может быть по этой причине два набора фоторецепторов в рака богомола высоко консервативны спектрально двух узких диапазонах, один около 340 нм, а другой вблизи 500 нм.

Другие функции для поляризации видения включают обнаружение объектов против рассеянного света. Риф рыбы, например, непрозрачны и, следовательно, выделяются на фоне сильно рассеянного и яркого ультрафиолетового фоне, когда для наблюдателя с ультрафиолетовым зрением. Ультрафиолетовое повышение контрастности менее полезна, когда объект отражает свет, например серебристой рыбы. Однако, поскольку отраженный свет может быть поляризован по-другому, чем фонового света, серебристые рыбы могут быть замечены наблюдателем с чувствительностью к поляризованном свете. На самом деле, любой деполяризации или двулучепреломляющий объект, который изменяет состояние поляризации света, проходящего через или отражаются от него, в принципе, может быть обнаружен животных с достаточно чувствительной поляризации видения. Так как поляризационный контраст иногда максимальное в ультрафиолетовой, сочетание линейной поляризации чувствительности ультрафиолетовым чувствительности могут быть полезны в разрушении маскировочные системы в мелкой воде.

Наконец было показано что у ротоногих, использование контролируемой отражение поляризованного света от некоторых частей тела в конспецифической сигнализации [2].

3 Фасе́точные глаза

Фасеточные глаза (фр. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%83%D0%B7%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA> Facette - «грань») - основной парный орган зрения насекомых <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D0%B5>, ракообразных <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D1%8B%D0%B5> и некоторых другихбеспозвоночных <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5>. Характерно цветовое зрение с восприятием ультрафиолетовых лучей и направления поляризации линейно-поляризованного света, при плохом различении мелких деталей, но хорошей способностью различать мелькания (мигания) света с частотой вплоть до 250-300Гц (для человека предельная частота около 50 Гц).

Фасеточные глаза насекомых <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D0%B5> неподвижны, расположены по бокам головы <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0\_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BE> и могут занимать почти всю её поверхность. Фасеточные глаза расположены на капсуле головы в глубоких впячиваниях кутикул, называемых глазными капсулами. Кольцо из кутикулы, охватывающее глаз извне, удерживает его на головной капсуле. У ракообразных они иногда сидят на подвижных выростах, именуемых стебельками <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%B9\_%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B7>. Наиболее изучены фасеточные глаза взрослых насекомых и их личинок с неполным превращением, у которых они сложены сотнями и даже тысячами фасеток.

Фасеточные глаза состоят из особых структурных единиц - омматидиев <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BC%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B9>, имеющих вид узких, сильно вытянутых конусов, сходящихся своими вершинами в глубине глаза, а своими основаниями образующих его сетчатую поверхность.

Каждый омматидий имеет очень ограниченный угол зрения и «видит» только тот крошечный участок находящегося перед глазами предмета, на который направлено продолжение оси данного омматидия; но так как омматидии тесно прилегают друг к другу, а при этом их оси расходятся лучеобразно, то сложный глаз охватывает предмет в целом, причем изображение предмета получается мозаичным (то есть составленным из множества отдельных кусочков) и прямым (а не обратным, как в нашем глазу).

Такие глаза присущи в основном дневным животным, напр. пчёлам, крабам, ракам-богомолам. Оптико-суперпозиционные глаза в условиях сильной освещённости могут функционировать как аппозиционные, но при слабом освещении форма пигментных клеток изменяется, образуется т. н. «прозрачная зона», благодаря чему лучи света из разных омматидиев собираются на один. Подобные глаза присущи ночным ракообразным (креветкам, омарам) и бабочкам. Вершиной эволюции зрения являются нейросуперпозиционные глаза, напр. у мух, в которых разрешающая сила может быть в 100 раз выше, чем в глазах другого типа. Лучи света одного источника падают на зрительные клетки смежных омматидиев, аксоны которых сходятся на одном патроне оптического ганглия. В каждом омматидии 8 зрительных клеток, воспринимающих лучи различных источников света [3].

Схема строения фасеточного глаза насекомого

В зависимости от анатомических особенностей омматидиев и их оптических свойств различают 3 типа фасеточных глаз: апозиционные (фотопические), оптикосуперпозиционные и нейросуперпозиционные (называемые в совокупности скотопическими). У некоторых насекомых (богомолы <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%BB>, подёнки <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D1%91%D0%BD%D0%BA%D0%B0>) одна часть глаза может быть построена по аппозиционному типу, а другая - по суперпозиционному.

В фасеточных глазах всех типов собственно светочувствительным элементом служат рабдомеры <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8B&action=edit&redlink=1> зрительных клеток, содержащие фотопигмент (обычно подобный родопсину <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D1%81%D0%B8%D0%BD>). Поглощение фотопигментом <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D0%B3%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82&action=edit&redlink=1> квантов <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82> света - первое звено в цепи процессов, в результате которых зрительная клетка генерирует нервный <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D1%80%D0%B2> сигнал.

В апозиционных фасеточных глазах, свойственных обычно дневным насекомым, смежные омматидии постоянно изолированы друг от друга непрозрачным пигментом и рецепторы воспринимают только свет, направление которого совпадает с осью данного омматидия.

В оптикосуперпозиционных фасеточных глазах, характерных для ночных и сумеречных насекомых и многих ракообразных, изоляция омматидиев переменная (вследствие способности пигмента перемещаться), и при недостатке света происходит наложение (суперпозиция <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%86%D0%B8%D1%8F>) падающих под косым углом лучей <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%83%D1%87>, прошедших не сквозь одну, а сквозь несколько фасеток. Таким образом, при слабом освещении увеличивается чувствительность глаза.

Для нейросуперпозиционных фасеточных глаз характерна суммация сигналов от зрительных клеток, находящихся в разных омматидиях, но получающих свет из одной и той же точки пространства.

Нервная проекция сетчатки <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%82%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B0> на оптические ганглии <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9> мозга <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B7%D0%B3> и, отчасти, особенности оптики фасеточных глаз таковы, что они обеспечивают анализ внешнего мира с точностью до растра <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80\_(%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)&action=edit&redlink=1> омматидиев, а не отдельных зрительных клеток. Низкая угловая плотность омматидиев (их оптические оси расходятся под углами 1-6°) препятствует различению мелких деталей, однако малая инерционность в сочетании с высокой контрастной <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82>чувствительностью (1-5 %) фасеточных глаз позволяет некоторым насекомым различать мелькания (мигания) света с частотой <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0> вплоть до 250-300 Гц (для человека предельная частота около 50 Гц). Фасеточные глаза обеспечивают многим беспозвоночным цветовое зрение с восприятием ультрафиолетовых лучей <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5\_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>, а также анализ направления плоскости линейно-поляризованного <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F\_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD> света [4].

тропический креветка богомол зрение

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, поляризация зрения системы рака богомола возможно, развивалась, чтобы работать в нескольких различных спектральных диапазонах, чтобы справляться с большими спектральными сдвигами в окружающей света столкнулись в диапазоне морской среде, что обитает.R8 опосредованной ультрафиолетового система поляризация видение специализируется на поляризации видения в ярких, ультрафиолетовых залитом поверхностных вод. С другой стороны, рецепторы посредники длины волн поляризации (R1-R7) из полушарий и среднего диапазона строк 5 и 6 объединить линейной и круговой поляризации чувствительность, обеспечивая оптимальные уровни контрастности, расширение и точное определение поляризации с никакой путаницы государств или нейтральным указывает на всех глубинах. Это делает поляризация зрения независимо от сильно, линейно или циркулярно поляризованных особенностей в среде животного. Способность обнаруживать круговой поляризованный свет с линейными детекторами поляризационных опосредуется вышележащих клеток, которые действуют как четвертьволновых замедлителей около 500 нм и преобразуют входящий круговой поляризованный свет в линейной поляризации. Это будет означать, что у них есть два разные роли, один для включения круговой обнаружение поляризации вблизи 500 нм и один для УФ обнаружения линейной поляризации. Такая двойная роль фоторецептора никогда не было описано ранее. Сетчатка рака богомола ракообразных обладают большое разнообразие структурных специализациями для сложной видения поляризации. Один тип специализации находится в небольших, дистально расположенных клеток R8 в пределах двух большинстве брюшных строк середине полосы. Эти ультрафиолетовые чувствительных фоторецепторы производить параллельную микроворсинки, особенность наводящий для поляризационных чувствительных фоторецепторов. Из всех ракообразных видов раки богомолы живут в мелких, прозрачных водах коралловых рифов на глубине до 30 м. Они охотятся на рыб и беспозвоночных, таких как улитки, крабы и моллюски, которых они пострадали или ножевых со своими двумя быстро движущихся хищных придатков. Их агрессивный образ жизни требует сложных визуальных возможностей.