

Поглазеем

Что видим мы, и что видят животные.

Считается, что 90 процентов информации человек получает благодаря зрению. Если это так, то глаза других животных воспринимают и 150, и все 200 процентов информации. По сравнению с нашими, конечно. Ведь человеческий глаз во время эмбрионального развития как бы выворачивается наизнанку. Так что первичная лицевая сторона сетчатки обращена от зрачка в обратную сторону, и свет, прежде чем попасть в фоторецепторы, преодолевает толщу других клеток. А прямо сквозь сетчатку проходит нерв, образуя слепое пятно. Из-за него предметы, находящиеся прямо перед глазами, вдруг оказываются невидимыми.

Мы видим мир в цвете, и наше цветовое восприятие называется трихроматическим: от греческого «три» и «хрома» (цвет). Если же сравнить его с красочными ощущениями многих животных, то наш хроматизм, скорее, происходит от слова «хромать». Так уж случилось, что наши далекие предки – первые плацентарные млекопитающие – жили буквально в тени динозавров. Они, наверное, предпочитали вообще не выходить на свет, пока дежурил дневной дозор ужасных хищников. Мелким ночным зверькам все краски мира были ни к чему. Вот и потеряли они половину цветовых рецепторов – колбочек, которыми обладали их рептилиеподобные прародители. Киты и тюлени, освоившие водную стихию, а также ночные приматы полностью лишились цветового восприятия – их мир стал монохроматическим, черно-белым.

Цветное зрение – это не что иное, как способность различать волновые спектры света. Большинство плацентарных млекопитающих остались дихроматиками: у них отсутствуют колбочки, восприимчивые к длинноволновой части спектра, то есть к красному цвету. Им все кажется или ультрафиолетово-зеленым (грызуны), или сине-зеленым (лошади, коровы, кошки, собаки). Как дальтоникам. Так называют людей, для которых красный и зеленый выглядят одинаково, а оттенков совсем не существует. Вместо, скажем, желто-зеленого они видят белый, серый или просто желтый. Многим этот дефект не мешает, и, пока в детских садах и школах не ввели обязательную проверку цветового восприятия, человек мог прожить всю жизнь, даже не догадываясь о том, что он не такой, как все. Первым природу этого явления попытался понять в конце XVIII века английский химик Джон Дальтон. Он заметил у себя и своего брата необычные ощущения красок: цветок пеларгонии, который при дневном свете казался небесно-голубым, при свечах становился почти желтым. (На самом деле пеларгония была розовой.) Дальтон решил, что обладает синим фильтром, и завещал свои глаза для исследований. После смерти ученого в 1844 году его врач Джозеф Рэнсам провел вскрытие и не обнаружил ни в стекловидном теле, ни в роговице или хрусталике решительно ничего необычного. Лишь через 150 лет остатки глаз Дальтона изучили молекулярные биологи. Они и выявили отсутствие гена, который кодирует опсин, воспринимающий зеленую часть спектра. Опсин – это белковая часть пигмента; другой частью является хромофор – производное витамина А. Хромофор изменяет свою структуру под действием света, а опсин улавливает этот химический сигнал и передает его дальше – в зрительный нерв мозга.

Дальтонизмом в среднем страдают 2 процента людей. Болезнь эта – наследственная и связана с неполадками в X-хромосоме, где гены, кодирующие два разных опсина, расположены вплотную друг к другу. Среди мужчин, имеющих всего одну такую хромосому, дихроматиков больше – до 8 процентов. Те же самые генетические закономерности наблюдаются у наших ближайших родственников – других приматов Старого Света. А вот у некоторых видов южноамериканских обезьян вообще все самцы дальтоники. Из млекопитающих только приматы 35–40 миллионов лет назад вернули себе трихроматическое зрение. Стимулом к новообретению цветного зрения стал образ жизни, связанный с кронами деревьев в поисках плодов.

Ведь незрелые зеленые фрукты не только не очень вкусные, но нередко и ядовитые, в отличие от созревших, сочных и сладких, красных и ярко-желтых плодов. А точность прыжков с ветки на ветку невозможна без развитого мозга, который играет важную роль в обработке зрительных сигналов и, значит, в правильном восприятии цвета. На химико-генетическом уровне все решилось достаточно просто – благодаря возникновению двух разных генов на основе одного, отвечающего за синтез опсина колбочек, который воспринимает средние (зеленые) волны. «Заместите одни аминокислоты другими всего на трех из 348 участков молекулы опсина, и цветовое восприятие сдвинется на 30 нанометров, – рассказывает нейробиолог Джералд Джекобс из Калифорнийского университета (Санта-Барбара). – Этого вполне достаточно, чтобы

увидеть дополнительный спектр: разница между красным и зеленым спектральными пиками как раз составляет 30 нанометров».

Насколько быстро может распространиться подобное генетическое изменение? Очень быстро. Как уже было сказано, на 100 человек в среднем приходится два дальтоника, а на атолле Пингелап в Микронезии красный цвет не различают 75 человек из 700 его обитателей. Там после тайфуна 1775 года выжило всего 20 человек. Один из них оказался дальтоником, но очень плодовитым...

Все краски мира. Вернемся ко времени появления млекопитающих. Если в начале эволюции они лишились половины своих цветовых рецепторов и остались с двумя типами колбочек, то, значит, их предки обладали тетрахроматическим зрением? Это на самом деле так. Практически у всех других позвоночных – рыб, земноводных, пресмыкающихся и птиц – цветовое восприятие богаче нашего. Мы привыкли считать основными цветами красный, зеленый и синий; остальная сотня оттенков – их производные. Эту цветовую шкалу создали наши светочувствительные пигменты. Они наиболее восприимчивы к световым волнам с пиками около 560 (красный), 530 (зеленый) и 420 (синий) нанометров.

А, скажем, птицы видят еще и ультрафиолетовый (370–390 нанометров). В многоцветье и ультрафиолетовом сиянии перед ними предстают партнеры, плоды и цветы, кажущиеся нам одноцветными. Они видят красно-зеленый и ультрафиолетово-зеленовато-красный оттенки, которые мы и вообразить не в состоянии. Кроме того, в глазах у пернатых, а также у пресмыкающихся есть цветовые фильтры – окрашенные масляные капли. Эти фильтры сужают области спектра, воспринимаемые каждым пигментом, и тем самым приумножают количество видимых цветов. Птица никогда не перепутает оранжевато-желтую гусеницу с желтовато-оранжевой.

Не только птицы могут похвастаться восприятием ультрафиолетового цвета. У пчел эту способность обнаружили еще в XIX веке, а знаменитый этолог Карл фон Фриш в 1914 году придумал, как с помощью цветных и серых (разного оттенка) бумажных квадратиков узнать, сколько цветов видят эти перепончатокрылые. Правда, Фришу не удалось определить, как пчелы на самом деле воспринимают красный или желтый. «Сегодня мы можем взять пчелу, вживить в ее 5-микронный фоторецептор микроэлектрод, затем направить в глаз луч света того или иного спектра и измерить разность потенциалов, которая при этом возникает в клетке», – рассказывает зоопсихолог Ларс Читтка из Лондонского университета. Вместе со своими коллегами за последнее десятилетие он совершил переворот в нашем представлении о способностях насекомых. Оказалось, что пчелы могут запоминать и распознавать лица людей! Для этого понадобились все те же квадратики фон Фриша, только вместо красок на них были нанесены фотопортреты людей. Уже с третьей попытки большинство пчел безошибочно выбирали ту физиономию, которая в предыдущих опытах была намазана медом, вместо той, которую покрывали горьким хинином. Затруднение вызывали лишь перевернутые портреты. (Похоже, Винни-Пуху, чтобы обмануть пчел, нужно было не тучкой притворяться, а повиснуть на воздушном шарике вверх ногами.) Но и люди справляются с таким заданием не лучше.

Значит, чтобы распознавать лица, необязательно иметь особые отделы мозга, как предполагают нейрopsихологи? Даже крошечные мозги на многое способны. Ведь пчелы, которые думали дольше, точнее осуществляли выбор.

Когда перед пчелами, выведенными в искусственных условиях и никогда не видевшими настоящих цветов, Ларс Читтка и художник-инсталлятор Джулиан Уолкер выложили репродукции картин Винсента Ван Гога, Поля Гогена, Фернана Леже и Патрика Колфилда, большинство насекомых выбрало вангоговские «Подсолнухи». Искусствоведы уже было заговорили о том, что даже пчелы могут отличить подлинных художников, но экспериментаторы остудили их пыл: пчел прежде всего заинтересовали контрастные сочетания красок и наиболее привлекательные для них цвета.

Цветовая шкала пчел складывается из ультрафиолетового, синего и зеленого спектров (340, 440 и 530 нанометров, соответственно). Мир эти насекомые видят примерно таким: пурпурный мак, в лепестках которого присутствует почти невидимый для нас синий оттенок, для них предстает в ультрафиолетовом цвете; сиреневый колокольчик – ультрафиолетово-синим; темно-розовый Иван-чай – синим; бледно-розовый шиповник и белый клевер – синевато-зелеными; светло-желтая чина луговая – зеленой; а темно-желтый рапс – зеленовато-ультрафиолетовым. Конечно, все это наши представления о «пчелиных» цветах. Увидеть мир в подлинных пчелиных красках нам мешает хрусталик, не пропускающий ультрафиолетовые лучи. Впрочем... В 1923 году французскому художнику Клоду Моне удалили вместе с катарактой хрусталик правого глаза, и он мог различать этим глазом ультрафиолет. Среди его картин последующих лет есть парные пейзажи, очень отличающиеся друг от друга сочетанием красок. Искусствоведы считают, что он писал их при разном освещении. А может, прикрывая по очереди то один глаз, то другой?..

С земляными шмелями на острове Сардиния случилась примерно такая же история, как с микронезийцами атолла Пингелап. Правда, дальтониками они не стали, а, наоборот, обрели способность видеть красный цвет. И стали воспринимать мир в четырех спектрах – как многие бабочки, жуки, стрекозы и мухи. У бабочек встречаются и более сложные случаи цветного зрения – до пяти спектров, а в глазах присутствуют дополнительные пигменты-светофильтры. Точность в выборе нужного оттенка чешуекрылым необходима, чтобы обнаружить самые свежие и молодые листья для откладки яиц, из которых вылупятся прожорливые гусеницы. По крыльям бабочки иногда можно понять, какие цвета она видит: окраска крыльев определяется теми же пигментами, которые воспринимают цвета в ее глазах. Бывает, что дополнительные глазки возникают на пенисе, и они – видят.

А если крылышки самцов и самок заметно отличаются – как, например, у бабочек-голубянок, то потому, что мужские и женские особи смотрят на мир разными глазами. Впрочем, у некоторых птиц цвет по-разному воспринимает даже правый и левый глаз.

Теперь, когда стало ясно, что чем ярче выглядят животные, тем красочнее их восприятие мира, достаточно посмотреть вокруг, чтобы заметить яркую раскраску оперенья птиц, крылышек насекомых, шкурок ящериц и лягушек. Им можно только позавидовать. Цветковые растения, подстраиваясь под видение своих опылителей и разносчиков семян, тоже уподобились радуге, причем не семицветной, а невидимой для нас гораздо более красочной.

А как же «пышное природы увяданье»? Долгое время считалось, что осенние краски леса – лишь следствие разрушения зеленого пигмента хлорофилла в отмирающих листьях. Тогда и проступают прежде скрытые желтые каротиноиды. Но красные антоцианины начинают вырабатываться деревьями именно осенью. «Антоцианины выделяются одновременно с фенолами, опасными для листоядных насекомых, таких как тли, – рассказывает о своих исследованиях энтомолог Марко Аркетти из Базельского университета. – А поскольку тли способны отличить красный цвет от зеленого, хотя, видимо, не имеют специальных фоторецепторов, они стараются избежать красных листьев, и дерево освобождается от непрошенных гостей».

Красное море. Рыбы, особенно обитатели мелководья, разнообразием расцветок могут потягаться с птицами и бабочками – и они различают много цветов. Для цихлид, живущих в больших африканских озерах, разница в цветовом восприятии даже стала основой для дальнейшей эволюции: в озере Виктория бурно плодятся виды с красной чешуей, а в Ньяса – с синей и фиолетовой.

У цихлид зрение, кстати, гексахроматическое: их глаза различают ультрафиолетовый, фиолетовый, синий, сине-зеленый, зеленый и красный спектры. Последний, длинноволновой, лучше других распространяется в мутных водах озера Виктория, поэтому там и преобладают красные рыбы. А в основе изменений окраски, конечно, лежат генетические перестройки, в первую очередь касающиеся генов, кодирующих опсины.

Шесть спектральных типов светочувствительных клеток – далеко не предел: у раков-богомолов их 16, и 10 или 12 из них используются для цветового восприятия! Можно только позавидовать, но, увы, даже приблизительно нам не узнать, что видит это членистоногое. И зачем ему все это видеть?

В море длинноволновая (красная) часть спектра поглощается в пределах десятка метров, затем наступает черед средних (зеленых) волн, а глубже всех проникают короткие (синие). Именно поэтому мелководье нам кажется бирюзовым, а открытое море – синим. Спектральное различие между верхними и нижними слоями воды могло стимулировать появление по крайней мере двух разных фотопигментов. Но для чего рыбам и другим морским обитателям различать красный цвет? Многие обитатели океана предпочитают именно его, поскольку сами флюоресцируют – испускают красное свечение. В столь любимом ныряльщиками Красном море на это способны морские иглы, собачки, губаны, бычки, а также некоторые водоросли, губки, кораллы и офиуры. Голубая стихия, если взглянуть на нее глазами рыб, действительно оказывается красной.

Даже в многокилометровых глубинах, куда не проникает ни единый солнечный фотон, рыбы не спешат расставаться с цветным зрением. По красным и оранжевым сигнальным вспышкам рыбы-драконы (стомии) находят своих партнеров на расстоянии в несколько метров. Дальше, увы, не получится. Одна из подобных рыб – малакост – для восприятия красного света приспособила зеленый пигмент растений хлорофилл, который входит в состав светочувствительных клеток. Хлорофилл малакост получает вместе с пищей – веслоногими рачками, а они, в свою очередь, питаются одноклеточными водорослями. Чтобы при этом не попасть в зубы хищнику, рыбы испускают контрвспышки, искажающие контур тела. А самое дно океана порой напоминает неспящий ночной город: проплывающий ромбовый скат частыми взмахами плавников колыхает заросли бамбуковых кораллов, и те полыхают рекламным неонам, среди которого мигают «габаритные» огни

офиур, морских пауков и морских лилий.

Гигантские кальмары своими гигантскими (27 сантиметров в диаметре, даже у синего кита – в 2,5 раза меньше) глазами на 600-метровой глубине способны рассмотреть кашалота за 120 метров. Потому что, ныряя сквозь облака планктона, этот зубастый кит вызывает свечение микроорганизмов. Удрать кальмар уже не успеет, но сможет встретить врага во всеоружии.

Как понять, что видно, скажем, на глубине 400 метров? Очень просто: прогуляться лунной ночью по лесу. Освещенность в таком лесу в 100 миллионов раз ниже, чем в открытом поле в безоблачный солнечный день. В безлунную, но звездную ночь – еще в 100 раз ниже, как на глубине 600–700 метров. Мы при этом в лучшем случае различаем неясные контуры ближайших предметов – и никаких цветов. А быстрокрылые бабочки бражники, которые вылетают пить нектар в сумерках, и ящерицы гекконы, которые охотятся по ночам, ориентируются на цвет. «У столь разных приборов цветного ночного видения, какими являются фасеточные глаза бражника и камерные глаза геккона, есть одно сходство, – объясняет нейробиолог Альмут Кельбер из Университета Лунда. – И те, и другие имеют особую клеточную выстилку зеркального типа позади сетчатки. Это зеркальце отражает свет, упущенный фоторецепторами, и направляет его обратно прямо в эти клетки». Поэтому глаза бражников сверкают в темноте, если на бабочку направить луч фонарика.

Глаза кошки тоже горят. И в них есть такая же выстилка. Кроме того, улавливать незримый ночной свет ей помогают щелевидный зрачок и близкое расположение сетчатки к хрусталику. Но цвета в темноте кошка не различает.

Магический кристалл. Всем этим возможности глаз не исчерпываются. Так, вблизи глубоководных «черных курильщиков», извергающих 350-градусные гейзеры, бурлит и жизнь. Здесь обитают многочисленные креветки и крабы. Чтобы не заблудиться в холодной безжизненной мгле, со всех сторон окружающей теплые оазисы, они приспособились видеть инфракрасное излучение (700–1000 нанометров), исходящее от горячих растворов. Но не только: зоологи обнаружили в глазах этих ракообразных пигменты, восприимчивые к зеленому свету. На такую глубину световые волны средней длины не проникают. Значит, источник зеленого свечения нужно искать в «курильщиках». Геофизики его открыли: мириады пузырьков газа, выделяющиеся при извержении «черных курильщиков», взрываются и излучают зеленый свет. Это явление называется сонолюминесценция.

На суше инфракрасный свет видят питоны и гремучие, или ямкоголовые, змеи. На голове у такой змеи есть пара ямок, которые устроены почти так же, как настоящие глаза позвоночных: не хватает лишь хрусталика. Это своего рода тепловизор: тепло, исходящее от тела, например, мыши, попадает в ямку и возбуждает чувствительные клетки, способные различать разницу температур в тысячную долю градуса Кельвина. Мозг обрабатывает полученную информацию, сопоставляет ее с той, что поступила через обычные глаза, и складывает в достаточно понятное изображение мыши.

Лучи света различаются не только по спектру: проходя сквозь атмосферу, отражаясь от гладкой водной поверхности или глянцевой листвы, они поляризуются. Если в обычном пучке света электромагнитные волны колеблются в любых плоскостях поля, перпендикулярных его распространению, то в поляризованном большинство волн колеблется в одной плоскости. И многие насекомые и птицы приспособились видеть поляризованный свет, чтобы находить его источник: днем – солнце, ночью – луну. Конечно, в ясную погоду такой необходимости нет, но когда все небо затянуто облаками, определить, где сейчас находится светило, непросто. В море главная плоскость поляризации лежит параллельно поверхности, и хищники – рыбы и головоногие моллюски – научились извлекать из этого выгоду: если зрачок и расположение наиболее чувствительных участков сетчатки – вертикальные (как у рыб) или, наоборот, горизонтальные (как у осьминогов и каракатиц), то разрешающая способность глаза увеличивается почти вдвое. Используя разницу в поляризации различных световых потоков, в воде можно разглядеть прозрачные объекты, а многие морские организмы (медузы, гребневники, кальмары), чтобы слиться с окружающим фоном, используют прозрачный камуфляж. Наоборот, окраска кальмаров и каракатиц различима только для тех, кто видит поляризованный свет.

Пользовались поляризованным светом и люди. В скандинавских сагах рассказывается о магическом солнечном камне, который помогал викингам находить дорогу в любую погоду. До недавнего времени все это представлялось не более чем легендой, но неожиданно на юге Гренландии археологи обнаружили фрагменты деревянного диска и камня, испещренные прямыми и гиперболическими кривыми линиями. На широте 61 градус, где плавали викинги, в мае-августе тень от каменного столбика, установленного в центре такого диска, точно следовала бы гиперболической линии с полудня до заката. Для определения направления на север достаточно было повернуть диск так, чтобы верхушка тени совпала с определенной календарной насечкой. Но

это в солнечный день.

«В непогоду можно было откалибровать компас с помощью кристалла, определив по яркому свечению, где прячется солнце, – говорит биофизик Габор Хорват из будапештского Университета имени Этвёша. – Опыты показали, что при плотном облачном покрове определить положение солнца, полагаясь на невооруженный глаз, не удастся. А с помощью поляризационного фильтра – вполне». Солнечным камнем мог быть, например, исландский шпат – двоякопреломляющая прозрачная разновидность кальцита – или турмалин. Оба эти минерала обычны в Скандинавии.

Что ж, от природы нам достались не лучшие органы зрения. Однако опыт наших далеких предков показывает: развивая мозги, можно увидеть мир ярким и красочным, а не тусклым и серым.

Автор: Андрей Журавлев © National Geographic НАУКА И ТЕХНИКА, МИР 👁 3397 22.07.2013, 15:03 📄 488
URL: <https://babr24.com/?ADE=116840> Bytes: 20098 / 20077 Версия для печати

👍 [Порекомендовать текст](#)

Поделиться в соцсетях:

Также читайте эксклюзивную информацию в соцсетях:

- [Телеграм](#)

- [ВКонтакте](#)

Связаться с редакцией Бабра:

newsbabr@gmail.com

Автор текста: **Андрей Журавлев.**

НАПИСАТЬ ГЛАВРЕДУ:

Телеграм: [@babr24_link_bot](#)

Эл.почта: newsbabr@gmail.com

ЗАКАЗАТЬ РАССЛЕДОВАНИЕ:

эл.почта: bratska.net.net@gmail.com

КОНТАКТЫ

Бурятия и Монголия: Станислав Цырь

Телеграм: [@bur24_link_bot](#)

эл.почта: bur.babr@gmail.com

Иркутск: Анастасия Суворова

Телеграм: [@irk24_link_bot](#)

эл.почта: irkbabr24@gmail.com

Красноярск: Ирина Манская

Телеграм: [@kras24_link_bot](#)

эл.почта: krasyar.babr@gmail.com

Новосибирск: Алина Обская

Телеграм: [@nsk24_link_bot](#)

эл.почта: nsk.babr@gmail.com

Томск: Николай Ушайкин

Телеграм: [@tomsk24_link_bot](#)

эл.почта: tomsk.babr@gmail.com

[Прислать свою новость](#)

ЗАКАЗАТЬ РАЗМЕЩЕНИЕ:

Рекламная группа "Экватор"

Телеграм: @babrobot_bot

эл.почта: eqquatoria@gmail.com

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО:

эл.почта: babrmarket@gmail.com

[Подробнее о размещении](#)

[Отказ от ответственности](#)

[Правила перепечаток](#)

[Соглашение о франчайзинге](#)

[Что такое Бабр24](#)

[Вакансии](#)

[Статистика сайта](#)

[Архив](#)

[Календарь](#)

[Зеркала сайта](#)