

[Get a PDF](#)

О зрении животных

Евгений Бобух

Внимание! Сервер tung-sten.no-ip.com переехал на www.bobukh.com. Новый адрес этой страницы -- <http://tung-sten.no-ip.com/Texts/Popsci/VisionOfAnimals.htm>. Доступ через старый домен в какой-то момент прекратится. Пожалуйста, обновите Ваши закладки.

Начну с небольшого предисловия, дабы меня не сочли сумасшедшим.

Значительную часть помещённого здесь материала я собрал исключительно ради удовлетворения собственного любопытства. Просто однажды мне стало интересно: а как видят мир разные животные? Рыбы там, пчёлы, кошки? Я принялся копаться в Интернете. По мере погружения тема, к удивлению, становилась всё глубже и обширнее, так что я начал вести какие-то записи, просто чтобы самому не потеряться. Идея упорядочить всё это и выложить в ЖЖ возникла на более позднем этапе -- когда я понял, что пора принять волевое решение и остановиться, чтобы не потонуть в дебрях чуждой мне зоологии.

К тому моменту на руках у меня имелась настоящая "коллекция марок" -- набор разрозненных, но занятных фактов. Причесав его и слегка упорядочив, я и представляю то, что получилось, вниманию почтенной публики.

Сразу скажу, что основная цель этого текста -- развлекательная. Сколько-нибудь серьёзным исследованием он не является, хотя бы в силу того, что я совсем не биолог. Поэтому комментарии от специалистов активно приветствуются :). Итак, поехали!

[Пояснение терминов здесь, если кому надо](#)

1. **Собаки** -- слабовыраженные дихроматы. Их цветовой мир состоит из блеклых оттенков сине-фиолетового и жёлто-зелёного. Острота их зрения примерно в 3.7 раза хуже человеческой, то есть позволяет видеть миллиметровые детали с расстояния в метр. Есть указания, что многие собаки близоруки.

Зато собаки гораздо лучше людей видят в темноте (к сожалению, не нашёл количественных замеров), и воспринимают изображения, сменяющиеся до 70-80 раз в секунду, как отдельные. [5, 7]. Это, возможно, одна из причин, по которым они проявляют мало интереса к телевизору :). Для людей 24 кадра в секунду при небольшой яркости, и около 70 при сильной уже сливаются в движущуюся картину.

2. **Кошки** -- тоже слабовыраженные дихроматы, и их восприятие цвета, скорее всего, эквивалентно собачьему. В [7] приведены картинки

предполагаемого видения мира кошками.

Впрочем, по другим сведениям [8] кошки – слабые трихроматы.

Как и собаки, они прекрасно видят в темноте. Светосила их глаз достигает F/0.9 [9], а способность видеть слабый свет в 6 раз превышает человеческую [8].

Острота кошачьего зрения, однако, раз в 6 раз ниже человеческой [8, 9]. То есть, с расстояния в 1 метр кошки видят детали размером лишь в пару миллиметров или крупнее, а пятна на Луне для них, скорее всего, просто не существуют.

Зрение тигров и, вероятно, большинства кошачьих – примерно такое же, как и у кошек [9a].

Занятно также, что у многих кошачьих наибольшая острота зрения наблюдается не в центре поля обзора (как у нас), а в узкой горизонтальной полосе, его пересекающей [9b]. То есть, кошки в среднем лучше видят то, что находится справа или слева от них, нежели сверху или снизу.

3. Лошади.

Это случай интересный. Во-первых, глаза лошади расположены так, что её обзор составляет 350 градусов, из которых около 65 – бинокулярное зрение [8].

Во-вторых, острота лошадиного зрения почти равна человеческой, уступая ей лишь в полтора раза! Как замечено в [10], "если Вы хотя бы слегка близоруки, то, скорее всего, Ваша лошадь видит лучше Вас" :) Вот и удивляйся, откуда такое у травоядного?

Лошади также обладают развитой способностью видеть в темноте и оценивать на глаз расстояния до предметов. Что, впрочем, неудивительно, раз им приходится много прыгать.

Единственное, в чём лошадиное зрение уступает человеческому – это цветовосприятие. Лошади... тоже слабовыраженные дихроматы, живущие в мире жёлто-голубых тонов [11, 10, 12 (есть картинки лошадиного видения мира)]. В [11] приводятся результаты экспериментов, где лошадики быстро научились отличать синий и жёлтый от серого; с некоторым трудом -- зелёный; и никак не могли справиться с красным. Похоже, красный цвет они совсем не видят.

4. Вам ещё не надоели эти сплошные слабые дихроматы среди млекопитающих? Так вот, это не случайность. Слабое цветное зрение или вовсе его отсутствие весьма характерны для этой группы животных. В [4] довольно внятно поясняется, как же так вышло.

Дело в том, что млекопитающие возникли на Земле давно, чуть ли не вместе с динозаврами. Но, поскольку доминирующей формой жизни они тогда отнюдь

не стали, им пришлось вести в основном ночной образ жизни. За сотню миллионов лет они к этому прекрасно приспособились – в частности, потеряв цветное зрение, которое требует яркого света и потому бесполезно в темноте. Но когда динозавры, наконец, вымерли, млекопитающим пришлось "изобретать" цветное зрение заново! До трихроматического доросли лишь высшие приматы и человек; большинство же зверушек так и остались слабовосприимчивы к цвету.

Да, цветное зрение, как ни обидно, куда более развито среди существ, которых мы полагаем примитивнее нас: птиц, членистоногих, земноводных, рыб. Но об этом подробнее позже, а пока ещё пара слов про млекопитающих.

5. **Грызуны** (в основном речь пойдёт о крысах) [[13](#)].

Неудивительно, они тоже дихроматы. Но два базовых цвета, воспринимаемых ими -- это зелёный (0.51 мкм) и... ближний ультрафиолетовый (0.359 мкм), вообще недоступный человеческому глазу! Предположительно, чувствительность к ультрафиолету выработалась у них в качестве приспособления к сумеречному образу жизни (в сумерках сине-фиолетовые компоненты освещения преобладают). Кроме того, многие объекты (например, [цветы](#)) выглядят совершенно иначе и гораздо контрастнее в ближнем УФ, так что, наверное, есть смысл им пользоваться.

Ультрафиолетовое зрение также характерно для большинства насекомых и многих птиц.

Острота крысиного зрения сильно уступает человеческой -- примерно раз в 30. То есть, с метрового расстояния объекты меньше примерно 1 сантиметра для них либо не видимы, либо кажутся просто "точками". А зрение крыс-альбиносов ещё примерно вдвое хуже.

Ну и как можно ожидать, в темноте они видят гораздо лучше людей – примерно на порядок.

6. **Приматы**, и хватит о млекопитающих.

Приматы бывают разные. Целая куча их рассматривается в довольно крупной работе [[14](#)]. Увоенные из неё мною выводы таковы:

- 6.1. Да, кроме приматов, все наземные млекопитающие – дихроматы.
- 6.2. Их общий предок был, вероятно, тетрахроматом; но два цветовых пигмента были начисто утеряны в ходе эволюции, когда пришлось жить ночью.
- 6.3. Трихроматическое зрение выработалось, похоже, исключительно с целью видеть красный цвет и, таким образом, отличать спелые фрукты от незрелых :)

Большинство приматов – дихроматы. Некоторые – монохроматы (т.е. кроме простой яркости, они видят ещё какой-нибудь один жёлтый цвет). Трихроматическое зрение присутствует лишь у самых высших обезьян и выработалось оно относительно недавно, меньше ~40 миллионов лет назад.

7. Птицы.

Многие птицы видят куда лучше человека, и с этим надо смириться.

Цветовое пространство большинства дневных птиц – трёх, четырёх и даже пятимерно. Обыкновенный глупый голубь обладает [15], похоже, пятимерным цветным зрением, воспринимая, таким образом, неизмеримо более сложную гамму цветов, чем мы с вами. Занятно, что цветовых рецепторов в глазах у него лишь 4; но использование особых светофильтров ("oil drops", клетки с определённым красителем) увеличивает это число до 5.

Многие птицы способны видеть в ближнем ультрафиолете (~0.36 мкм) [15].

Острота зрения по крайней мере у **дневных хищных птиц** многократно превосходит человеческую: в полтора раза у пустельги [16], в 4-5 раз – у орла [17], и до 8 раз -- у ястреба (по не очень надёжным, правда, данным, вроде [18, 19]).

Правда, в одной работе [16a] эти цифры опровергаются. Там намеряли, что острота зрения ястреба и пустельги лишь близка к человеческой. Но их эксперименты велись при умеренном и слабом освещении, а в таких условиях все видят хуже.

8. **Совы**, в противоположность популярному мифу, вполне способны видеть днём. Ночью же чувствительность их зрения к слабому свету превышает человеческую чуть ли не в 100 раз! [случайно потерял ссылку; лень искать] По крайней мере некоторые из сов обладают и цветным зрением [20].

9. Зрение **черепах** тоже цветное, но не очень острое [21]. Кроме того, они, похоже, не видят сине-фиолетовых тонов.

10. Некоторые **змеи**, такие как гремучие, питоны и удавы, способны "видеть" в далёком инфракрасном диапазоне (8-12 мкм; в одной работе упоминается также чувствительность в 3-5 мкм). Такой "свет" отстоит очень далеко от областей, в которых видят все остальные живые существа на Земле (0.3 – 1 мкм), и соответствует области, в которой "светятся" теплокровные животные. [21, 22, 23]. То есть, эти змеи оборудованы самым настоящим "тепловизором". Острота подобного зрения не слишком высока, составляя величину порядка 10 сантиметров на расстоянии полуметра, но это именно настоящее "зрение", способное отслеживать движущуюся цель даже во время прыжка змеи. Ну а для ночной охоты на мышей большего и не нужно :).

Вдобавок к этому, змеи обладают ещё и обычным зрением, правда, вероятно, неспособны видеть синий и фиолетовый.

11. Большинство **лягушек** видят цвета; размерность цветового пространства у некоторых достигает 4 – то есть, больше, чем у нас :) [24]

12. Раз уж даже лягушки воспринимают цветов больше, чем мы, то возникает закономерный вопрос: а кто вообще выходит победителем в этой области? Чья

радуга самая, понимаешь, радужная?

Так вот. Из исследованных на сегодня существ самым развитым цветовым зрением обладает... **креветка-богомол** (mantis shrimp) [25]. У "примитивного" ракообразного имеется не менее чем восемь типов цветовых рецепторов, плюс два их типа для восприятия поляризации света, плюс oil drops, дополнительно увеличивающие размерность цветового пространства. В общем, это просто какой-то ходячий спектрограф; никто даже не знает точно, сколько базовых цветов видит это существо, но полагают, что не менее 10. И все эти цвета вмещаются в узкий диапазон от примерно 0.4 до 0.65 мкм – чуть уже человеческого.

Компоновка глаз этой креветки тоже весьма необычна (советую посетить ссылку, там есть картинка). Глаз два, они фасеточные, каждый разделён на верхнюю и нижнюю полусферу и этакий "пояс" между ними. К цвету чувствителен только "пояс". Предмет, наблюдаемый креветкой, видят **все три** части глаза; таким образом, каждый глаз **по отдельности** обладает **тринокулярным** зрением (в противоположность массово распространённому на Земле зрению бинокулярному), и способен благодаря этому очень точно оценивать расстояния.

Спрашивается, а нахрена маленькой креветке всё это нужно? Ответ: она – хищник, обитающий в коралловых рифах, где разноцветных существ хоть отбавляй. Не умеешь отличать их от рифов – останешься голодным :)

13. В отличии от креветок **осьминоги** цветов, похоже, совсем не различают, т.к. живут и охотятся преимущественно в полумраке [28]. Но зато достоверно известно, что они видят поляризацию света – вероятно, как вариации какого-то специфического "цвета". Осьминоги могут отличать "поляризационный контраст" между объектами, не превышающий 20 градусов [26]. Человеческий глаз к поляризации света почти нечувствителен, поэтому людям трудно представить себе, как это может "выглядеть" для осьминога. Многие из нас вообще даже не в курсе, что восприятие поляризации способно дать важную информацию об окружающем мире :). На самом деле, поляризация очень важна, и её влияние на внешний вид многих предметов хорошо знакомо фотографам (см. [пример](#)).

Острота зрения осьминогов не очень высока и составляет, по разным данным, от 10 до 65 угловых минут, что соответствует предметам размером от 3 до 20 мм, рассматриваемым с расстояния в 1 метр [26,27]

Глаз осьминога во многом похож на человеческий: линза (хрусталик), глазное яблоко, сетчатка (retina). Но, в отличие от нас, у осьминогов нет "слепого пятна", т.к. кровеносные сосуды и нервы подходят к сетчатке сзади, не перекрывая путь свету.

Занятно, что у общих эволюционных предков осьминогов и позвоночных глаз, скорее всего, не было вообще. Т.е. схожее устройство было "изобретено" эволюцией дважды :).

14. **Золотые рыбки** – тетрахроматы [28] и видят длины волн от 0.3 мкм (и

даже ниже) до примерно 0.73 мкм – то есть весь человеческий диапазон, плюс хороший кусок ультрафиолета, плюс пограничную с инфракрасным область.

15. **Латимерия** (целакант) – древняя, долгое время считавшаяся вымершей рыба, обитающая на глубине около 200 м. Света там почти нет, а те его остатки, что всё-таки туда просачиваются – исключительно синие. Тем не менее, она тоже обладает цветным зрением, с нашей точки зрения весьма уникальным. Латимерия – дихромат, но всё богатство воспринимаемой ею гаммы укладывается, по нашим меркам, в почти неотличимые оттенки синего в узеньком диапазоне длин волн возле 0.48 мкм [29]. Максимумы цветового восприятия её рецепторов отстоят друг от друга всего на 7 нанометров: 0.478 и 0.485 мкм.

16. Обыкновенный **каrp** может видеть в ближнем инфракрасном диапазоне (0.865 мкм) [30] – там же, где работают пульты управления телевизором и где рассеяние света в воде и воздухе существенно ниже.

17. По способу создания изображения все глаза на Земле можно разделить на 4 класса [3]:

17.1. Камера-обскура – встречается только у моллюска под названием Наутилус.

17.2. Камера с линзой – используется всеми позвоночными, пауками, большинством моллюсков и некоторыми другими существами.

17.3. Камера-рефрактор (изображение создаётся зеркалом) – известна только у одного вида существ – морских гребешков (scallops) [31, 3].

17.4. Фасеточный глаз – состоит из множества (до десятков тысяч) маленьких "глазков", каждый из которых видит лишь узкий участок пространства. Используется насекомыми и ракообразными.

18. Большинство **пауков** видят очень плохо, хотя и имеют, как правило, по 8 глаз. Вплоть до того, что едва отличают день от ночи [32].

Но есть немногие из них, кто не плетут сети и тупо ждут, пока добыча придёт сама, а ведут активную охоту. Это прыгающие пауки и net-casting spiders (русского перевода не нашёл, возможно, потому, что в СССР они не водятся). У этих со зрением всё в порядке :)

Прыгающие пауки, будучи атакующими хищниками, в чём-то близки кошачьим. Они замечают добычу издалека, подкрадываются к ней и затем настигают её в прыжке. Их зрение охватывает более 300 градусов окружающего пространства; при этом фронтальное зрение бинокулярно, обладает довольно высоким разрешением, и позволяет с высокой точностью оценивать расстояние до будущей жертвы. Прыгают эти пауки на дистанции до ~10 сантиметров. Их мозг довольно велик в объёме, достигая в процентном отношении к весу тела той же величины, что и у людей. Прыгающие пауки способны видеть в ультрафиолете. Почти достоверно, что они обладают цветным зрением [хотя бы потому, что их тела имеют разноцветную

"разметку"]. Неясно, правда, какова размерность цветового пространства этого зрения; называются числа от 2 до 4 [33, 34, 35, 32].

Net-casting spiders – ночные хищники и обладают наибольшей светосилой оптики глаза среди всех известных на Земле существ: F/0.58 [32]. Фотографам предлагается минутку помедитировать в тихом благоговении перед этой цифрой :).

19. От пауков к насекомым, которых, как известно, на Земле как минимум миллион видов – больше чем всех остальных, вместе взятых :).

Общими характеристиками зрения насекомых являются [36,37]:

А. Фасеточные глаза.

Б. Восприимчивость к ультрафиолетовому свету.

В. Трихроматизм с цветами ультрафиолетовым, синим и зелёным.

Г. Невосприимчивость к красному.

Д. Чувствительность к поляризации света.

Е. Способность различать как отдельные очень быстро сменяющиеся изображения (до 300 "кадров" в секунду у некоторых видов) [43].

Специфические особенности в основном сводятся к различиям в разрешающей способности глаз:

19.1. У **стрекоз**, вероятно, самое острое зрение среди всех насекомых. Их глаза состоят из примерно 30 тысяч элементов, а визуальное разрешение достигает 0.24 градуса [38]. Это соответствует способности различать предметы размером в 4 миллиметра с расстояния в 1 метр – то есть примерно вдесятеро хуже, чем у человека.

19.2. **Пчёлы** видят средне по меркам насекомых – то есть примерно в 60-100 раз хуже, чем человек [39, 40]. Два-три сантиметра с расстояния в 1 метр – вот характерный размер их "точки". Они не видят красного света, но различают три цвета, один из которых – ультрафиолетовый. Всякий, кто хоть немного интересовался ультрафиолетовой фотографией, знает, что многие цветы выглядят куда ярче и контрастнее в этом диапазоне, так что пчёлам это очень даже помогает.

19.3. **Жуки** демонстрируют не особо впечатляющую разрешающую способность глаз в пределах от 1 до ~7 градусов [37, 40]. Зато некоторые из них, похоже, тоже наделены способностью "видеть" или чувствовать далёкое инфракрасное (тепловое) излучение, хотя найденные ссылки на эту тему довольно невняты [41, 42].

19.4. Живущие под землёй **муравьи** занимают низшую ступень в иерархии насекомого зрения. Обладая буквально единицами фасеток, они способны различать лишь предметы, имеющие не меньше нескольких десятков градусов в видимом размере – такие, например, как занесённый над муравьём башмак [43].

19.5. **Бабочки**, по крайней мере некоторые, способны видеть красный свет

[44], что вообще-то нехарактерно для насекомых.

20. **Морские звёзды**, оказывается, обладают зрением [45]. Их "глаза" покрывают всё тело и даже обладают линзами, но вряд ли способны на большее, нежели просто реагировать на свет/тьму.

21. **Дождевой червь** тоже способен отличать день от ночи, но не более того [46].

22. Но наиболее удивительной зрительной системой среди примитивных существ обладают, похоже... **медузы**! По крайней мере, те из них, что именуются box jellyfish [на русский это переводят и как "кубомедуза", и "медуза-коробочка", и "австралийская медуза"] [47, 48].

Начнём с того, что мозгов у этой твари нет вообще! Так что в нашем понимании она **в принципе** не может "видеть". Тем не менее, она обладает 24-мя глазами, и восемь из них достаточно сложно устроены: имеют линзу и даже радужную оболочку, способную сокращаться на ярком свете. Несмотря на наличие линзы, сетчатка этих "глаз" находится не в фокусе и способна формировать лишь очень расплывчатое изображение.

Это примитивное безмозглое довольно активно пользуется своими глазами, избегая сближений с крупными тёмными предметами и с вытянутыми тёмными объектами шириной более ~1 см – очевидно, с "препятствиями" и "палками", столкнувшись с которыми, медуза может повредиться. Светлые предметы она не "видит". Похоже неграм, особенно с палками, медуз можно не бояться :).

23. Даже некоторые одноклеточные, например, **эвглена**, обладают "зрением", позволяющим им чувствовать направление света. Его механизм до конца не ясен. Предлагаются молекулярно-механические объяснения [49].

24. И на закуску – пара малоизвестных фактов о **человеческом зрении**.

24.1. Человек вполне способен видеть ультрафиолет с длиной волны выше примерно 0.3 мкм [в частности, 53], но с возрастом эта способность быстро теряется за счёт пожелтения хрусталика глаза. В 20 лет я сам лично наблюдал на спектрографе одну из линий ртути с длиной волны 0.365 мкм, но сомневаюсь, что смогу разглядеть её сегодня. Кстати, на вид она казалась серой, а не синей.

24.2. Человек **способен** видеть поляризацию света; некоторые северные народы даже пользуются этим для навигации. Но это требует значительных навыков, достигаемых лишь тренировкой. Поскольку же подавляющее большинство населения планеты не знает об этой своей способности, то она остаётся неразвитой в людях [50]. Я, на свою беду, научился, и теперь с трудом могу работать с LCD-мониторами, ибо их свет сильно поляризован. Так что, если Вам тоже хочется научиться видеть поляризацию -- подумайте трижды, действительно ли Вам так уж нужен этот новый "орган чувств"? :)

24.3. У некоторых людей, похоже, присутствует четвёртый тип колбочек и, таким образом, зачатки тетрахроматического зрения [4,51,52]. Четвёртый

рецептор имеет максимум в жёлто-оранжевой области и отвечает за восприятие "другого оранжевого" цвета, по словам этих людей.

Объяснение терминов:

* Острота зрения (разрешающая способность; visual acuity) – способность глаза различать мелкие детали. В тексте выражается в угловом размере минимальных предметов, которые воспринимается глазом уже как протяжённые объекты, а не как точки.

Для человека эта величина составляет примерно 1/3000 радиана, или одну угловую минуту. Это соответствует предмету размером в 0.3 мм, разглядываемому с расстояния в 1 метр. [Отмечу, что в учебниках по наблюдательной астрономии приводится цифра в 2 угловых минуты как минимально необходимая, чтобы разглядеть диск планеты. Я не знаю, кто прав.]

Часто я буду остроту зрения животных выражать в сравнении с человеческой. То есть, если написано, что острота зрения Сильноплая Задоприволакивающего втрое ниже человеческой – это значит способность различать 1 мм с расстояния в 1 метр.

* Размерность цветового пространства -- количество "базовых" цветов в цветовосприятии существа, смешивая которые, можно получить (почти) все цвета, воспринимаемые им. Часто это соответствует количеству типов чувствительных к цвету рецепторов в глазу.

Для человека таких "базовых" цветов три: красный, зелёный и синий. Смешивая их, можно получать все цвета, в принципе видимые человеком (тут есть свои тонкости, ибо оно не совсем так; но для наших целей это описание верно). Поэтому человеческое цветовое пространство трёхмерно, а мы называемся трихроматами.

Аналогично, человек, неспособный отличать красный от зелёного, является дихроматом: для него вся гамма цветов состоит из смеси "краснозелёного" и синего. Его цветовое пространство двумерно. Собаки – тоже дихроматы. У существа же, цветов вообще не различающего, размерность этого пространства будет нулевой.

Понятно, что чем выше размерность цветового пространства существа, тем больше богатство цветов, им воспринимаемых, и тем разнообразнее для него окружающий мир.

* Светосила, она же минимальная апертура, она же F-number. Записывается обычно как $F/\text{число}$, например $F/2.0$, и характеризует эффективность собирания света объективом глаза или прибора. Чем ниже это число, тем ярче получаемое глазом изображение. У большинства объективов фотоаппаратов светосила лежит в пределах $F/1.5 \dots F/4.0$. У человеческого глаза она может достигать $F/2.1$ [1].

* Человек видит свет с длинами волн от 0.4 до 0.7 мкм (в некоторых источниках указывается диапазон 0.38 ... 0.76 мкм -- видимо, замеры велись при большей силе света).

* Несколько интересных статей и сайтов по теме, где изложены не отдельные факты, а какие-то систематические материалы из науки о зрении животных. Рекомендую желающим объять и упорядочить необъятное:

1. <http://www.eyedesignbook.com/ch3/eyech3-b.html> [2] – краткая аннотация устройств глаз и зрения у основных типов, классов, и некоторых отрядов животных.

2. <http://soma.npa.uiuc.edu/courses/bio303/Ch11b.html> [3] -- перечислены встречающиеся в природе типы глаз, с чертежами.

3. <http://www.talkorigins.org/faqs/vision.html> [4]-- отлично прочищающая мозги статья про цветное зрение у животных, его эволюцию, и место млекопитающих в этой картине.

Комментарии? <http://eugenebo.livejournal.com/45235.html>

Писано году примерно в 2005-м.

===

Text Author(s): Eugene Bobukh === Web is volatile. Files are permanent. **Get a copy:** [[PDF](#)] [[Zipped HTML](#)] === **Full list of texts:** <http://tung-sten.no-ip.com/Shelf/All.htm>] === **All texts as a Zip archive:** <http://tung-sten.no-ip.com/Shelf/All.zip>] [mirror: <https://1drv.ms/u/s!AhyC4Qz62r5BhO9Xopn1yxWMsxtaOQ?e=b1KSjI>] === **Contact the author:** h o t m a i l (switch name and domain) e u g e n e b o (dot) c o m === **Support the author:** 1. **PayPal** to the address above; 2. **BTC:** 1DAptzi8J5qCaM45DueYXmAuiyGPG3pLbT; 3. **ETH:** 0xbDf6F8969674D05cb46ec75397a4F3B8581d8491; 4. **LTC:** LKtdnrau7Eb8wbRERasvJst6qGvTDPbHcN; 5. **XRP:** ranvPv13zqmUsQPgazwKkWCeAYecjYxN7z === **Visit other outlets:** Telegram channel <http://t.me/eugeneboList>, my site www.bobukh.com, Habr <https://habr.com/ru/users/eugenebo/posts/>, Medium <https://eugenebo.medium.com/>, Wordpress <http://eugenebo.wordpress.com/>, LinkedIn <https://www.linkedin.com/in/eugenebo>, ЖЖ <https://eugenebo.livejournal.com>, Facebook <https://www.facebook.com/EugeneBo>, SteemIt <https://steemit.com/@eugenebo>, MSDN Blog https://docs.microsoft.com/en-us/archive/blogs/eugene_bobukh/ === **License:** Creative Commons BY-NC (no commercial use, retain this footer and attribute the author; otherwise, use as you want); === **RSA Public Key Token:** 33eda1770f509534. === **Contact info** relevant as of 7/15/2022.

===