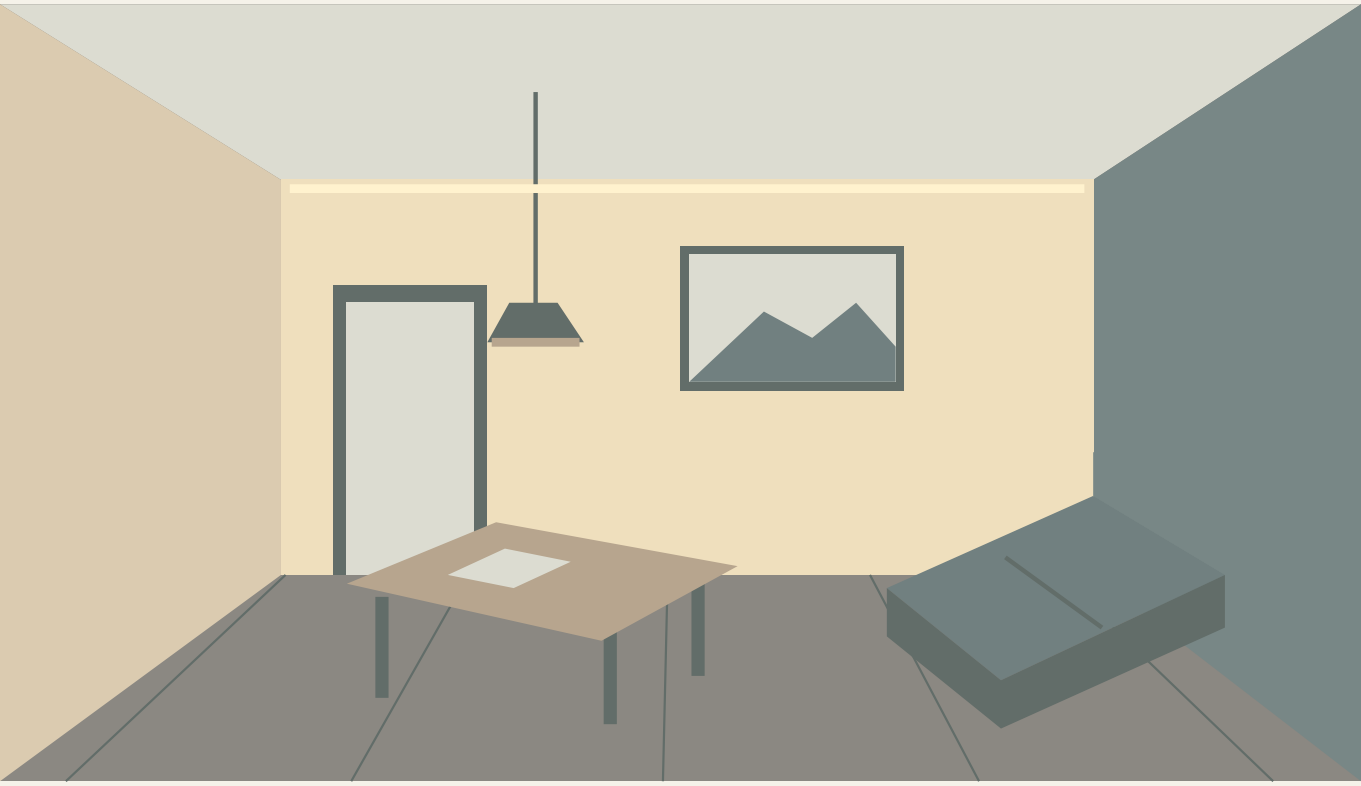
ДМИТРИЙ КРОТКОВ

Свет и человек

Как освещение меняет наше восприятие дома, города и друг друга



Авторское издание

Исследования, проектная практика и жизнь в пространстве

От автора. Какой высоты ваш потолок?

Однажды ко мне обратился человек, который построил дом и с трудом мог в нём находиться. Дело было в потолке. Он просил высоту этажа 2,70 метра. Когда закончилась отделка, от пола до потолка осталось 2,40. К моменту нашей встречи он уже побывал у нескольких специалистов. Его вопрос был очень простым. Можно ли сделать так, чтобы дома ему было хорошо?

Я проектирую освещение. На плане моя работа выглядит как линии, выводы и группы включения. Но человек, ради которого всё это рисуется, никогда не увидит свой дом с точки зрения плана. Он увидит его с порога. Потом сядет на диван, и светильник, который минуту назад красиво освещал стену, может оказаться у него прямо перед глазами. Именно эта перемена точки зрения меня занимает. Что осталось от моего замысла, когда человек сел?

Меня интересует и то, как по-разному люди обживают одну комнату. Кому-то приятно видеть вечером весь её объём. Кому-то для отдыха хватает лица напротив и края стола. За словом «уютно» у каждого может стоять свой дом, своя привычка, свой способ проводить вечер. Пол человека мало помогает понять, какой свет ему нужен именно сейчас. Гораздо больше можно узнать, если дать ему самому переключить две сцены и попросить показать место, где хочется остаться.

Я решил написать эту книгу для тех, кто думает о свете во время стройки и ремонта. Именно тогда ещё можно перенести вывод, оставить место для отражённого света или дать двум людям отдельные клавиши. Потом одна такая маленькая возможность годами определяет, можно ли почитать рядом со спящим, увидеть выражение лица гостя или пройти по саду, сохранив вокруг ночь.

У чисел здесь своя работа. Они помогают обнаружить ошибку и передать замысел тому, кто будет строить. У человеческого рассказа — своя. Хозяин дома с низким потолком помог мне сформулировать вопрос всей книги. Каким ощущается пространство тому, кто в нём живёт, и что я могу для него изменить? К его дому мы вернёмся в главе 18.

Дмитрий Кротков, светодизайнер

Кому адресована эта книга

Прежде всего — человеку, который хочет разобраться со светом до ремонта, а не после него. Если вы обновляете квартиру, строите частный дом, выбираете лампы для кухни и спальни или пытаетесь понять, почему новая отделка выглядит не так, как на образце, эта книга поможет перевести ощущение «неуютно» в конкретные решения.

Она пригодится и тем, кто обустраивает жизнь за пределами комнаты: продумывает фасад, крыльцо, дорожки, сад или усадьбу и хочет видеть путь вечером, не превращая участок в яркую сцену посреди тёмного пейзажа.

Владельцы и управляющие ресторанов, магазинов, гостиниц, офисов и других общественных пространств найдут здесь разбор того, как освещение связано с поведением посетителей, удобством работы, впечатлением о товаре и расходами. Архитекторам, дизайнерам, электрикам и монтажникам пригодятся расчётные понятия, проектные вопросы и критерии приёмки.

О книге

Свет обычно замечают лишь тогда, когда его не хватает: в тёмном коридоре, у рабочего стола, над плитой. Но он действует и в те минуты, когда мы о нём не думаем. По свету глаз узнаёт предметы, организм сверяет часы, а человек чувствует, спокойно ли ему в комнате и хочется ли там задержаться.

Эта книга ведёт от простого наблюдения к точному решению. Сначала мы разберём, из чего складывается свет и как его воспринимают глаза. Затем посмотрим, как освещение меняет глубину пространства, помогает работать и формирует впечатление от магазина, ресторана или гостиницы. В финале соберём из этих знаний практическую систему — для квартиры, частного дома, сада, проекта и повседневного выбора.

Термин появляется после смысла: сначала — бытовая сцена или вопрос, затем — научное объяснение. Специальные слова (*ipRGC, M-EDI, CRI, R9, Duv, UGR*) раскрываются при первом употреблении. Короткие памятки помогают выбрать лампу и проверить результат ремонта; профессиональные врезки дают язык для задания проектировщику или электрику.

Числа служат ориентирами, а не волшебными кнопками. Свет действует вместе с расписанием, расстоянием, поверхностями и особенностями человека. Ориентир 250/10/1 взят из экспертного консенсуса для здоровых взрослых с обычным дневным режимом; он не заменяет требования

зрительной безопасности и не является лечебным протоколом для детей, пожилых людей или сменных работников. В главах мы отдельно отмечаем, где исследования дают уверенное основание, где речь идёт о практике, а где — только о рабочей оценке.

Маршруты чтения

Можно идти по порядку — так видна вся цепочка: от состава луча до решений в пространстве. Можно начать с задачи, которая стоит перед вами сейчас:

- **Ремонт квартиры или строительство дома:** главы 1–7, 12–14, 16–20, 28–31.
- **Фасад, сад и усадьба:** главы 16–20, 27–30; особенно главы о направлении света, тенях, безопасности ночи и сценариях.
- **Семья, дети и пожилые родственники:** главы 5–10, 19, 28 и 31.
- **Бизнес — магазин, ресторан, гостиница, офис:** главы 21–26; затем 27–30, чтобы перейти от идеи к проекту и приёмке.
- **Архитекторы, дизайнеры и монтажники:** полный маршрут; после теории пригодятся главы 27–30 и приложения.

Как читать исследования

Если вы прежде всего хотите понять, **каково человеку при этом свете**, начните с опыта в моей ванной в главе 28. Потом вернитесь к лампам и цветам вещей в главе 2. В главе 7 проследите за светом от пробуждения до сна, а в главе 8 прочтите, как исследователи спрашивали людей о настроении и о впечатлении от самой комнаты. В главе 27 я расскажу, как эти вопросы входят в разговор с заказчиком ещё до того, как на плане появляется первый светильник.

Когда в главе появляется эксперимент, обратите внимание, о чём именно спрашивали участников. Признать комнату просторной, разглядеть лицо и дольше задержаться у витрины — три разных результата. Для каждого нужен свой способ проверки. В проектных примерах мы возвращаемся к тому же различию. Рулетка покажет высоту зала. Хозяин расскажет, как ему в этом зале сидится вечером.

Дом с низким потолком — случай из моей практики. Семья, за которой читатель проследит в эпилоге, собрана для этой книги. На её примере удобно увидеть, сколько раз за одни сутки меняется задача света в одной квартире.

Содержание

Часть I. ДНК СВЕТА 7

Глава 1. Свет: от фотона до эмоции 7

Глава 2. Спектр: как каждая волна меняет то, что вы видите и чувствуете 21

Глава 3. Четыре величины: люмен, люкс, кандела, яркость 37

Глава 4. Столетие загадок: как наука нашла третий рецептор 49

Глава 5. Часы организма: молекулярные шестерни, DLMO и разброс чувствительности 61

Глава 6. Метрология биологических люксов 68

Глава 7. Фазовая драматургия: карта времени и световое расписание 78

Глава 8. Свет, гормоны и эмоции здесь и сейчас 94

Глава 9. Ночь, смена, зима: свет против тьмы 102

Глава 10. Дети и пожилые: свет как уход 108

Глава 11. Мастера циркадного света: датская школа и академическая рамка 118

Глава 12. Лестница от луны до солнца 125

Глава 13. Спектр и настроение: тёплое против холодного 132

Глава 14. Фактуры и материалы: касание света 140

Глава 15. Итог части I: ДНК света 148

Часть II. Драматургия пространства 155

Глава 16. Расположение: откуда светит — то и командует 155

Глава 17. Тени: глубина, тайна, покой 164

Глава 18. Объём и форма: как свет строит пространство 170

Глава 19. Безопасность и экология ночи 181

Глава 20. Кьяроскуро: свет как режиссёр 191

Часть III. Свет как база экономики 198

Глава 21. Магазин: что свет помогает увидеть покупателю 198

Глава 22. Офисы: свет и работа 203

Глава 23. Девелопмент и мастера: триумфы и ошибки 208

Глава 24. Сфера обслуживания: свет как невидимый сотрудник 213

Глава 25. Экономика света: ROI и честные числа 219
Глава 26. Мифы и ложь о свете 224

Часть IV. Система управления и практика 229

Глава 27. Подход Ульрике Бранди: от дневного света до проекта 229
Глава 28. Сцены: дом с характером 236
Глава 29. Практикум светорасчёта: от формулы до прибора 244
Глава 30. Стандарты: как читать правила света 249
Глава 31. Бытовой манифест: свет как забота 254
Глава 32. Итог: свет — это всё 257

Эпилог. Сутки одной семьи 261

Приложения 264

Приложение А. Источники и исследования 264
Приложение Б. Быстрый расчёт светового потока до покупки 290
Приложение В. Суточное расписание для умного дома 293
Приложение Г. Черновик задания электрику и прорабу 296
Приложение Д. Аудит квартиры за двадцать минут 300
Памятка. Страница на холодильник 301

Часть I. ДНК СВЕТА

Глава 1. Свет: от фотона до эмоции

Свеча, которая построила комнату

В тёмной комнате зажигают свечу. Пламя едва касается стола, а мир понемногу возникает из темноты: на стене проступает край картины, на ложке дрожит золотой блик, лицо напротив становится объёмным. На столе может быть всего около десяти люксов — единиц освещённости, о которых мы поговорим дальше. Теперь представьте потолочную люстру, дающую триста люксов. Цифра больше, а комната порой кажется плоской и утомительной. Дело не только в том, сколько света прибыло. Важно, каким путём он пришёл и что осветил.

Мы не видим предметы сами по себе. До глаза доходит свет, отразившийся от их поверхности. Уберите из лампы красную часть спектра — и красной вишне будет нечего вернуть глазу: она побуреет. Уберите боковое направление — и рельефный камень потеряет тень, а вместе с нею глубину. Свет не просто делает вещи видимыми; он собирает их образ.

Глаз приспосабливается к новой яркости за минуты. Из подъезда человек входит в яркий холл и сначала щурится, но вскоре перестаёт замечать перемену. Такая терпимость полезна, однако она скрывает причину дискомфорта. Мы можем привыкнуть к плохому свету, не понимая, отчего устаём, хуже засыпаем или почему новая кухня выглядит не так, как на эскизе. Светодизайнеру приходится переводить эти ощущения на язык состава, дозы, времени и поверхности.

Белый луч и его скрытый состав

В 1666 году Исаак Ньютон затемнил комнату, пропустил узкий солнечный луч через стеклянную призму и увидел на стене цветную полосу. Призма не добавила белому лучу краски: она разделила входившие в него волны, которые преломлялись по-разному. Ньютон проверил вывод второй призмой: выделил узкий зелёный участок и пропустил его дальше. Он остался зелёным. Опыт показал, что призма разделяет составной свет; воспринимаемый цвет возникает в зрительной системе.

Белый свет — смесь электромагнитных волн разной длины. Для человека обычно указывают видимую область около 380–700 нанометров; край не резок и зависит от интенсивности и особенностей наблюдателя. В светотехнических графиках часто показывают более широкий участок, вплоть до 780 нм. За видимой полосой лежат ультрафиолетовая и инфракрасная области. Нанометр — миллиардная доля метра. Спектр показывает распределение излучения по длинам волн: в зависимости от прибора вертикальная ось может выражать абсолютную мощность или нормированную относительную величину. Сама по себе кривая не сообщает ни общий поток фотонов, ни освещённость в комнате. NASA даёт ориентировочную видимую полосу 380–700 нм.

Волновое и квантовое описания не означают, что свет попеременно становится то волной, то крошечным шариком. Электромагнитное поле распространяется как волна, а при обмене энергией с веществом обнаруживаются кванты — фотоны. У фотона есть энергия и импульс; его длина волны связана с частотой. От страницы к глазу приходит не «цветная бусина», а свет, взаимодействовавший с поверхностью бумаги. Лампа задаёт спектральный состав и распределение излучения, но то, что увидит человек, зависит ещё и от материала, направления, уровня света и работы зрения.

Природные источники тоже имеют характерные рецепты. Солнечный спектр меняется с высотой солнца; у заката усиливается красная сторона. Костёр, свеча и лампа накаливания богаты длинными красными волнами и сдержанны в синей области. Светодиоды вошли в дома массово лишь в 2010-е годы и принесли иной способ получать белое — излучение кристалла и люминофора. Как именно устроена эта смесь и почему две лампы с одинаковыми кельвинами могут по-разному показывать дерево и кожу, мы разберём в следующей главе.

От фотона к электрическому ответу сетчатки

Представьте, что вы наклонились над столом и увидели на вишне маленький светлый блик. От лампы до плода дошёл свет. Часть его отразилась от кожицы, прошла через зрачок, и хрусталик помог собрать её на сетчатке. Здесь у света появилась возможность изменить что-то внутри одной-единственной клетки. Фотон — порция энергии, которую свет в таком взаимодействии передаёт веществу. Чем короче длина волны, тем больше энергии несёт каждый фотон. Физик может посчитать её по формуле $E = hc/\lambda$, где h — постоянная Планка, c — скорость света в вакууме, а λ — длина волны в вакууме. Для 480 нм получается около $4{,}1 \times 10^{-19}$ джоуля. Справочник физических постоянных NIST.

Приглушите лампу, сохранив тот же спектр. Вишня потемнеет. За каждую секунду к ней теперь приходит меньше фотонов, хотя энергия отдельного фотона той же длины волны осталась прежней. И ещё одно наблюдение. Если направить на поверхность узкую зелёную и узкую синюю полосы одинаковой лучистой мощности, днём зрению они покажутся неодинаково яркими. Глаз по-разному чувствителен к разным участкам спектра. Именно эту особенность дневного зрения учитывают, когда выражают световой поток в люменах.

Откуда в разговоре взялось электромагнитное поле? Так физика описывает сам свет. Электрическое и магнитное поля меняются по мере того, как свет распространяется. А работающие глаза, нервы и мозг создают собственные слабые электрические и магнитные сигналы. Есть соблазн соединить эти два факта и представить, будто цвет вишни возникает при столкновении двух полей. Для зрения установлен другой, вполне прослеживаемый механизм. Свет отражается от предмета и попадает в глаз. Там происходит событие, место которого можно указать с точностью до молекулы. Физика волн, OpenStax.

Внутри зрительной клетки есть чувствительный к свету пигмент. Когда он поглощает фотон, одна его часть, молекула ретиналя, меняет форму. Этого крошечного движения хватает, чтобы запустить цепь химических реакций. Часть каналов, через которые в клетку входили заряженные частицы, закрывается. Меняется электрическое напряжение, и клетка выделяет меньше вещества, с помощью которого говорит с соседями. Такой перевод света в сигнал называют фототрансдукцией. Дальше сеть клеток сравнивает

сигналы от соседних мест, а по зрительному нерву информация уходит в мозг. Уже можно понять, почему для восприятия важны и вишня, и фон тарелки вокруг неё. Как возникает ответ зрительной клетки, NCBI Bookshelf.

Домашняя проба помогает увидеть, где заканчивается физика источника и начинается восприятие. Положите красный фрукт или кусок ткани рядом с белой бумагой и посмотрите на них сначала под одной лампой, затем у окна или под второй лампой; не меняйте сам предмет и угол, с которого на него смотрите. Красный может стать тусклее, а белый — принять оттенок нового источника: поверхность отражает лишь часть пришедшего спектра, а глаз сравнивает свет в контексте. Это наблюдение, не измерение мощности, числа фотонов, мелатонина или «поля мозга».

Три слоя зрения

Эволюция не создала глаз за один шаг. Сначала живые клетки научились реагировать на светочувствительный пигмент. Позднее из этих механизмов сложилась «камера»: роговица и хрусталик фокусируют лучи, зрачок регулирует их количество, сетчатка принимает изображение.

В сетчатке есть палочки и колбочки. Палочек около 120 миллионов на глаз; они помогают видеть при слабом освещении и наиболее чувствительны около 498 нм, но почти не различают цвет. Колбочек около шести миллионов. У человека есть коротко-, средне- и длинноволновый типы S, M и L; ориентировочные пики их чувствительности — около 420, 530 и 560 нм. Это не три изолированных «датчика синего, зелёного и красного»: кривые широко перекрываются, а мозг сравнивает их относительный ответ. Синяя рубашка не хранит внутри готовую синеву: её видимый оттенок складывается из спектра освещения, отражательных свойств ткани и адаптации зрительной системы.

Есть и третий акт — мозг предсказывает, какое освещение окружает предмет. В знаменитом споре о платье, разошедшемся по сети в 2015 году, один и тот же снимок одни люди видели сине-чёрным, другие — бело-золотым. Исследователи в Current Biology связали разницу с тем, какой источник света наблюдатель мысленно приписывал сцене. Зрение не только принимает сигнал, но и истолковывает его.

Острота зрения сосредоточена в крошечной центральной области сетчатки. Всё вокруг мы воспринимаем периферией: она хуже различает мелкие

детали, зато замечает большие пятна света, контраст стен и движение. На книгу мы смотрим прямо, но живём в комнате, которую боковым зрением читаем по стенам и потолку. Отсюда практическое следствие: стол может быть ярким, а помещение — казаться мрачным, если вертикальные поверхности остаются тёмными.

Свет, который идёт не к картинке

В XX веке учёные столкнулись с наблюдением, не укладывавшимся в модель двух зрительных рецепторов. У некоторых полностью слепых людей зрачок всё же сужался на свет, а внутренние часы следовали смене дня и ночи. В 1995 году Чарльз Чейслер и коллеги описали слепую пациентку, у которой свет продолжал синхронизировать суточный ритм, хотя она не видела изображения. Рассел Фостер в 1999 году показал, что мыши без палочек и колбочек тоже сохраняют световую синхронизацию. Игнасио Провенсио нашёл меланопсин сначала в коже лягушки, а затем в сетчатке млекопитающих. В 2002 году Дэвид Берсон, Фу-Юй Данн и Моримото Такао продемонстрировали, что отдельные ганглиозные клетки сетчатки сами отвечают на свет; параллельные работы Самира Хаттара проследили их связи с мозгом.

Эти клетки называют ipRGC — внутренне светочувствительными ганглиозными клетками сетчатки. Их пигмент меланопсин особенно чувствителен к сине-голубой области примерно 460–480 нм. Они не рисуют картинку, а собирают световую дозу и отправляют сигнал по отдельному пути к супрахиазматическому ядру гипоталамуса — мастер-часам организма. Оттуда нервные сигналы идут к эпифизу, который в темноте выделяет мелатонин. Это не снотворное, а сигнал ночи для многих органов.

Получается, один и тот же источник обслуживает разные задачи: колбочки помогают увидеть цветную страницу, палочки — различить её в сумерках, а ipRGC передают световой сигнал внутренним часам. Но разговор о личном опыте требует ещё одного разделения: что человек видит, что ему нравится и что измеряется в организме — не одно и то же.

Три разных ответа на свет

Восприятие — то, как человек сейчас видит цвет, яркость, тень, объём или блик. Оно меняется с адаптацией глаза, положением в комнате и отражающими поверхностями. **Предпочтение** — выбор или оценка: «мне уютнее так», «мне нравится более тёплый свет». На неё влияют задача, привычка и настроение; она может меняться от кухни к рабочему месту. **Биологический ответ** — физиологическое изменение, например подавление мелатонина или сдвиг циркадной фазы, которое устанавливают измерением в заданных условиях. Его нельзя вывести из фразы «мне комфортно» или «свет кажется слишком синим».

В условном ремонте кухни человек может одновременно сказать, что красный фасад выглядит тускло, что ему нравится тёплый белый и что после ужина он хочет спать. Первое — зрительное наблюдение, второе — предпочтение, третье — состояние, которое имеет множество возможных причин. Дизайнер проверяет образец и спектр, отдельно записывает пожелание, а биологический эффект не объявляет без измерений и подходящего метода. Такое разделение не обесценивает ощущения жильца: оно помогает превратить их в разные проверяемые решения.

Четыре условия одного света

В этой книге свет рассматривается как сочетание четырёх факторов: спектра, количества, времени и поверхности. Для цвета важен рецепт волн; для зрительной задачи — сколько света дошло до рабочего места; для внутренних часов — сколько света получили глаза и когда; для ощущения пространства — какие стены, лица и предметы этот свет вернули.

В консенсусе Тимоти Брауна и 24 соавторов 2022 года приведены ориентиры по меланопической эквивалентной дневной освещённости M-EDI: днём не менее 250 биолюксов, вечером не более 10 в последние часы перед сном, ночью не более 1. Они рассчитаны для здоровых взрослых 18–55 лет с обычным дневным расписанием; M-EDI измеряют вертикально на уровне глаз. Это ориентиры для проектирования световой среды, не лечебная норма и не универсальный протокол для детей, пожилых людей или работников ночных смен. В этих группах нужны отдельные решения с учётом возраста, режима и, когда речь идёт о лечении, рекомендаций врача. Дневной свет по определению даёт M-EDI, равный обычным люксам. Для ламп доля зависит от спектра: у тёплого источника 2700К ориентир около

0,45 биолюкса на один обычный, у холодного 6500К — около 1,10; точное значение определяется конкретной кривой, а не надписью на коробке.

Одинаковая вечерняя сцена не обязательно вызывает одинаковый физиологический ответ. Глава 5 разбирает, что именно измеряли в лаборатории и почему результат эксперимента нельзя использовать как ярлык для жильца или как диагноз. В ремонте это основание предусмотреть управляемый свет, а не делить людей на заранее заданные «типы».

Где начинается проект

Инженерная школа XX века старалась сделать свет ярким и равномерным; она помогла безопасно читать, работать и перемещаться. Архитектурная традиция глубины, напротив, оставляла тени и тёмные участки, создавая покой и объём. Современная задача соединяет оба подхода с биологическим временем: ярче и прохладнее утром и днём, мягче и теплее вечером, темно во время сна.

Книга пригодится семье, которая обустраивает квартиру, частный дом или участок; владельцу офиса, кафе, магазина или гостиницы; дизайнеру, архитектору, электрику и мастеру ремонта. В каждом масштабе вопрос один: что человек делает здесь и в какой час? На кухне могут быть отдельные состояния для готовки, ужина и позднего отдыха; в кабинете — рабочий свет и тихий вечерний; на участке — безопасная подсветка дорожки без лишнего света в окна. Семьям с детьми и пожилыми жильцами нужно учитывать разные потребности, а бизнесу — задачи товара, персонала и посетителей. Если яблоко под новой лампой становится кирпичным, лица тонут в тени или потолочная люстра остаётся единственным источником, это не каприз глаза, а подсказка о рецепте и распределении света.

Путь одного фотона — и четыре вопроса проектировщика

Вернёмся к фотону около 480 нм. Если он поглощён меланопсином ipRGC, молекулярные изменения меняют электрическую активность этой ганглиозной клетки; её аксон уже передаёт нервные импульсы. Часть сигнала идёт по ретиногипоталамическому тракту к супрахиазматическому ядру — мастер-часам примерно из 20 тысяч нейронов — и далее через нервные пути к эпифизу. Свет может подавлять уже начавшееся выделение мелатонина. Это другой маршрут, чем построение зрительного образа, но и здесь посредником служит измеряемая биохимия и электрическая активность клеток, а не столкновение двух полей.

У этого маршрута несколько точек, на которые влияет проект. Сколько света дойдёт до глаз — зависит от расположения и направления приборов. Какие волны дойдут — от спектра источника и поверхностей. Сколько получат глаза — от вертикальной дозы в конкретной позе. В какой час придёт сигнал — от сценария и привычного времени сна. Поэтому формула всей книги не сводится к одной лампе: спектр × количество × время суток × поверхность.

M-EDI переводит спектр в биологические люксы для меланопсинового канала. В бытовой прикидке обычные люксы на вертикали глаз умножают на меланопический коэффициент конкретного светильника. Например, 200 лк от источника с коэффициентом 0,45 дают около 90 M-EDI; те же 200 лк с коэффициентом 1,10 — около 220. Одинаковая освещённость на поверхности ещё не означает одинаковую дозу на глазах: высота стола, направление светильника, дистанция и посадка человека меняют вертикальный замер.

Важна и длительность. Дневный ориентир консенсуса Brown et al. 2022 для здоровых взрослых 18–55 лет с дневным режимом — не менее 250 M-EDI на вертикали глаз минимум три часа, предпочтительно дольше. Вечерний ориентир — не более 10 M-EDI в последние три часа перед сном, ночной — не более 1. Это популяционные цели для среды, а не лечебная инструкция, и они не переносятся автоматически на детей, пожилых или сменщиков. В этих группах нужны отдельные решения; для детей и пожилых предусмотрены отдельные осторожные проектные ориентиры, разобранные в главе 10.

Почему глаз молчит, а проектировщик должен говорить числами

Адаптация делает глаз терпеливым. Войдя из тёмного подъезда в яркий коридор, человек на несколько секунд теряет комфорт, затем зрачок сужается, рецепторы меняют чувствительность и мозг принимает новую яркость как норму. Благодаря этому мы можем видеть и при лунном свете, и в солнечный день. Но привыкание к свету не доказывает, что он хорошо подобран. Неподходящий источник может казаться «обычным», пока усталость, бессонница или дискомфорт остаются без названия.

Для архитектора это означает, что ориентация окна, глубина помещения и положение рабочего места определяют дневную дозу задолго до выбора светильников. Для мастера ремонта слово «уютно» становится набором проверяемых вопросов: какой спектр нужен материалу, сколько люксов требуется задаче, куда направлен луч, сколько света приходит к глазам. Для дизайнера интерьера это защита задуманной палитры: если вишнёвый шпон при сдаче стал похож на сосну, причиной может быть не только материал, но и отсутствующая в лампе красная зона.

Для бизнеса свет тоже часть опыта. В кафе мягкий свет на лицах помогает разговору; в магазине честная цветопередача позволяет увидеть вещь ближе к тому, как она будет выглядеть дома. Эти решения относятся к практике и не означают, что свет гарантирует рост продаж или исправляет качество товара. Свет способен повлиять на впечатление, но не меняет сам продукт.

Первый небольшой аудит дома

Возьмите белый лист и красное яблоко или помидор. Перемещайтесь от одной лампы к другой. Если белый предмет заметно сереет, а красный уходит в бурый оттенок, проверьте спектральный паспорт: вероятно, красной части недостаточно. Этот тест не заменяет спектрометр и не выдаёт число R9, зато помогает сформулировать вопрос поставщику. Для профессиональной проверки нужны график SPD и показатели цветопередачи.

Затем отметьте три положения, где вы проводите разную часть суток: место завтрака, рабочую поверхность и вечернее кресло. На столе горизонтальный замер отвечает на вопрос «видно ли читать и работать»; на уровне глаз вертикальный замер отвечает на вопрос «какой свет получает человек». Не путайте эти две плоскости. У окна дневная яркость может достигать сотен и

тысяч люксов, тогда как в глубине комнаты под одной потолочной люстрой глаза получают намного меньше.

Можно занести в спецификацию проверяемую строку: светодиодный источник, тёплый канал около 2700K, |Duv| не более 0,003, TM-30 Rf не ниже 90, R9 не ниже 60; меланопический коэффициент указывается для выбранной сцены. Эта строка не означает, что каждый источник с такими числами хорош для любой комнаты: цель зависит от времени, задачи и расположения. Она лишь переводит разговор от слова «тёплый» к документам, которые можно проверить спектрометром.

Если у комнаты один выключатель, она не может менять состояние, не меняя ламп. Сценарии «готовка», «ужин» и «вечер» дают разным слоям возможность работать в разное время. В проекте частного дома эта же логика выходит за порог: рабочая подсветка участка нужна для пути и входа, а не для бесконтрольной заливки фасада, спальни и соседних окон.

Короткий словарь главы

- **Спектр (SPD)** — распределение излучения по длинам волн; график может показывать абсолютную или относительную величину.
- **Фотон** — минимальная порция энергии светового излучения.
- **Нанометр** — миллиардная доля метра; видимая область для человека составляет примерно 380–780 нм.
- **Палочки** — сумеречные рецепторы, их около 120 миллионов; пик чувствительности примерно 498 нм.
- **Колбочки** — дневные рецепторы, около 6 миллионов; S-, M- и L-типы имеют пики приблизительно 420, 530 и 560 нм.
- **Меланопсин / ipRGC** — светочувствительный пигмент и клетки сетчатки, передающие сигналы внутренним часам и другим системам.
- **СКН** — супрахиазматическое ядро гипоталамуса, координирующее суточные ритмы.
- **Эпифиз** — железа в глубине мозга, связанная с ночной секрецией мелатонина.
- **M-EDI** — меланопическая эквивалентная дневная освещённость; стандарт CIE S 026:2018.
- **Люкс** — единица освещённости, люмен на квадратный метр.

Для проверки понимания можно задать себе несколько вопросов: почему мы видим отражённый свет, а не предмет «сам по себе»; что доказал второй опыт Ньютона с призмой; чем палочки отличаются от колбочек; как сигнал

от 480-нм фотона доходит до эпифиза; почему два источника по 200 лк могут дать разную M-EDI; где измерять свет для глаз и почему дневные ориентиры нельзя превращать в лечебную норму для всех.

Главный ориентир главы прост: свет — это среда, в которой тело проводит день. Теперь посмотрим на её ингредиенты внимательнее — на спектр и на то, почему тёплая надпись на коробке ещё не гарантирует тёплого впечатления.

Свет как общий язык проекта

У разных участников ремонта разные слова для одного светового события. Архитектор говорит об окне и глубине помещения; дизайнер — о цвете материала и настроении; электрик — о группах и линиях; заказчик — о том, что хочет читать на кухне и как выглядит лицо вечером. Если эти слова не перевести друг в друга, решение легко распадается: спецификация обещает «тёплый уют», а после монтажа поверхность выглядит серой и семья включает настольные лампы.

Книга предлагает начать перевод с наблюдаемой среды. Окно — это не только проём в стене, но и дневной источник, который меняется по часу и сезону. Светлые стены — не просто отделка, а поверхности, способные вернуть часть попавшего на них потока. Шторы и навесы определяют, какой участок дневного света войдёт в комнату. Поэтому ремонт квартиры или частного дома начинается с расстановки мест: где ребёнок учится, где пожилой человек читает, где семья ест, где человек смотрит в экран. Лампу подбирают после того, как понятно, что должно стать видимым и в какое время.

Для коммерческого заказчика та же последовательность помогает не подменять задачу эффектной картинкой. В кафе важно, как еда и лица выглядят при реальном источнике; в офисе — куда попадает свет и каково поле зрения работника; в магазине — как поверхности товара отражают спектр. Профессионал фиксирует условия, а затем выбирает критерии: качество спектра, нужное количество света на задачах, отсутствие раздражающих бликов и световой режим, соответствующий времени использования помещения.

Проверьте один участок двумя способами. Сначала спросите человека, что кажется неверным: цвет, тень, яркость, утомление, безопасность. Затем

опишите физическую причину, которую можно проверить: спектр, направление, отражение, точка измерения или время воздействия. Так клиентская фраза не теряется в переводе на технический язык, а техническая таблица не подменяет опыт семьи. В этом и состоит роль светодизайнера: связать источник, помещение, тело человека и конкретную задачу.

Четыре вопроса перед выбором светильника

Первый вопрос — что именно должно быть видно? Книга, лицо, край ступени, фактура дерева или товар на витрине предъявляют разные требования. На странице важен ровный свет без блика; лицу нужен такой ракурс, при котором не исчезают черты и не возникают резкие провалы; фактура поверхности проявляется направленным светом, но этот же приём может сделать ходьбу менее безопасной. Поэтому один универсальный источник редко закрывает все задачи.

Второй вопрос — куда свет должен попасть? Узкий пучок может дать высокое значение на рабочем месте и оставить окружающее поле тёмным. Широкий залив осветит стены, но направленная в глаза часть потока будет мешать. Третий вопрос — какова временная сцена? Днём человек может хотеть ясного рабочего пространства, а вечером тот же потолок будет ощущаться чрезмерным. Четвёртый — кто живёт или работает в комнате? Возраст, зрительная задача, привычки и график меняют то, как один и тот же проект воспринимают люди.

Эти четыре вопроса удерживают ремонт от автоматического увеличения мощности. Если в комнате сумрак, причиной может быть не малое число люменов, а тёмная отделка, светильник, направленный в стол вместо стен, недостаток дневного света или плохое распределение групп. Если устают глаза, проверьте источник блика, отражение окна в экране и перепад яркости. Если цвет кажется неправильным, проверьте спектр и образцы материалов. А если режим сна беспокоит семью, оценивайте время суток и свет на глазах отдельно от освещённости рабочей поверхности.

Различать источник и отражённую комнату

Читатель сначала видит не светильник, а результат его работы. Фотон выходит из источника, достигает стола, стены или лица, часть поглощается, часть отражается и попадает в глаз. Эта цепочка объясняет, почему оттенок предмета зависит от спектра источника и от отражающих свойств материала. Если красный участок почти отсутствует в рецепте лампы, красная поверхность не может вернуть в глаз волну, которой почти не было. Если рабочая стена тёмная и поглощающая, она не вернёт много света в помещение. В обоих случаях добавление люменов может повысить цифру на столе, но оставить неверное цветовое впечатление или тяжёлый контраст.

Спектр и отражение поэтому нужно проверять вместе. В проекте кухни может быть достаточно света для чтения рецепта, но столешница выглядит иначе, чем в образце. Тогда проверяют не только освещённость, но и спектральный состав, цвет поверхности и углы, под которыми свет и отражение приходят к глазам. У пола в частном доме похожая логика: край ступени должен отличаться от подступенка по тону и освещённости, а яркий источник не должен скрывать границу ослепляющим пятном.

Адаптация зрения помогает не замечать эти изменения. Когда человек переходит из тёмного подъезда в яркий коридор, зрачок и рецепторные механизмы приспосабливаются, и через короткое время новый уровень кажется обычным. Но это не доказывает, что свет хорошо распределён или что спектр точен. Глаз приспосабливается к яркости, мозг заполняет привычную картину, а ощущение усталости или неверного цвета возникает позже и не всегда связывается с причиной.

Поэтому полезно не ограничиваться впечатлением «глаз привык». Сравните знакомый предмет в разных комнатах, посмотрите на лицо у окна и под потолочным источником, проверьте экран на отражение, заметны ли ступени в ночном режиме. Владелец может замечать проблему, не зная её технического имени. Проектировщик должен перевести её в вопрос о спектре, направлении, отражении, дозе или времени. Так внимание к человеку становится не противоположностью измерения, а началом правильного измерения.

Свет как часть планировки

Окно, место человека и светильник образуют одну систему. Если письменный стол стоит далеко от окна, покупка самой мощной лампы не сделает дневное небо доступнее; если кресло пожилого жильца размещено спиной к окну, его лицо и глаза могут получать меньше дневного сигнала. При ремонте полезно сначала нарисовать план привычных мест и маршрутов, а потом выбрать группы освещения. Это обратный порядок относительно каталога, зато он связывает архитектуру с ежедневным опытом: где человек просыпается, где работает, где ест и где вечером отдыхает. Для участка частного дома к этой схеме добавляют вход и безопасную дорожку, оставляя наружный свет направленным на путь, а не в окна.

Памятка. Страница на холодильник

Семь мест для проверки. Выберите обычное для вас положение в каждой зоне. Красное яблоко покажет, нравится ли вам цвет. Для R9 нужен отчёт, для оценки мерцания — измерение. В таблице приведены проектные ориентиры.

Место и время	Ориентир	Что сделать на месте
Кухня, готовка	Примерно 300–500 лк на столешнице	Встаньте к доске. Проверьте тень от своей руки и отражение в фартуке.
Рабочий стол	Примерно 300–500 лк на задаче	Прочтите мелкую строку. Сядьте перед тёмным экраном и найдите блики.
Зеркало	Пробная цель 300–400 лк у лица	Посмотрите прямо и чуть вбок. Проверьте тени под глазами.
Гостиная, вечер	Отдельно стол, лица и фон	Сядьте напротив друг друга. Приглушите фон и проверьте, видно ли глаза.
Спальня	Локальный свет для чтения	Откройте книгу. Со второй подушки проверьте, виден ли источник.
Коридор, ночь	Слабый экранированный свет	Пройдите путь до двери. Найдите ручку и край ступени.
Крыльцо и дорожка	Свет вдоль маршрута	Проверьте ступени с обеих сторон и засветку из окна спальни.

Свет у глаз. Для здоровых взрослых 18–55 лет с обычным дневным графиком ориентиры меланопической освещённости днём ≥ 250 лк, за три часа до сна ≤ 10 лк, в спальне во время сна ≤ 1 лк. Если человек встал ночью и ему нужно видеть, в консенсусе для этой задачи указан ориентир ≤ 10 лк у глаз. Измеряют вертикально у глаз с учётом спектра. По процентам диммера и показаниям обычного люксметра эти значения определить нельзя.

Приёмка за десять минут. 0–2 мин — включите каждую клавишу и диммер. 2–4 — проверьте столешницу и зеркало. 4–6 — сядьте за стол и на диван. 6–8 — лягте на подушку и пройдите ночной маршрут. 8–10 — запишите замечание, номер группы и место повторной проверки. Замеры по проекту и проверку электробезопасности проводят отдельно.