

Тематическое сообщество «Энергоэффективность и Энергосбережение»



Консолидированный обзор

Приоритеты технологического развития светотехники

Дата. Составители обзора и участники обсуждения

17 августа 2010 г. Составители: [А.С.Мартынов](#), [В.В.Семикашев](#).

Формулировка запроса

Какие первоочередные практические шаги в светотехнической отрасли принесут максимальный эффект с точки зрения снижения энергоемкости экономики страны к 2020 году?

Какова целесообразность создания госпрограммы продвижения энергоэффективного освещения, координирующей ведомственные и корпоративные усилия в этой области? Сравните перспективы применения энергоэффективных люминесцентных источников света (с учетом развития их производства и систем утилизации в жилом секторе) и перспективы широкого внедрения светодиодных источников на российском рынке.

Пожалуйста, назовите известные Вам аргументы, факты, источники информации (организации, специалистов, публикации, в т.ч. в Интернете), которые отвечают на поставленные вопросы или должны быть учтены при определении приоритетов развития светотехники.

Участники обсуждения: [А.Э.Юнович](#), [Ю.Б.Айзенберг](#), [А.О.Кокорин](#), [Т.М.Галиева](#).

[Резюме обзора](#)

[Цифры и факты](#)

[Перечень рекомендованных и представленных материалов](#)

[Обзор 1. Нормы освещенности](#)

[Обзор 2. Потребление электроэнергии на освещение. Экономика процесса](#)

[Обзор 3. Типы осветительных ламп, представленных на рынке](#)

[3.1. Лампы накаливания](#)

[3.2. Разрядные лампы](#)

[3.3. Светодиоды](#)

[Обзор 4. О масштабах и перспективах использования компактных люминесцентных ламп](#)

[4.1. Современные проблемы энергоэффективного освещения \(Ю.Б.Айзенберг\)](#)

[4.2. О создании производства энергоэффективных источников освещения \(Владимир Мальцев\)](#)

[4.3. Несколько фактов, отражающих перспективы использования компактных люминесцентных ламп](#)

[Обзор 5. О масштабах и перспективах использования светодиодного освещения](#)

[5.1. Современные проблемы энергоэффективного освещения \(Ю.Б.Айзенберг\)](#)

[5.2. Исследования и разработки светодиодов в мире и в России в последние годы \(А.Э.Юнович\)](#)

[5.3. О создании производства энергоэффективных источников освещения \(Владимир Мальцев\)](#)

[5.4. Несколько фактов отражающих перспективы использования светодиодов](#)

[Обзор 6. Координация или конкуренция программ развития светотехнических технологий разного типа](#)

[6.1. Современные проблемы энергоэффективного освещения \(Ю.Б.Айзенберг\)](#)

[6.2. Исследования и разработки светодиодов в мире и в России в последние годы \(А.Э.Юнович\)](#)

[6.3. О создании производства энергоэффективных источников освещения \(Владимир Мальцев\)](#)

[6.4. Дорожная карта «Использование нанотехнологий в производстве светодиодов»](#)

[6.5. Обзор материалов и фактов связанных с разработкой программ развития светотехники](#)

[Литература и гиперссылки](#)

Резюме обзора

На освещение в России расходуется до 13% вырабатываемой электроэнергии, это самый быстрый путь повышения энергоэффективности, который может быть принят у нас в стране. По прогнозу сделанному еще в 2001 году (ООО «ВНИСИ») на совершенно реальных цифрах световой отдачи, объемов выпуска, на выработки электроэнергии, то можно получить от 34 млрд.кВт.ч экономии электроэнергии в 2010 году до 72 в 2020.

Тема энергоэффективного освещения получила поддержку государства (проект «Новый свет»), заинтересовала государственные корпорации «Роснано» и «Ростехнологии», привлекает частный бизнес. Максимальный потенциал экономии электроэнергии сосредоточен в расширении производства и области применения эффективных источников света (до 14% современного потребления). Еще на 4 направления (увеличение световой отдачи, повышение КПД осветительных приборов, применение систем общего локализованного освещения и регулирование в зависимости от уровня естественной освещенности) приходится примерно по 6% потенциала экономии современного потребления.

Активность государства направленная на вытеснение ламп накаливания совпадает с практикой многих стран, но ограничение обороту существенно меняет структуру российского рынка осветительных приборов. Эти изменения будут усилены требованиями маркировки энергоэффективности реализуемых в торговле товаров. Даже при относительно плавной замене ламп в 2014 году может возникнуть пиковый спрос на новые источники света.

Необходима институциональная поддержка государства в силу того, что российский рынок основных материалов, комплектующих и оборудования для выпуска эффективных источников света стратегически нестабилен и его надо специально готовить к запуску промышленного производства и регулирования использования новых источников света. Например, в России пока лишь один производитель с двумя установками по эпитаксии для последующего производства светодиодов (в Китае 3 компании имеют эпитаксиальное оборудование, а в 1-й компании – 8 эпитаксиальных установок).

В 14 странах мира действуют государственные программы энергосбережения в системах освещения (Япония с 1998 года, в США принята как закон Конгрессом США в 2005 году, Европейская программа начата в 2000 году и принята Европейской Комиссией, светодиодная

тематика включена в пятилетние планы Китая с 2004 года, в Корею государственная программа была принята в 2003 году). В России такой программы нет.

Цифры и факты

Удельное светопотребление в США 101 Млм.ч на одного человека в год, Россия - 32 Млм.ч/чел. в год.

В США среднее количество ламп в доме - 43 шт., а в Японии - 17 шт., а средняя световая отдача составляет соответственно 18 и 49 лм/Вт.

Стоимость создания киловатта генерирующих мощностей 1-3 тыс.долл. США. А снижение установленной мощности на киловатт освещения стоит 150-200 долл. США.

В России на освещение расходуется около 12% электроэнергии. В мире в среднем 19%, В США – около 22%.

Суммарная возможная экономия в России составляет 45-50% - это более 50 млрд.кВт.ч. Максимальный потенциал экономии электроэнергии сосредоточен в расширении производства и области их применения эффективных источников света (до 14% современного потребления). На увеличение световой отдачи, повышение КПД осветительных приборов, применение систем общего локализованного освещения и регулирование в зависимости от уровня естественной освещенности приходится примерно по 6% потенциала экономии современного потребления.

Лампы накаливания (ЛН) занимают 72% рынка в России. Ежегодный объем их производства от 600 до 800 миллионов в год. Световая отдача ЛН составляет 10-20лм/Вт при сроке службы 1000 ч; световая отдача галогенных ЛН несколько выше — до 26 лм/Вт при сроке службы до 4000 ч.

Вольфрамовое тело накала 70-76% мощности излучает в инфракрасной области спектр и только 7-13% - в видимой.

Самая высокая световая отдача люминесцентных ламп (ЛЛ) до 104 лм/Вт, средний срок службы 16 тыс.ч при спаде светового потока 5%. Имеются данные о сроке службы Компактных ЛЛ до 32000 часов.

Если бы все страны мира перешли на использование КЛЛ, то можно было бы высвободить столько же электроэнергии, сколько за 4 года потребляет вся Австралия.

В КЛЛ используется предельно токсичная ртуть, причем её количество в одной лампе всего в два раза меньше количества ртути в линейных люминесцентных лампах. Стоимость переработки лампы 12-15 рублей, не включая затраты на доставку, информационную кампанию и создание инфраструктуры сбора и утилизации. Затраты на утилизацию отработавших КЛЛ оцениваются в 11,3 млрд.рублей

Доля энергоэффективных ламп на российском рынке 26%., а в Японии – около 80%.

Доля отечественных производителей на российском рынке энергоэффективного освещения менее 10%.

Полноценного производства энергосберегающих ламп на сегодняшний момент в России не существует.

В 2014 году может возникнуть пиковый спрос на энергоэффективные лампы в объеме 280 млн.шт. в год.

К 2015 году стоимость у производителя люминесцентной лампы составит – от 50 до 80 рублей за штуку, светодиодной лампы – 150 рублей.

Мировой рынок мощных СД будет расти на 15% в год.

Темпы роста световой отдачи светодиодов: В 2003 году, световая отдача светодиодов превышала в 2 раза световую отдачу ламп накаливания, т.е. 20 - 25 лм/Вт. Несколько лет спустя средняя световая отдача светодиодов лучших фирм составляет 70-80 лм/Вт. На 2009 - 2010 годы фирма Cree Lighting обещала достичь величины 150 лм/Вт.

В 2005 году в США на бытовое освещение работало 6% светодиодов, в 2010 году бытовое освещение займет уже 13% от общего количества выпускаемых светодиодов (выпуск на эти цели составит 1 млрд.\$).

Производство кристаллов со структурами InGaN/AlGaIn/GaN для мощных СД увеличится от 35 млрд.шт. в 2009 году до 160 млрд.шт. в 2014 году.

Рынок мощных СД для освещения достигнет 1 млрд.\$ к 2012 году. В 2020 году – от 2 млрд.\$ (худший вариант) до 6.5 млрд.\$ (лучший вариант).

В Китае 300 компаний делают светодиодные источники света, 100 компаний делают светодиоды, 3 компании имеют эпитаксиальное оборудование и производят исходные структуры и чипы, в 1-й компании – 8 эпитаксиальных установок.

Рекордные значения световой отдачи светодиодов (при токе 350 мА) - 209 лм/Вт в лабораториях, 100-110 лм/Вт в лучших промышленных, 60-80 лм/Вт в массовых коммерческих партиях.

В США ставятся цели: до 2020 года увеличить световую отдачу для теплых белых светодиодов от 70 до 234 лм/Вт, стоимость электроэнергии уменьшать от 36 до 1.1 \$/кВт, световой поток от одного СД увеличить в 20 раз за 10 лет и довести его до 10000 лм, стоимость 1 кВт – уменьшить в 10 раз до уровня 1-0.1 \$/кВт.

Общий объем ожидаемого производства в России в пересчете на 100 Вт лампы накаливания к 2015 году составит ориентировочно: КЛЛ – 142 млн.штук в год; светодиодных ламп – 142 млн.штук в год; прочие – 53 млн.штук в год (натриевые, металлогалогенные и натриевые лампы высокого давления).

В число социально-экономических эффектов от реализации проекта внедрения энергосберегающих ламп и производства их в России входят: сокращение потребления электроэнергии минимум на 4%, или на 65 млрд.руб. в год при существующих тарифах. сокращение потребности в строительстве новых электростанций и инвестиций в них – 7,7 ГВт мощности и 350 млрд.рублей; сокращение использования энергоресурсов – 12,9 млн.т.у.т.;

Общая сумма инвестиции требуемых для реализации проектов по предварительным оценкам составит 12,7 млрд.рублей, из них внебюджетные средства составят 6,8 млрд.рублей и средства ГК «Роснотех» 4,3 млрд.рублей.

Перечень рекомендованных и представленных материалов

Ю.Б.Айзенберг. [Современные проблемы энергоэффективного освещения](#). «Энергосбережение», №1, 2009,

Ю.Б.Айзенберг. [«Задача стимулирования производства и применения энергоэффективных светотехнических изделий»](#). (doc, 35.5 Kb)

Владимир Мальцев (Минпромторг). [«О создании производства энергоэффективных источников освещения»](#). [Файл презентации](#) (ppt, 1.89 Mb)

«Справочная книга по светотехнике», под ред. Ю.Б. Айзенберга. С. 74 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. — 972 с: [Оглавление](#).

А.Э.Юнович. «Исследования и разработки светодиодов в мире и в России в последние годы» 3-я школа «Метрология и стандартизация в нанотехнологиях и nanoиндустрии», Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, 28.05.2010 Презентация: [Часть 1](#) (ppt, 5.27 Mb). [Часть 2](#) (ppt, 8.51 Mb). [Часть 3](#) (ppt, 3.95 Mb).

Дорожная карта [«Использование нанотехнологий в производстве светодиодов»](#), подготовленная Корпорацией Роснано.

Обзор 1. Нормы освещенности

Важным вопросом энергоэффективного освещения являются нормы освещенности и проектирование освещения. Значительный эффект энергоэффективности дает правильное проектирование освещения (сочетания источников и их мощности по отношению к требуемому уровню освещения и режимам использования светотехнических устройств). Выбор оптимального сочетания источников света следует начинать с расчета потребности в освещении и учета норм освещения.

Светотехнический портал [ЭкспертЮнион](#) предоставляет необходимые для этого информационные ресурсы:

Нормативы и стандарты, устанавливающие нормы освещенности – одни из наиболее важных документов в сфере светотехники. Более подробно можно ознакомиться с самими нормами в [библиотеке нормативных документов в области светотехники](#).

На нормах освещенности базируется проектирование схем освещения большинства зданий и помещений, открытых площадок, за исключением ряда специальных объектов. Для бытовых потребителей наиболее интересным вопросом является сочетание общего и местного освещений. На [форуме сообщества светотехников](#) можно получить достаточно компетентные ответы на вопросы об эффективности освещения.

Основные новации в сфере совершенствования стандартов энергоэффективного освещения, нормативно-правовой и институциональной основ рынка светотехнических изделий изложены в статье предоставленной проф. **Ю.Б.Айзенбергом** [«Задача стимулирования производства и применения энергоэффективных светотехнических изделий»](#) (doc, 35.5 Kb). В статье предлагается:

- пересмотр СНиП, МГСН, СанПиН и др. для введения максимально допустимых удельных мощностей осветительных установок отдельных помещений и зданий в целом в зависимости от типа и назначения зданий;
- введение ограничения на использование светильников и ламп с малой световой отдачей;
- ограничения применения ламп с большим спадом светового потока;
- запрет применения светильников с разрядными лампами и электромагнитными ПРА с высокими потерями мощности (более 10%);
- установления жестких требований по КПД светильников и световой отдаче ламп;
- введения обязательного использования в крупных осветительных установках автоматического отключения и включения освещения при достаточном естественном освещении или в зависимости от присутствия людей;
- Введение знака «энергоэффективное изделие» для нанесения на изделия.

Дополнительные меры по развитию рынков предложены **В.В.Семикашевым**:

- Переход к оценке альтернативных проектов освещения на основе стоимости владения (цена установки/приобретения, расход электроэнергии, обслуживание).
- Разработка типичных проектов и рекомендаций для обобщенных случаев (для типовых потребителей).
- Создание специальных фондов, которые экспертировали и финансировали бы проекты в сфере освещения.

Обзор 2. Потребление электроэнергии на освещение. Экономика процесса

В данном разделе приведен обзор материалов отражающих экономические аспекты потребления электроэнергии на освещение.

В городе [Дзержинск Нижегородской области](#) износ светильников составлял 80% и более. Все светильники и ртутные лампы были заменены на 2409 современных энергоэффективных натриевых ламп. Была установлена системы учета электроэнергии. Фактическая экономия электороэнергии в 2001 году составила 1724275 кВт.ч. Таким образом, ежегодно на электроэнергию и обслуживании экономится около 93 000 евро.

А.В.Степанов, генеральный директор СГУП «Мосгорсвет». [Энергосбережение в наружном освещении Москвы.](#)

Доля расходов на оплату электроэнергии составляет более 40% от общих затрат на эксплуатацию системы. При проектировании 3-го транспортного кольца в новых транспортных тоннелях была применена энергоэкономичная система «встречного освещения» на въездах, которая позволила при той же установленной мощности и расходе электроэнергии в 1,6 раза улучшить условия видимости за счет повышения уровней яркости покрытия проезжей части и повышения контраста.

Оптимизация выбора и размещения осветительных приборов позволяет на улицах и дорогах снизить установленную мощность на 8–10%.

Замена устаревших светильников с лампами ДРЛ на светильники с натриевыми лампами высокого давления - ламп ДРЛ 400 Вт (световой поток 22 клм) на лампы ДНАТ 250 Вт (световой поток 27 клм), снижает расход электроэнергии на 580 кВт.ч в год при повышении освещения на 22%. Замена светильника с лампой ДРЛ 250 Вт (световой поток 12,5 клм) на светильник с лампой ДНАТ 150 Вт (14,5 клм) – годовое снижение расхода электроэнергии почти 400 кВт.ч и т. д.

Доля светильников с энергоэкономичными лампами ДНАТ увеличилась до 60% от общего числа установленных.

Проведенный за последние пять лет комплекс работ по энергосбережению позволил почти на 25% сократить относительное потребление электроэнергии в наружных осветительных установках «Мосгорсвета».

[Новое освещение сэкономило миллион.](#) В прошлом году в «Примтеплоэнерго» начала действовать программа энергосбережения. На 1 апреля установлено более 3,4 тысячи новых приборов. На замену потрачено чуть больше 500 тыс.руб. А экономический эффект составил более 1,75 млн.руб.

[Энергоэффективная система управления муниципальным освещением](#) (**Сапронов Андрей Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, директор **Никуличев Александр Юрьевич**, главный инженер, ООО Научно-производственная фирма «Электронные информационные системы»)

Затраты на электроэнергию в сетях уличного освещения (УО) в населенных пунктах оцениваются в 30% от всех затрат на освещение, и с учетом дополнительных затрат на обслуживание сетей освещения составляют весьма значительную долю в структуре затрат муниципальных бюджетов.

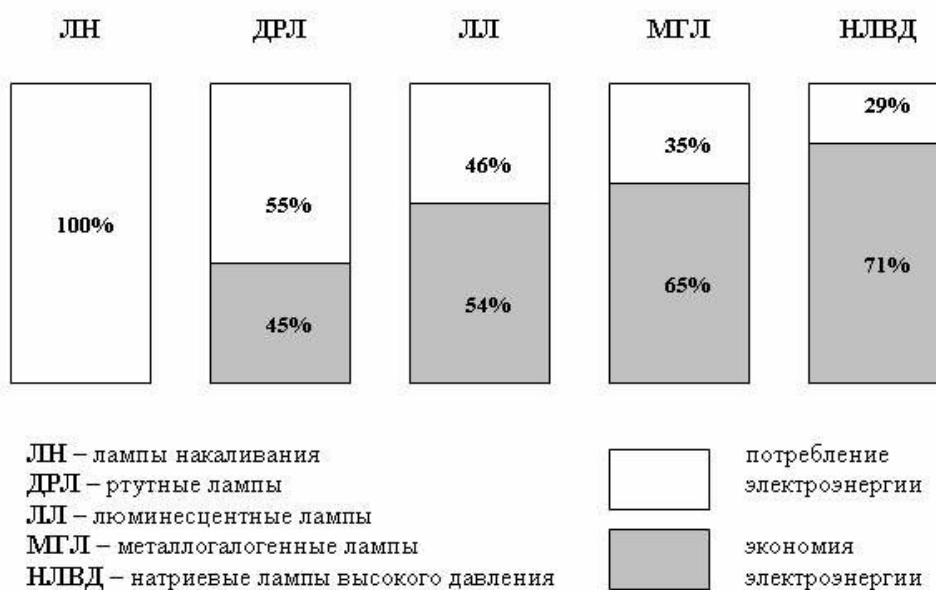


Рисунок 1 – Оценка эффективности источников света (по данным Ставропольского центра энергосбережения)

Ю.Б.Айзенберг. [Современные проблемы энергоэффективного освещения](#). «Энергосбережение» №1, 2009.

Стоимость создания киловатта генерирующих мощностей на электростанциях разного типа стоит примерно 1-3 тыс.долл. США. А снижение установленной мощности на киловатт освещения стоит 150 - 200 долл. США.

Структура парка средств освещения в России в 2000 году и прогноз на 2015 год.

Тип ламп	Использование в 2000 году, %	Прогноз на 2015 год, %
Лампы накаливания (ЛН)	64	40
Люминесцентные лампы (ЛЛ)	26	34
Дуговые ртутные лампы (ДРЛ)	9	7
Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ)	0,05	12
Металлогалогенные лампы (МГЛ)	0,08	1,5
Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)	0,4	4
Галогенные лампы накаливания (ГЛН)	0,47	1,5

По оценке МЭА светопотребление на душу населения в 2005 году в США 101 Млм.ч на одного человека в год, Россия - 32 Млм.ч/чел. в год.

По показателю [освещенности на душу населения](#) Россия отстает от показателей развитых стран – членов ЕС более чем в 2 раза.

[Уходя, гасите свет.](#) Предложение Гринпис внедрить в столице систему автоматического регулирования освещения одобрено Московским правительством. В сентябре 2005 года мэр Москвы поставил вопрос о необходимости экономии энергоресурсов. Тогда же в Москве и Санкт-Петербурге начал Гринпис работу «[Энергетического патруля](#)». В течение короткого времени активисты обнаружили десятки мест, где свет горит круглые сутки. Это освещение рекламы, торговых точек, витрин, номеров домов, подъездов и т.д. По оценке Гринпис, это позволит снизить дефицит электроэнергии в городе на 10-15%.

Владимир Мальцев (Минпромторг). [«О создании производства энергоэффективных источников освещения»](#). [Файл презентации](#) (ppt, 1.89 Mb)

В настоящее время в России около 12% всей электроэнергии расходуется на освещение. Этот показатель ниже среднемирового (19%) показателя и уровня развитых стран (например, США – около 22%).

Доля энергоэффективных ламп на российском рынке светотехники составила по результатам 2009 года в натуральном выражении около 26%., что существенно ниже показателя наиболее энергоэффективных стран (например, в Японии – около 80%). Доля отечественных производителей на внутреннем рынке энергоэффективного освещения составляет менее 10%.

Введение ограничительных мер по обороту ламп накаливания существенно меняет структуру российского рынка осветительных приборов, так как лампы накаливания занимают его большую долю, около 72%. Ежегодный объём производства ламп накаливания в России составляет по разным оценкам от 600 до 800 миллионов в год.

к 2015 году ориентировочно:

- оценочная стоимость у производителя люминесцентной лампы составит – от 50 до 80 рублей за штуку,
- светодиодной лампы – 150 рублей за 1 штуку,
- бытового светодиодного светильника 1500–3000 рублей.

Согласно Федеральному закону с 2011 года будет введен запрет на использование ламп накаливания мощностью более 100 Вт. С 1 января 2013 года предлагается ввести запрет на лампы накаливания более 75 Вт, с 1 января 2014 года запретить лампы накаливания в принципе. Предполагается, что лампы накаливания будут заменяться только на энергосберегающие лампы. Даже при относительно плавной замене ламп в 2014 году может возникнуть пиковый спрос на энергоэффективные лампы в объеме 280 млн.шт. в год.

По расчетам экспертов Международной энергетической комиссии, к 2025 году планируется [удвоение потребления электричества](#) по сравнению с 2007 годом. Сегодня 19% всего потребления электричества приходится на освещение. Освещение, наверное, один из тех быстрых возможных путей повышения энергоэффективности, который может быть принят у нас в стране.

Обзор 3. Типы осветительных ламп, представленных на рынке

Подавляющее большинство современных источников света (ИС) относится к категории электрических. Наиболее массовыми ИС являются осветительные лампы, применяемые для общего освещения, на которое у нас в стране расходуется до 13% вырабатываемой электроэнергии. Отсюда ясно, какое важное народнохозяйственное значение имеют повышение световой отдачи и срока службы, уменьшение спада светового потока в процессе горения и снижение стоимости осветительных ламп. По принципу действия их можно разделить на две большие группы, которые вместе вырабатывают около 98–99% всего светового потока. Это

лампы накаливания (ЛН), включая галогенные лампы накаливания (ГЛН) и разрядные лампы (РЛ). В последние годы интенсивно развивается светодиодная (СД) технология.

[3.1. Лампы накаливания](#)

[3.2. Разрядные лампы](#)

[3.3. Светодиоды](#)

Более подробно можно прочитать в «Справочная книга по светотехнике», Под ред. Ю.Б. Айзенберга. С 74 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. — 972 с. [Оглавление](#).

3.1. Лампы накаливания

Главным недостатком ЛН является низкая световая отдача, составляющая 10—20лм/Вт при сроке службы 1000 ч; световая отдача ГЛН несколько выше — до 26 лм/Вт при сроке службы до 4000 ч. Низкая световая отдача ЛН объясняется тем, что 70-76% мощности излучения вольфрамового тела накала (ТН) при его рабочих температурах лежит в ИК-области спектра, в то время как на видимую часть приходится только от 7 до 13%. т.е. ЛН являются по существу источниками ИК излучения.

Теоретически возможно весьма значительно повысить световую отдачу ЛН несколькими путями:

- используя для ТН материалы, допускающие работу при более высоких температурах, чем вольфрам, и имеющие при этом скорость испарения не выше, чем у вольфрама, например, карбиды;
- используя в качестве ТН тонкую пластинку из специального полупроводникового материала, прозрачного при высокой температуре в ИК области и удовлетворяющего при этом целому ряду других требований.

Работы в этих направлениях пока не дали заметных практических результатов. В начале 90-х годов фирма GE выпустила две рефлекторные ГЛН. в которых, благодаря нанесению на внешнюю поверхность кварцевой колбы многослойной селективной высокотемпературной пленки, отражающей ИК излучение компактного вольфрамового тела накала обратно на ТН, удалось повысить световую отдачу на 35-50% при сохранении всех остальных параметров. Создание новых термостойких селективных пленок явилось крупным шагом в развитии ИС. Работы в этих направлениях продолжаются.

3.2. Разрядные лампы

У современных осветительных РЛ световая отдача в 5—10, а срок службы в 10-20 раз превышает световую отдачу и срок службы ЛН. Наиболее массовыми из РЛ являются ЛЛ. Они практически полностью вытеснили ЛН из освещения промышленных и общественных зданий — за счет лучшей экономической эффективности.

Появившиеся в 80-х годах КЛЛ, выпуск которых растет быстрыми темпами, открыли дорогу люминесцентному освещению в быт, на автотранспорт и др. области, где прямые ЛЛ не могли применяться. В 1993—1994 гг. передовые зарубежные фирмы начали выпуск прямых ЛЛ, в которых за счет нанесения прозрачной защитной пленки на внутреннюю поверхность стекла перед нанесением слоя люминофора удалось достичь исключительно высокой стабильности светового потока и резко снизить содержание ртути при сохранении всех остальных параметров. В 1995-1996 гг. начался выпуск нового поколения прямых ЛЛ в более тонких трубках 16 мм (Т5) и сверхтонких ламп 7 мм. Выпускаются две серии ламп 16 мм (Т5): в одной достигнута самая высокая световая отдача (до 104 лм/Вт), в другой самый высокий световой поток на единицу длины ЛЛ. Лампы могут работать только со специальным электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА). Средний срок службы этих ламп не менее 16 тыс.ч при спаде светового потока 5%. В перспективе развития и широкого применения этих ламп нет сомнений.

Вторая половина XX века ознаменовалась также созданием большой группы РЛ высокой интенсивности (РЛВИ), работающих при ВД и СВД, обладающих высокими световыми отдачами и сроками службы при различном качестве цветопередачи и других характеристик. На основе открытий второй половины XX века были разработаны и получили весьма широкое распространение два новых класса РЛВИ: натриевые лампы ВД в керамических колбах — НЛВД и металлогалогенные лампы — МГЛ.

3.3. Светодиоды

Светодиоды (СД) — наиболее «молодые» источники света, принципиально отличающиеся от тепловых или разрядных излучателей. Они характеризуются низким энергопотреблением, длинными сроками работы и низкой стоимостью обслуживания. Однако, на данный момент СД гораздо дороже конкурирующих технологий.

Подлинная революция в производстве СД произошла в начале 90-х годов, когда были получены многопроходные двойные гетероструктуры. Световая отдача красных и зеленых СД увеличилась в 100 (!) раз и достигла значений 10-20 лм/Вт.

К 2004 году световая отдача СД на основе МДГС достигла значений 30—50 лм/Вт, а на лабораторных образцах СД красного цвета была получена световая отдача 102 лм/Вт.

К 2006 году получены следующие значения параметров СД: цветность излучения — практически любая: световая отдача серийных СД — до 65 лм/Вт (цветных) и 45+ 55 лм/Вт (белых); общий индекс цветопередачи белых СД — 85. По прогнозам специалистов фирмы Philips (Голландия) в ближайшие годы световая отдача красных СД может быть увеличена до 150, зеленых — до 135 и белых — до 50 лм/Вт.

По оценке **А.Э.Юновича** к 2020 году светоотдача белых СД может достигнуть 200 лм/Вт, а теоретический предел световой отдачи составляет 300 лм/Вт.

Несмотря на рост эффективности СД и снижение их стоимости они все еще остаются очень дорогими источниками света (в десятки раз дороже конкурентов), что на данный момент ограничивает их применение.

Важно, что для широкого применения СД в общем освещении в будущем следует заменить конструкции традиционных светотехнических устройств и их питание от электрической сети так, чтобы использовать особенности СД. Пока разработчики идут по более простому пути, приспособлявая, например, крепление СД модуля к обычному цоколю ЛН.

Обзор 4. О масштабах и перспективах использования компактных люминесцентных ламп

Участник Тематического сообщества **Алексей Кокорин**, на основании своего опыта сформулировал основные препятствия к более широкому внедрению компактных люминесцентных ламп:

- Обилие ламп плохого качества, которые служат не 5 лет, а в лучшем случае месяцы. Проблема в том, что их трудно отличить и непонятно почему это происходит.
- Реальная боязнь ртути в лампах, особенно если в доме дети (непонимание, насколько это мало, что делать если лампа разобьется, как утилизировать перегоревшую лампу). Людям лень куда то ходить «в будущем, когда лампа перегорит», поэтому вопрос упирается в создание удобной сети приема использованных ламп и, конечно, образования.

Т.М.Галиева поддержала опасения по поводу широкого применения люминесцентных ламп. Главную опасность она видит в «нашем положении дел с экологией», при котором отсутствие сбора отработанных ламп окончательно угробит окружающую среду.

В.В.Семикашев обратил внимание, что модернизацию систем освещения надо проводить постепенно, начиная с наиболее энергозатратных, где мероприятия по энергоэффективности быстрее окупятся, а не через стандарты и запреты по всей экономике в целом (как с запретом на лампы накаливания 100 Вт, 60 Вт и далее..). А если энергоэффективная лампа используется 10-15 мин. в неделю, то отсутствует смысл ее замены на более дорогую, но эффективную.

4.1. Современные проблемы энергоэффективного освещения (Ю.Б.Айзенберг)

4.2. О создании производства энергоэффективных источников освещения (Владимир Мальцев)

4.3. Несколько фактов, отражающих перспективы использования компактных люминесцентных ламп

4.1. Ю.Б.Айзенберг. Современные проблемы энергоэффективного освещения. «Энергосбережение» №1, 2009.

Освещение в жилых домах, общественных зданиях, промышленности потребляет электроэнергию в значительном объеме.

К основным энергосберегающим действиям в области освещения можно отнести:

- использование компактных люминесцентных ламп;
- установка электронных пускорегулирующих устройств;
- применение ламп люминесцентных прямых типа Т5.

Годовое потребление электроэнергии в жилых помещениях в США составляет 1 946 кВт.ч, а в Японии - 939 кВт.ч, при этом в США количество ламп в доме - 43 шт., а в Японии - 17 шт., а средняя световая отдача составляет соответственно 18 и 49 лм/Вт. В Японии основной парк средств освещения как в быту, так и в промышленности и общественных зданиях - это люминесцентные лампы. В США парк светильников с лампами накаливания превышает 2,5 млрд. световых точек, а парк светильников с КЛЛ составляет около 1,5 млрд. световых точек. Использование 42 миллиона напольных светильников с галогенными лампами накаливания мощностью 300 и 500 Вт не позволяет США снизить потребление электроэнергии на освещение, равное в настоящее время 30% от общего электропотребления страны.

Оценка усредненных параметров осветительных установок в странах-членах МЭА

Если величину световой энергии от лампы накаливания принять за единицу, то можно видеть, что все остальные типы ламп многократно (в разы или даже на порядок) вырабатывают больше световой энергии. Если бы все страны мира перешли на использование КЛЛ, то можно было бы высвободить столько же электроэнергии, сколько за 4 года потребляет вся Австралия.

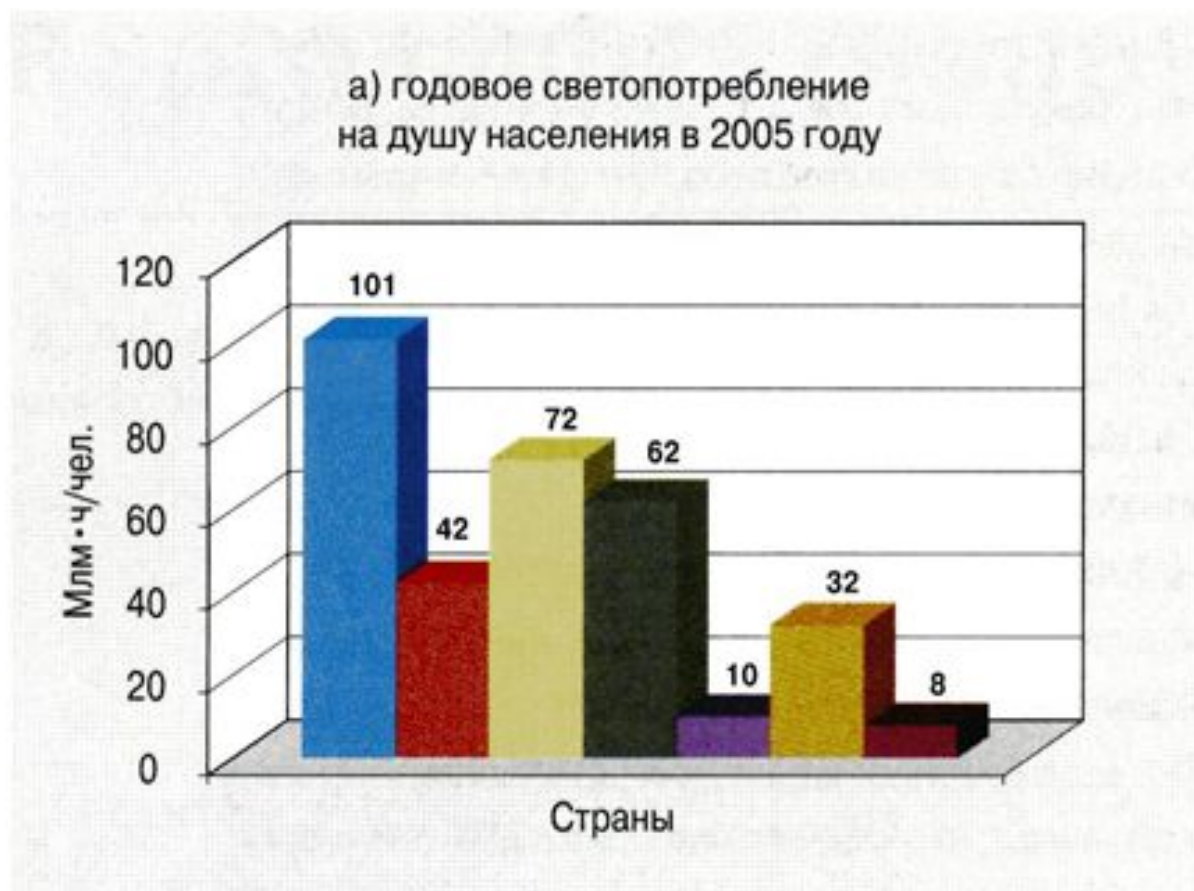
Страна	Годовое потребление электроэнергии, кВт.ч, в жилых домах	Кол-во ламп в доме, шт.	Средняя световая отдача, лм/Вт	Установленная мощность, Вт/м ²	Удельное годовое потребление электроэнергии, кВт.ч/м ²	Площадь жилого дома (помещения), м ²
Великобритания	720	20,1	25	14,7	8,6	84
Швеция	760	40,4	24	14,0	6,9	110
Германия	775	30,3	27	15,6	9,3	83
Дания	426	23,7	32	5,7	3,3	134
Греция	381	10,4	26	7,8	3,7	113
Италия	375	14,0	27	10,6	4,0	108
Франция	465	18,5	18	16,1	5,7	81
США	1 946	43	18	21,5	15,1	132
Япония	939	17,0	49	8,1	10,0	94

Основные характеристики источников света

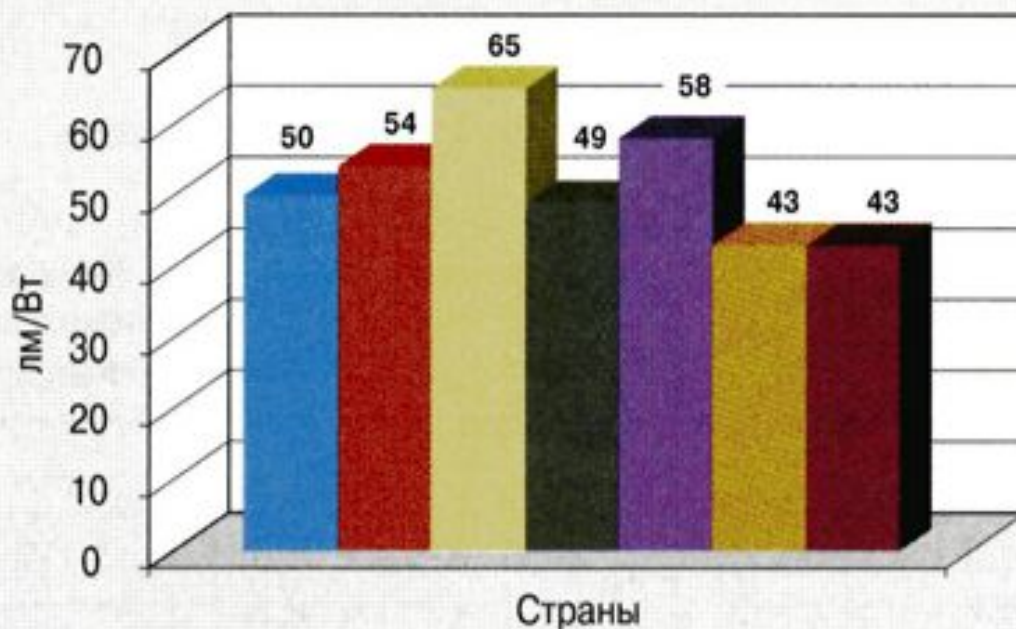
	Средний срок службы, тыс.ч	Индекс цвето-передачи, Ra	Свето-отдача, лм/Вт	Удельная световая энергия, вырабатываемая за срок службы (среднее значение)	
				Млм.ч/Вт	Отн. ед.
Лампы накаливания (ЛН)	1	100	8-17	0,013	1
Люминесцентные лампы (ЛЛ)	10-20	57-92	48-104	1,140	88
Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ)	5-15	80-85	65-87	0,780	60
Дуговые ртутные лампы (ДРЛ)	12-24	40-57	19-63	0,738	57
Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)	11-28	21-60	66-150	2,050	157
Металлогалогенные лампы (МГЛ)	3,5-20	65-93	68-105	1,020	78

Световая отдача ламп в осветительных установках коммерческих зданий США составляет 50 лм/Вт, в Японии - 65 лм/Вт, и связано это с тем, что парк светильников с лампами накаливания даже в США продолжает оставаться огромным.

Сравнение состояния освещения разных стран мира



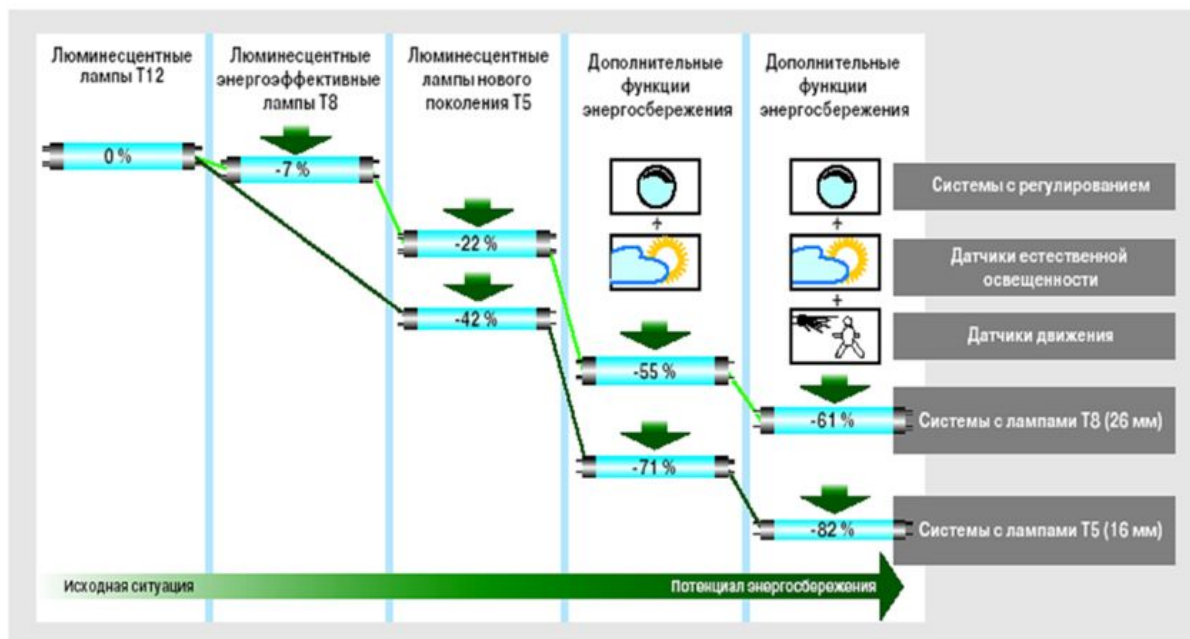
б) средняя световая отдача ламп в осветительных установках коммерческих зданий



- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| Северная Америка | КНР |
| Европа | Страны Балтии и СНГ |
| Япония, Республика Корея | Остальные страны мира |
| Австралия, Новая Зеландия | |

Для оценки потенциала энергосбережения в Германии за исходную базу (0%) приняты обычные лампы T12 диаметром 38 мм. Затем идут лампы T8 (диаметр трубки 26 мм) - энергоэффективные лампы, прямые, позволяющие сэкономить 7% электроэнергии. Далее появляются тонкие лампы T5, и можно видеть, что данные лампы диаметром 16 мм по сравнению с лампами T12 дают экономию электроэнергии 42%. Если внедрить современную технику с регулированием светового потока ламп и использовать датчики естественной освещенности, то можно сэкономить в первом случае 58%, в другом - 71%. Если применить полный арсенал энергосберегающих мероприятий, включая датчики движения, то при использовании ламп T5 (16 мм) можно получить экономию электроэнергии 82%. Необходимо отметить, что это только одна линейка светильников и здесь не рассмотрены компактные лампы. Также нужно напомнить, что с появлением ламп T5 все аппараты стали электронными регулируемыми.

Потенциал энергосбережения в Германии (в год) при использовании различных средств освещения



Прогноз развития светотехники в России, сделанный в 2001 году (ООО «ВНИСИ») базировался на совершенно реальных цифрах: на световых отдачах, на объемах выпуска, на выработке электроэнергии. За базовый был принят 2000 год. Если идти по тому пути, который предполагался этим прогнозом, то можно получить от 34 до 72 млрд.кВт.ч экономии электроэнергии.

Прогноз развития освещения

	2000 год (базовый)	2010 год		2020 год	
		Мероприятия по энергосбережению		Мероприятия по энергосбережению	
		Нет	Есть	Нет	Есть
$P_{уст.}$, млн.кВт	99,6	120,0	92,1	133,4	78,8
$P_{потр.}$, млн.кВт	57,4	71,8	52,4	80,6	45,8
Расход электроэнергии (уст.), млрд.кВт.ч	175,0	204,4	159,3	242,6	137,9
Расход электроэнергии (потр.), млрд.кВт.ч	108,1	131,5	97,3	157,8	86,0
Экономия электроэнергии, млн.кВт.ч		34,2		71,8	
Млм.ч/чел.	43	56	60	67	80
кВт.ч/чел.	1 200	1 450	1 090	1 661	944
кВт.ч/Млм.ч	28	26	18	25	12

Расчитанный ООО «ВНИСИ» потенциал экономии электроэнергии в осветительных установках может быть достигнут:

- расширением производства эффективных источников света и области их применения - минимум 14%;
- увеличением световой отдачи источников света - 6%;
- повышением стабильности характеристик источников света - 3%;
- повышением КПД осветительных приборов - 6%;
- улучшением эксплуатационных свойств осветительных приборов - 3,5%;

- снижением энергопотребления осветительных приборов, в частности благодаря использованию электронной пускорегулирующей арматуры (ЭПРА) - 1,5 - 2%.

Совершенствованием способов освещения тоже можно достичь экономии электроэнергии:

- расширением области применения системы общего локализованного освещения - 6,5%;
- при применении систем регулирования общего освещения в зависимости от уровня естественной освещенности - 4,5 - 7,5%;
- расширением применения системы комбинированного освещения - 4%.

Суммарная возможная экономия составляет 45 - 50% от величины электроэнергии, которая сегодня расходуется в стране на освещение (108 - 110 млрд.кВт.ч), а значит половина - это более 50 млрд.кВт.ч.

4.2. Владимир Мальцев (Минпромторг). [«О создании производства энергоэффективных источников освещения»](#). [Файл презентации \(ppt, 1.89 Mb\)](#)

Полноценного производства энергосберегающих ламп на сегодняшний момент в России не существует. Около 90% рынка энергосберегающих ламп России занимает продукция трёх мировых производителей: Osram, Philips и General Electric. Даже при относительно плавной замене ламп в 2014 году может возникнуть пиковый спрос на энергоэффективные лампы в объеме 280 млн.шт. в год. На ближайшую перспективу альтернативы компактным люминесцентным лампам при переходе от ламп накаливания к энергоэффективным осветительным приборам нет.

В настоящее время КЛЛ производства ведущих зарубежных фирм «Osram», «Philips», «GE», фирм Китая и Юго-Восточной Азии имеют световую отдачу — 70-80 лм/Вт и срок службы — 8000-10000 час. Однако опытно-конструкторские работы, прежде всего фирм «Osram», «Philips», «GE» показывают, что в ближайшие 5-7 лет уровень световой отдачи достигнет уровня 100-105 лм/Вт, а срок службы превысит 15000 час (имеются данные о сроке службы КЛЛ до 32000 часов). Такие данные по основным параметрам ставят КЛЛ в ряд наиболее эффективных ламп: металлогалогенных и натриевых ламп высокого давления, шаровых безэлектродных высокочастотных ламп (световая отдача до 125-130 лм/Вт), и светодиодов современных зарубежных фирм (световая отдача до 130 лм/Вт и срок службы до 100 000 часов и выше). Перспективы усовершенствования ламп накаливания сопряжены с серьезным увеличением себестоимости, основного их достоинства.

Несмотря на преимущества КЛЛ по сравнению с ЛН, будет справедливым отметить и недостатки КЛЛ:

- индекс цветопередачи КЛЛ ниже индекса цветопередачи ЛН (100 ед.);
- в КЛЛ используется предельно токсичная ртуть, причем её количество в одной лампе всего в два раза меньше количества ртути в линейных люминесцентных лампах.

Ртуть является составной частью газоразрядных ламп (люминесцентных ламп), в которых свечение создается от электрического разряда в парах металла или в смеси газа и пара. Опасность ртути приводит к необходимости утилизации отработавших ламп. Для этого необходимо решить целый ряд задач:

- убедить граждан не выбрасывать отработавшие лампы, а относить их в пункты приема;
- оборудовать пункты приема;
- решить вопрос доставки ламп с пунктов приема до заводов переработки;
- создать заводы по переработке.

Стоимость переработки лампы на заводе оцениваются в 12-15 рублей, не включая затраты на ее доставку и затраты на информационную кампанию просвещения граждан и создание инфраструктуры (пунктов приема, заводов по переработке). Часть необходимых заводов по утилизации уже существует и утилизирует обычные люминесцентные лампы.

По предварительным оценкам в зависимости от плотности населения и распределения промышленных объектов в каждом субъекте РФ предлагается создавать комплексы, состоящие из трех, двух или одной перерабатывающей линии (1 миллион ламп - 1 линия). При необходимости возможно расширение производственных мощностей одного комплекса, а также создание одного комплекса на несколько субъектов РФ. Один комплекс, состоящий из трех линий, в год способен перерабатывать 3 миллиона ламп в год.

4.3. Несколько фактов, отражающих перспективы использования компактных люминесцентных ламп

Коэффициент полезного действия ламп накаливания достигает при температуре около 2700 К (обычная лампа на 60 Вт) своего максимального значения 5%, при этом время жизни лампы составляет примерно 1000 часов. Компактные люминесцентные лампы с электронными балластами, которые можно включать в патроны E27 и E14 имеют значительно большую светоотдачу (люминесцентная лампа 23 Вт даёт освещенность как 100 Вт лампа накаливания), длительным сроком службы (2000-20000 часов в отличие от 1000 у ламп накаливания), рассеянным светом, разнообразием оттенков света.

Световая отдача КЛЛ достигает 100 лм/Вт при низкой рабочей температуре и сроке службы до 40 тысяч часов. Эти значения в десятки раз превышают соответствующие параметры ламп накаливания.

В жилых помещениях при плавном переходе от ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы можно сэкономить до 80%, используя также датчики движения и приборы, которые контролируют уровень освещения в помещении.

Обзор 5. О масштабах и перспективах использования светодиодного освещения

Участник Тематического сообщества **Т.М.Галиева** поддержала мнение Жореса Алфёрова, высказанное в популярной телепередаче «Академия». Определённо, что будущее - за светодиодами, и не надо нам наступать на те грабли, на которые уже наступили другие страны, через них надо перепрыгнуть.

5.1. Современные проблемы энергоэффективного освещения (Ю.Б.Айзенберг)

5.2. Исследования и разработки светодиодов в мире и в России в последние годы (А.Э.Юнович)

5.3. О создании производства энергоэффективных источников освещения (Владимир Мальцев)

5.4. Несколько фактов отражающих перспективы использования светодиодов

5.1. Ю.Б.Айзенберг. Современные проблемы энергоэффективного освещения. «Энергосбережение» №1, 2009.

Сегодня самое перспективное и интересное направление, в котором работает огромное количество фирм, где достижения меняются буквально на глазах, - светодиоды. Прогноз совершенствования параметров светодиодов приведен на рисунке.

Прогноз совершенствования параметров светодиодов

Правая кривая - это кривая роста световой отдачи сверхъярких светодиодов за последние 8 лет. Согласно данным книги по светодиодам немецкого общества светотехников, изданной в 2003 году, световая отдача светодиодов уже тогда превышала в 2 раза световую отдачу ламп накаливания, т.е. 20 - 25 лм/Вт. Несколько лет спустя при переводе этой книги на русский язык было уточнено, что средняя световая отдача светодиодов лучших фирм составляет 70 - 80 лм/Вт. Фирма Cree Lighting обещала на 2009 - 2010 годы достичь величины 150 лм/Вт.



Свойства светодиодов, которые в ближайшем будущем сделают их самыми экономичными по сравнению с другими источниками света:

- высокая световая отдача (100 - 150 лм/Вт);
- малое энергопотребление (единицы ватт);
- высокие значения КПД световых приборов и коэффициентов использования светового потока в осветительных установках;
- малые габариты (точечные или плоские приборы);
- высокая долговечность (более 10 лет непрерывной работы);
- отсутствие пульсации светового потока;
- возможность получения излучения различного спектрального состава;
- возможность снижения коэффициента запаса осветительных установок благодаря стабильности характеристик и высокому сроку службы;
- возможность использования для освещения выцветающих объектов (произведений искусств, продукции полиграфии, текстильного производства);
- высокая устойчивость к внешним воздействиям (температуре, вибрации, ударам, влажности);
- электробезопасность и взрывобезопасность;
- возможность резкого уменьшения размера, материалоемкости и трудоемкости производства световых приборов;
- возможность создания необслуживаемых светильников;
- высокая степень управляемости (возможность построения систем многоуровневого управления освещением);
- высокая технологичность при массовом производстве;
- низкие затраты на упаковку и транспортировку.

Светодиоды в 2005 году в Америке применялись в основном в транспортном секторе - 52%, отдельно на освещение автомобилей приходилось 14%, а на бытовое освещение - всего 6%. В 2010 году бытовое освещение займет уже 13% от общего количества выпускаемых светодиодов (выпуск на эти цели составит 1 млрд.\$).

Для подготовки к массовому применению светодиодов в России необходимо:

- провести комплекс психофизиологических исследований и разработать нормативные материалы (пересмотреть СНиП и СанПиН);
- разработать и стандартизировать методы фотометрии светодиодов;
- осуществить подготовку кадров специалистов в этой области;
- провести большую разъяснительную работу среди специалистов и населения;
- спроектировать и оборудовать показательные установки различного назначения;
- разработать серии разнообразных осветительных приборов со светодиодами.

5.2. А.Э.Юнович. «Исследования и разработки светодиодов в мире и в России в последние годы» 3-я школа «Метрология и стандартизация в нанотехнологиях и микроиндустрии», Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, 28.05.2010.

Презентация: [Часть 1](#) (ppt, 5.27 Mb).

Светодиодная промышленность во всем мире стала в последние годы одним из самых быстро развивающихся секторов экономики. Каждые полгода параметры СД и светотехнических устройств на их основе становятся на новый количественный уровень по световой отдаче, мощности излучения и световому потоку, цветовым характеристикам. Качественное изменение развития светодиодного освещения будет в 2011-2015 гг. Рынок мощных СД будет расти на 15% в год. Производство кристаллов со структурами InGaN/AlGaIn/GaN для мощных СД увеличится от 35 млрд.шт. в 2009 году до 160 млрд.шт. в 2014 году. Рынок мощных СД для освещения достигнет 1 млрд.\$ к 2012 году. В 2020 году – от 2 млрд.\$ (худший вариант) до 6.5 млрд.\$ (лучший вариант).

Перспективы улучшения параметров светодиодов (DOE, март 2010 года)

	2009	2010	2012	2015
Световая отдача («теплый») (КЦТ=2800-3500К, CRI >=85) Лм/Вт	83	97	114	138
Цена (2800-3500К; 350 mA) \$/Клм	46	25	11	4
Световая отдача («холодный») (4100-6500К, 70-80 CRI) Лм/Вт	132	147	164	188
Цена (4100-6500К; 350 mA) \$/Клм	25	13	6	2
Цена ламп (от производителя) \$/Клм	130	101	61	28

Презентация: [Часть 2](#) (ppt, 8.51 Mb).

Ситуация в Китае:

- 300 компаний делают светодиодные источники света, частично с серийным производством; часть из них сертифицирована для американского рынка.
- 100 компаний делают светодиоды
- 3 компании имеют эпитаксиальное оборудование и производят исходные структуры и чипы;
- в 1-й компании – 8 эпитаксиальных установок;

Принципиально решенные задачи

- Создано оборудование для массового производства структур, чипов, светодиодов.
- Разработана технология роста гетероструктур с квантовыми ямами типа InGaIn/AlGaIn/GaN на подложках из сапфира и SiC с внутренним квантовым выходом излучения до 80%.
- Разработаны методы увеличения оптического вывода излучения из кристалла СД.
- Разработаны эффективные люминофоры для создания «холодного», «нейтрального» и «теплого» белого свечения.

Рекордные значения световой отдачи (при токе 350 мА):

- 209 лм/Вт в лабораториях,
- 100-110 лм/Вт в лучших промышленных,
- 60-80 лм/Вт в массовых коммерческих партиях.

Основные направления исследований и разработок светодиодов

- Совершенствование технологии роста гетероструктур InGaN/AlGaIn/GaN для большей однородности и большего выхода годных приборов.
- Уменьшение падения эффективности при больших плотностях тока.
- Улучшение световой отдачи и цветовых характеристик белых СД.
- Уменьшение теплового сопротивления и отвода тепла от СД.
- Исследование восприятия светодиодного освещения человеческим зрением.
- Автоматизация производства светодиодов и светодиодных ламп.

Экономические цели в США

- До 2020 года увеличить световую отдачу от 113 до 243 лм/Вт для холодных и от 70 до 234 лм/Вт для теплых белых светодиодов.
- Стоимость электроэнергии уменьшать от 25 до 1 \$/кВт для холодных и от 36 до 1.1 \$/кВт для теплых белых СД.
- Световой поток от одного СД будет увеличиваться в 20 раз за 10 лет и достигнет 10000 лм к 2020 году.
- Стоимость 1 кВт - уменьшится в 10 раз за 10 лет и может достигнуть 1-0.1 \$/кВт в 2020 году.

Презентация: [Часть 3 \(ppt, 3.95 Mb\)](#).

В России...

Государственные корпорации «Роснано» и «Ростехнологии» стали рассматривать эту тематику как одну из важнейших в связи с государственными программами энергосбережения и с перспективами замены ламп накаливания полупроводниковыми источниками света. Промышленные фирмы стали финансировать исследования и разработки по полупроводниковым нитридам, структурам и приборам на их основе.

Российский рынок основных материалов, комплектующих и оборудования для выпуска III-N светодиодов стратегически нестабилен. Его надо специально готовить к запуску промышленного производства, чтобы обеспечить конкурентоспособность светодиодной отрасли.

Ощущается нехватка ученых в возрасте 35-50 лет.

Развитием производства светодиодов и основанных на них систем освещения заинтересовались многие ведомства, составляются соответствующие программы. Однако, их подготовка ведется разобщенно, в узком кругу специалистов каждого ведомства. Необходимо взаимодействие различных ведомств.

Выдержки из интервью «Новой газеты» (19.05.10) с генеральным директором холдинга «Российская электроника» А.В.Зверевым:

- ...Сегодня существует единственное опытное производство «Светлана – Оптоэлектроника» в Питере с двумя установками по эпитаксии для последующего производства светодиодов. Мы понимаем, что это — недопустимо мало, поэтому
- ...«Ростехнологии» приняли программу развития светодиодного производства и внедрения светодиодного оборудования на предприятиях госкорпорации. Задача: за 5 лет заменить освещение на 100 миллионах квадратных метров площадей.

- ...Предварительный расчет: за 5 лет, начав с нуля, мы только на экономии потребления электричества сэкономим 54 млрд.рублей. А в следующей пятилетке эту цифру можно будет смело умножать на два. Плюс экономия на установочной мощности, то есть энергию, не направленную на освещение, мы сможем использовать в других целях, получая экономический эффект, который можно оценить в 60 млрд.рублей за 5 лет. Плюс плюс отсутствие затрат на утилизацию ламп накаливания или люминесцентных ламп.
- ...Научно-технический потенциал «Светланы» позволяет нам тиражировать технологию. Мы планируем создать три центра по производству светодиодов: в Петербурге, Москве и Томске. Там проще всего воспитать собственные кадры — на сегодня специалистов по эпитаксии в России можно перечесть на пальцах двух рук. За короткий срок это количество нужно увеличить в 10 раз. Потому что за эпитаксией идут более простые процессы, которые мы давно освоили, такие как упаковка чипов, а потом и совсем простые, как производство готовых изделий на базе светодиодов.

Российский производитель светодиодов ЗАО «Оптоган» завершил сделку с люксембургской компанией Elcoteq SE по покупке 100% акций её российской дочки ЗАО «Элкотек» в Санкт-Петербурге. Общая площадь завода составляет 15500 м², а производственные площади – более 5000 м². Elcoteq инвестировала более 30 миллионов евро в строительство производственного здания и создание необходимой для производства электронных приборов инфраструктуры (системы контроля микроклимата, системы подачи сжатого воздуха, технических газов, вакуума; системы автоматизированного хранения особо чувствительных компонентов). В течение лета 2010 года «Оптоган» планирует провести монтаж и запуск первой очереди специализированной производственной линии для производства светодиодов, производительность которой составит более 30 миллионов корпусированных светодиодов в месяц. Запуск производства на данной площадке будет осуществлен осенью 2010 года.

5.3. Владимир Мальцев (Минпромторг). [«О создании производства энергоэффективных источников освещения»](#). [Файл презентации \(ppt, 1.89 Mb\)](#)

Спрос на светодиодные источники будет постепенно расти. До 2014—2015 года основной спрос на светодиоды будет формироваться за счет ЖКХ, государственных учреждений, а также частично коммерческого сектора.

ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника» и ЗАО «Оптоган» разрабатывают полный технологический цикл создания белых светодиодов – от подготовки подложек для эпитаксии, эпитаксиального роста структур и создания оригинальных конструкций кристаллов до осветительных устройств. Последние проходят эксплуатационные испытания в освещении домов в северных регионах России и железнодорожных вагонах.

Работы по эпитаксиальному выращиванию светодиодных структур начаты в ЗАО «Элма-Малахит» (Зеленоград). ООО «НПЦ ОЭП «ОПТЭЛ» выпускает (на основе импортных структур) и белые светодиоды для общего освещения.

Светодиоды производятся также в НИИ полупроводниковых приборов в Томске и ОАО «Протон» в Орле.

Инвестиции в создание в России производства светодиодов составят около 6 млрд.руб. (стоимость строительства двух заводов полного цикла).

5.4. Несколько фактов, отражающих перспективы использования светодиодов

Отмечается [совместимость светодиодов с цифровыми технологиями](#), что обеспечивает возможность программирования освещения...

Фактором, сдерживающим переход на светодиодные технологии в освещении, является [цена](#). В настоящее время светодиоды могут достичь отношения \$0.1-0.05 \$ за люмен, что на два порядка выше величины для обычных ламп.

Применение светодиодных источников света позволяет не только снизить энергопотребление на 50-90%, но и [забыть о техническом обслуживании](#) в период эксплуатации, где расходы сокращаются в 4 - 5 раза.

Обзор 6. Координация или конкуренция программ развития светотехнических технологий разного типа

По мнению **А.Э.Юновича**, координация ведомственных и корпоративных программ необходима. Для такой координации потребуются договоренности с компетентными представителями основных игроков.

Основные игроки – это Минэкономразвития, Минэнерго, Ростехнологии и Роснано. Каждое из этих ведомств имеет свои программы или «Дорожные карты» по проблемам светотехники. Роснано опубликовало в Интернете, составленную вместе с Высшей Школой Экономики [«Дорожную карту» по светодиодам](#). Планы Ростехнологий были кратко сообщены 19 мая Генеральным директором Росэлектроники А.В.Зверевым в [интервью «Новой газете»](#). Планы Минэнерго были изложены в документах, доложенных А.С.Шевченко на семинаре 27 апреля. Планы Минэкономразвития изложены [Даниловым-Данеляном](#). Позиция светодиодного научно-технического сообщества была изложена в февральском [Решении Нитридной Конференции](#) (pdf, 5.07 Mb).

Если посмотреть последнюю обширную речь А.Б.Чубайса, то он неявно тоже предлагает назначать одного начальника над важной проблемой. Надо как-то собрать ключевые фигуры и определить, кто для них будет наиболее авторитетен. Создание федеральной программы по светотехнике будет более успешным, если в консультациях ключевых игроков будет найдено согласие о способах координации усилий.

Развитие рыночной среды для эффективной светотехники, без внутренней координации и создания своей промышленности будет только продвигать на наш рынок импортную продукцию и могут задавить развитие отечественного производства.

[6.1. Современные проблемы энергоэффективного освещения \(Ю.Б.Айзенберг\)](#)

[6.2. Исследования и разработки светодиодов в мире и в России в последние годы \(А.Э.Юнович\)](#)

[6.3. О создании производства энергоэффективных источников освещения \(Владимир Мальцев\)](#)

[6.4. Дорожная карта «Использование нанотехнологий в производстве светодиодов»](#)

[6.5. Обзор материалов и фактов связанных с разработкой программ развития светотехники](#)

6.1. Ю.Б.Айзенберг. [Современные проблемы энергоэффективного освещения. «Энергосбережение» №1, 2009.](#)

Во многих странах мира принимаются исключительно эффективные меры по вытеснению ламп накаливания. Например, в ноябре 2008 года вышло Постановление Правительства Украины о том, что начиная с 2009 года во всех правительственных зданиях лампы накаливания должны быть заменены на другие более энергоэффективные источники света. В США вышло постановление, подписанное президентом, о том, что с 2011 года исключаются из производства и применения лампы накаливания мощностью 100 Вт, в 2012 году - 75 Вт и так далее до 2014 года, когда лампы накаливания должны быть полностью ликвидированы. В Австралии издано постановление правительства о полном переходе на компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) к 2012 году.

В 14 странах мира действуют государственные программы энергосбережения в системах освещения Green Light, согласно которым оказывается помощь в развитии направлений, позволяющих экономить электроэнергию. В России такой программы нет.

ООО «ВНИСИ» 10 лет назад передало в Правительство Москвы проект постановления о развитии светотехнической промышленности и реорганизации осветительных установок Москвы - никакого результата. Пять лет назад был создан координационный центр по внедрению светодиодов в освещение, подготовлена программа развития светодиодного освещения и доложена Правительству Москвы, материалы переданы руководителю Департамента науки и промышленной политики. И по-прежнему никакого ответа. За эти годы можно было очень многого добиться в Москве, где около 14 предприятий имеют прямое отношение к разработке и производству светодиодов.

6.2. А.Э.Юнович. «Исследования и разработки светодиодов в мире и в России в последние годы» 3-я школа «Метрология и стандартизация в нанотехнологиях и микроиндустрии», Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, 28.05.2010.

Презентация: [Часть 1 \(ppt, 5.27 Mb\)](#).

Растет законодательная деятельность правительств по вытеснению ламп накаливания (Европа, Австралия, Куба; 2009 год) На новый уровень стали государственные программы. Начало их было положено японской программой «Освещение XXI века» в 1998 году. Программа светодиодного освещения «Solid-State Lighting, SSL», была разработана институтами Мин-ва Энергетики США в 2002 году и была принята как закон Конгрессом США в 2005 году. Программа SSL ежеквартально обновляется; последняя версия - в марте 2010 году. Европейская программа (The European GreenLight Programme) была начата в 2000 году и принята Европейской Комиссией. Светодиодная тематика включена в пятилетние планы Китая с 2004 году. В Корее государственная программа была принята в 2003 году и вложения в нее все время расширяются. Производство СД на Тайване конкурентно способно на мировом рынке.

6.3. Владимир Мальцев (Минпромторг). [«О создании производства энергоэффективных источников освещения»](#). [Файл презентации \(ppt, 1.89 Mb\)](#)

Минпромторгом России совместно с Минэкономразвития России и Минэнерго России разработан проект постановления Правительства Российской Федерации «О перечне видов товаров, которые должны содержать информацию об их энергетической эффективности в технической документации, прилагаемой к этим товарам, в их маркировке, на их этикетках, а также о характеристиках товаров, о принципах установления правил определения производителями, импортерами класса энергетической эффективности товара», которое распространяется также на лампы накаливания. 31 декабря 2009 года постановление утверждено Правительством Российской Федерации. (№ 1222 от 31.12.2009 года)

Кроме того, в настоящее время наше Министерство совместно с Роснано ведет работу по подготовке предложений по изменениям в СанПиН «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. Санитарные правила и нормы» и в СНиП «Естественное и искусственное освещение».

Для анализа текущей ситуации в производстве энергоэффективных светильников и решения задач сформированных в рамках проекта «Новый свет» Министерством проведен ряд совещаний с производителями энергоэффективной светотехники.

Общая сумма инвестиции требуемых для реализации проектов по предварительным оценкам составит 12,7 млрд.рублей, из них внебюджетные средства составят 6,8 млрд.рублей и средства ГК «РоснаноТех» 4,3 млрд.рублей.

Общий объем ожидаемого производства в пересчете на 100 Вт лампы накаливания к 2015 году составит ориентировочно:

- компактных люминесцентных ламп – 142 млн.шт. в год;
- светодиодных ламп – 142 млн.шт. в год;

- прочие – 53 млн.шт. в год (натриевые, металлогалогенные и натриевые лампы высокого давления).

Внедрение энергосберегающих источников освещения и организации их производства в Российской Федерации может быть условно разделена на три этапа:

Первый этап (2009 – 2012 года) характеризуется переходом потребления на энергосберегающие лампы, а также организацией производства энергосберегающих источников света в Российской Федерации.

Второй этап (2013 – 2016 года) наступает сразу после отказа от оборота и производства на территории России ламп накаливания и характеризуется лидерством на рынке компактных люминесцентных ламп, продажи которых достигают в данный период своего пика.

Третий этап (2017 – 2020 года) характеризуется бурным внедрением светодиодных источников освещения. Также на третьем этапе планируется выход на мировой светодиодный рынок с конкурентоспособной отечественной продукцией.

В число социально-экономических эффектов от реализации проекта внедрения энергосберегающих ламп и производства их в России входят:

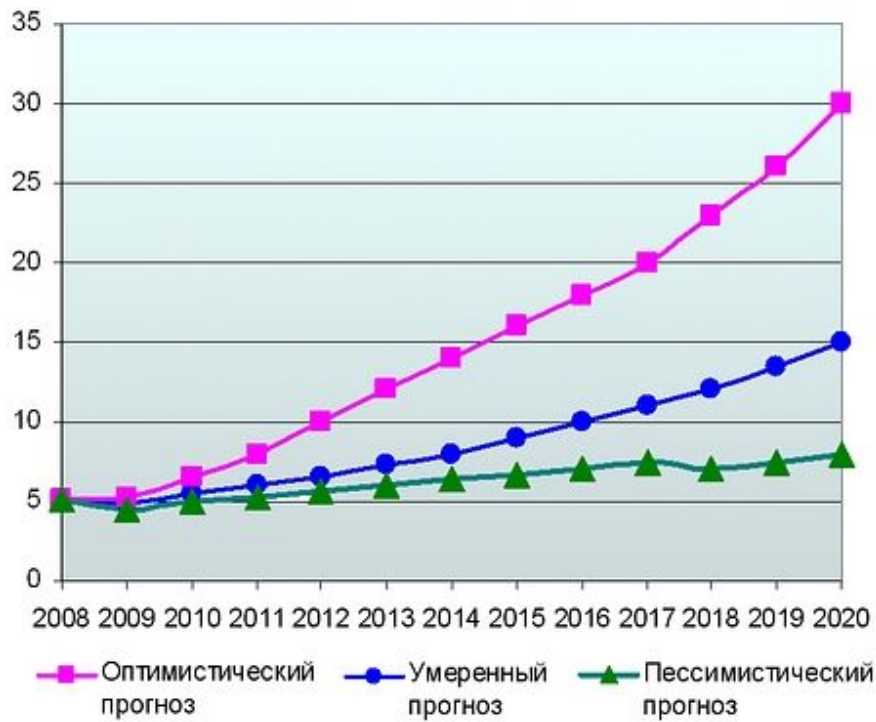
- сокращение потребления электроэнергии минимум на 4%, или на 65 млрд.руб. в год при существующих тарифах. С учетом роста тарифа эффект будет еще более значительным;
- сокращение потребности в строительстве новых электростанций и инвестиций в них – 7,7 ГВт мощности и 350 млрд.рублей;
- сокращение использования энергоресурсов – 12,9 млн.т.у.т.;
- создание новых рабочих мест – 1,5 тыс.мест (13,5 тыс.при интеграции в производственную цепочку);
- повышение производительности в отрасли – в 10 раз (за счет роста автоматизации и стоимости изделий).

Необходимость утилизации отработавших КЛЛ – 11,3 млрд.рублей, без учета стоимости необходимой инфраструктуры (затраты планируется переложить на производителей, розничные компании и импортеров).

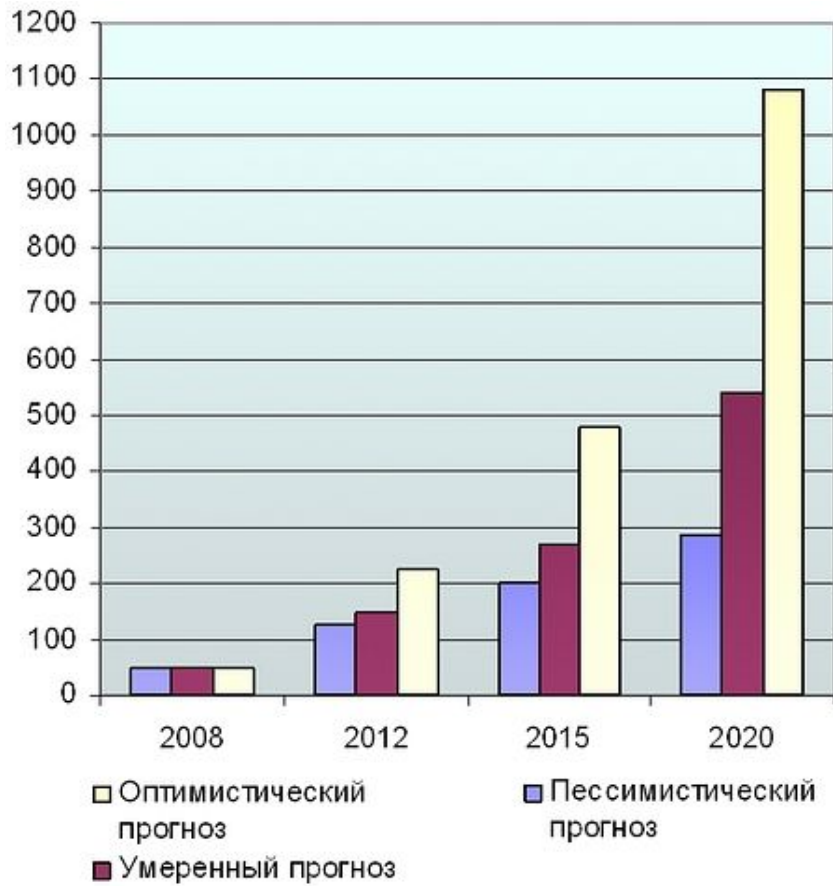
6.4. Дорожная карта «[Использование нанотехнологий в производстве светодиодов](#)»

Дорожная карта обобщает мнение экспертного сообщества о важнейших технологиях, используемых при производстве светодиодов, и продуктах, основные потребительские свойства которых определяются применением в их конструкции светодиодов. Содержит общую характеристику неорганических и органических светодиодов. Приводит прогнозы развития мирового и российского рынка светодиодов:

Рис. Ожидаемая динамика объема мирового рынка светодиодов (млрд.долл. США)



Ожидаемая динамика объема российского рынка светодиодов (млн.долл. США)



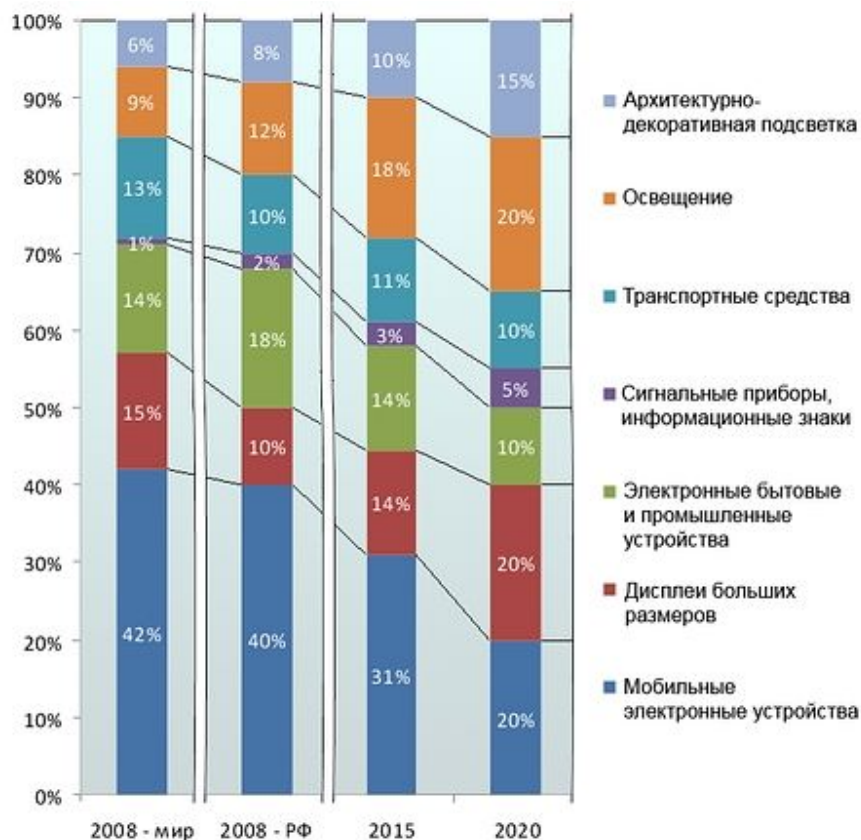
Проводит сопоставление всего комплекса альтернативных светотехнологий...

- Традиционные лампы накаливания, галогеновые лампы, галогеновые лампы с инфракрасным напылением;
- Газоразрядные лампы низкого давления;
- Плазменные лампы, высокоэффективные плазменные лампы (НЕР), другие лампы низкого давления;
- Газоразрядные (натриевые и металл-галидные) лампы высокого давления и высокой интенсивности, лампы на основе вольтовой дуги;
- Электролюминесцентные лампы с люминофорами;
- Электролюминесцентные провода;
- Люминофоры с длительным временем послесвечения;
- Лампы горения (керосиновые лампы, свечи, фитильные лампы и т.д.);
- Единичные неорганические светодиоды и светодиодные матрицы;
- Светоизлучающие OLED-панели.

... и технологий отображения информации:

- Электронные чернила (e-ink);
- Электролюминесцентные панели;
- ЖК-дисплеи;
- Плазменные панели;
- OLED-экраны;
- Светодиодные экраны матричного типа;
- Проекционные системы;
- Лазерные проекторы.

Дан прогноз различных сегментов рынка светодиодов...



Размещен [научно-технический отчет по дорожной карте](#) (pdf, 2.23 Mb).

6.5. Обзор материалов и фактов связанных с разработкой программ развития светотехники

Проектный Офис Рабочей группы по энергоэффективности Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России при Президенте Российской Федерации представляет презентацию проекта «Новый свет».

Антон Данилов-Данильян, супервайзер проекта «Новый свет», отвечает на вопросы... [Видео-ролик](#).

В Минпромторге России 16 сентября 2009 состоялось совещание о состоянии производства и перспективах развития рынка энергоэффективных источников освещения. [Пресс-релиз](#).

В Пермском крае более 35 предприятий, учреждений и жилых домов в этом году перейдут на энергоэффективное освещение в краевом министерстве развития предпринимательства и торговли идет разработка решений по повышению [энергоэффективности бюджетных учреждений, подъездов многоквартирных жилых домов, наружного освещения](#).

Проект ПРООН-Минэнерго России «[Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения в России](#)».

В России стартовал проект «[Трансформация рынка для продвижения энергоэффективного освещения](#)».

[Отраслевые новости светотехники](#).

[Недостаток организации и координации](#) имеет место на всех уровнях принятия решений. Проблема повышения энергетической эффективности не воспринимается как средство решения широкого комплекса экономических и экологических проблем. Реализация ключевого приоритета «Энергетической стратегии России до 2020 года» - увеличения энергоэффективности экономики не обеспечена в полной мере организационными и финансовыми ресурсами. Наблюдается отсутствие синхронизации различных областей законодательства: градостроительное планирование не связано с развитием энергосистем; законодательство о госзакупках не содержит требований по энергоэффективности и т.д.

Для ликвидации отмеченных барьеров прежде всего необходима государственная поддержка направления энергосбережения и энергоэффективности.

Селянин Юрий Николаевич, генеральный директор компании [«Солар» из Краснодарского края](#).

Энергоэффективные системы дневного освещения, которые, в силу своих свойств, изменяя традиционные подходы к организации освещения помещений естественным светом, начинают оказывать все большее влияние на архитектуру и современное строительство в мире. Работа систем основана на современных технологиях передачи максимального количества дневного света, падающего на крышу дома, во внутренние помещения, с целью увеличения естественной освещенности от восхода до заката. Система состоит из:

- светособирающего купола, располагаемого на крыше здания, выполненного из ударопрочного материала, который защищает от ультрафиолетового излучения;
- флешинга (адаптера под различные типы кровли);
- световода, представляющего собой набор стыкуемых алюминиевых труб прямолинейной или же изогнутой формы, покрытых изнутри многослойной пленкой из полимера, которая обеспечивает почти идеальную светопередачу 99,7%;
- диффузора (светорассеивателя), который устанавливается в потолке освещаемого помещения.

Сравнение оптических и тепловых характеристик системы и окна, являющегося ее прототипом, дает основание утверждать, что мы имеем дело с принципиально новой технологией, которая позволяет устранить противоречие между величиной светопередачи и теплопроводностью. Система солнечного (естественного) освещения, в отличие от традиционных способов передачи света через светопроемы, обеспечивает максимальную передачу света без потерь в помещения на расстояние до 20-ти метров с минимальным притоком солнечного тепла.

[Программа достижения сорокапроцентной энергоэффективности](#) рассчитана на период окупаемости от 4 до 5 лет, но есть примеры того, что инвестиции в освещение окупаются в среднем за период от 1 до 3 лет. К сожалению, такой относительно эволюционный способ внедрения инновационных источников освещения не подходит для нашей страны. Например, в офисных помещениях, где, казалось бы, проще всего массово произвести замену светильников, плановые замены составляют от 2 до 3% несмотря на то, что экономия света может составить до 70% с помощью не только инновационных источников света, но и с помощью светильников, которые благодаря более серьезным техническим параметрам также будут беречь энергию. Но при самых нехитрых подсчетах становится очевидным, что для перехода на качественно новый уровень освещения нам потребуется 50 лет. Поэтому стоит говорить не об эволюции, а о революции в этой области.

В статье предоставленной проф. **Ю.Б.Айзенбергом** «[Задача стимулирования производства и применения энергоэффективных светотехнических изделий](#)» (doc, 35.5 Kb) предлагается:

- Вести плановый мониторинг муниципальных зданий, школ, вузов, больниц с целью выявления неэффективных осветительных установок и разработки программ их реконструкции.
- Введение системы банковского кредитования реконструкции осветительных установок с выплатой кредитов за счет средств, полученных в результате экономии электроэнергии.
- Выплата части сэкономленных средств (не менее 50%) на протяжении 3-х лет после выплаты кредита банку персоналу зданий и сооружений, обеспечивших реконструкцию осветительных установок и экономию электроэнергии.
- За счет бюджета перевести все государственные учреждения на КЛЛ и ЛЛ Т5 с ЭПРА.
- Освободить производителей КЛЛ и ПРА к ним от НДС.
- Ввести тендерные преимущества при поставках более энергоэффективных светотехнических изделий для бюджетных организаций.
- За счет фонда поддержки малоимущих и пенсионеров старше 65 лет выдавать субсидиантам бесплатно по 3 КЛЛ ежегодно.
- Переводить часть средств, выделенных бюджетом на введение новых генерирующих мощностей на стимулирование производителей КЛЛ.
- Организовать продажу КЛЛ в лизинг.

[Целевая программа «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности в системе наружного освещения Санкт-Петербурга на период до 2015 года»](#) утверждена на заседании городского правительства 27 июля 2010 года. К 2015 году в Санкт-Петербурге установят 14,6 тысяч светодиодных светильников. Программа предусматривает замену 2010 дуговых ртутных газоразрядных ламп (ДРЛ) на дуговые натриевые газоразрядные лампы (ДНАТ) в установках наружного освещения, установку 14638 светодиодных светильников для уличного освещения, установку 2000 светильников ЖКУ нового поколения с улучшенными светотехническими характеристиками меньшей мощности, 2332 электронных блоков пуско-регулирующей аппаратуры, а также 187 стабилизаторов - регуляторов напряжения. К 2012 году город намерен полностью отказаться от использования ДРЛ в системах наружного освещения. Общая стоимость целевой программы на период до 2015 года составляет 486,3 млн.рублей. Предполагается, что эти расходы окупятся за 6 лет. Замена светоисточников, по оценке КЭИО, позволит сократить объем присоединенной мощности на 15,5 МВт, снизить потребление электроэнергии на 48 млн.кВт.ч и обеспечить экономический эффект в размере 32,9 млн.рублей. В августе на рассмотрение правительства будет представлен План мероприятий по энергоэффективности при строительстве и реконструкции наружного освещения парков, садов и скверов Санкт-Петербурга на период до 2020 года.

Китай подал [пример реализации госполитики](#) в сфере энергоэффективного освещения выделив субсидии на покупку 150 миллионов энергосберегающих люминесцентных ламп. Около 30-ти процентов таких ламп будут реализованы среди сельского населения, остальные - в городах. В 2008-2009-м годах по такой программе было реализовано 210 миллионов ламп. Это позволило каждый год экономить по 8 миллиардов 800 миллионов киловатт в час электроэнергии

В.В.Семикашев обратил внимание на несколько аспектов разработки программ повышения эффективности освещения, которые не нашли должного освещения в материалах, предоставленных участниками Тематического сообщества для подготовки обзора.

По его мнению, [в программах](#) целесообразно шире использовать критерии экономической эффективности, а не энергетической эффективности.

[Для бытовых потребителей](#) (населения) лучше использовать освещение на основе ЛН + диммеры (регуляторы электрической мощности используемые для регулировки яркости свечения ламп накаливания или галогенных ламп). Это позволяет продлить срок службы ламп, даёт некоторую экономию энергии. В перспективе возможно применение продвинутых диммеров в сочетании с датчиками движения или датчиками естественного освещения.

В регионах с дефицитом пиковых энерго мощностей энергокомпании могут оценить вклад освещения в пик нагрузки. Если этот вклад значим, то возможно применение программ по субсидированию приобретения КЛЛ и светодиодов, чтобы разменять стоимость снижения пика нагрузки за счет использования энергоэффективных ламп на стоимость возведения новых генерирующих (пиковых) мощностей.

Массовое применение светодиодов и КЛЛ начнется после снижения их стоимости (доведения цены владения до уровня не выше цены владения ЛН). Для КЛЛ к этому условию добавляется необходимость решения вопроса организации их массового сбора для утилизации. Для обоих типов перспективных ламп крайне важны надежные условия эксплуатации – чтобы лампы (источники света) служили заявленные сроки, а не столько же сколько ЛН.

Важно пропагандировать и внедрять правильные проекты освещения – сочетание местного и общего освещения, выбор источников света, что оптимизирует потребляемую на освещение энергию и качество освещения.

[На крупных предприятиях](#) переход на энергоэффективное освещение произойдет под воздействием рынка (цены на электроэнергию и платы за мощность). Государству следует лишь улучшать институциональные условия, а также пропагандировать и стимулировать к переходу на энергоэффективное освещение средние и малые предприятия.

[Для уличного освещения и освещения в сфере ЖКХ](#) важны, прежде всего, комплексные проекты, где сочетаются разные источники света и разные схемы управления освещением в зависимости от конкретных условий.

На уровне государства необходимо создавать коридоры инновационного развития светодиодов для ЖКХ, которые стали бы типовыми вариантами для соответствующих социально-экономических условий конкретного региона, муниципалитета (т.к. существует сильная региональная и муниципальная дифференциация условий).

[Для типовых учреждений культурной, социальной, бюджетной сферы](#) нужны пилотные проекты, их тиражирование в случае успешности.

Самый большой потенциал в 3 последних сегментах. Здесь нужны хорошие типовые проекты и рекомендации, экономия на масштабе закупок осветительных устройств и систем управления, экономия за счет типового проектирования.

Литература и гиперссылки

Электрическое освещение. Справочник Автор: Козловская В.Б. и др. М: Техноперспектива, 2007

[Энергосбережение в освещении](#) / Под ред. проф. Ю.Б. Айзенберга М: Знак, 1999 С 265

[Справочная книга по светотехнике](#) / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. С 74 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. — 972 с: ил.

[Книги по светотехнике и освещению](#) на светотехническом портале ЭкспертЮнион.

Журнал [Светотехника](#)

Журнал [Современная светотехника](#)

Журнал [Полупроводниковая светотехника](#)

Журнал [Магазин Света](#)

[Светотехнический информационный портал](#) (база поставщиков светотехнической продукции по регионам)

[Информационный портал по светотехнической отрасли, представленной на российском рынке](#)

[Светотехнический портал о свете и светодизайне](#)

[«Osveti.Ru - Светотехника России»](#) – светотехнический портал, объединяющий производителей и поставщиков светотехники России и стран СНГ

[Статьи о светодиодах и свете](#)

[Книги о свете](#)