

Лекция 12. Основные пути повышения энергоэффективности зданий. Использование ВИЭ в проектировании зданий. Примеры энергоэкономичных и энергоактивных зданий в современной мировой архитектуре.



Основными путями повышения энергоэффективности зданий являются:

- - экономия энергии, теплоизоляция, использование пассивных энергосистем.
- - использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

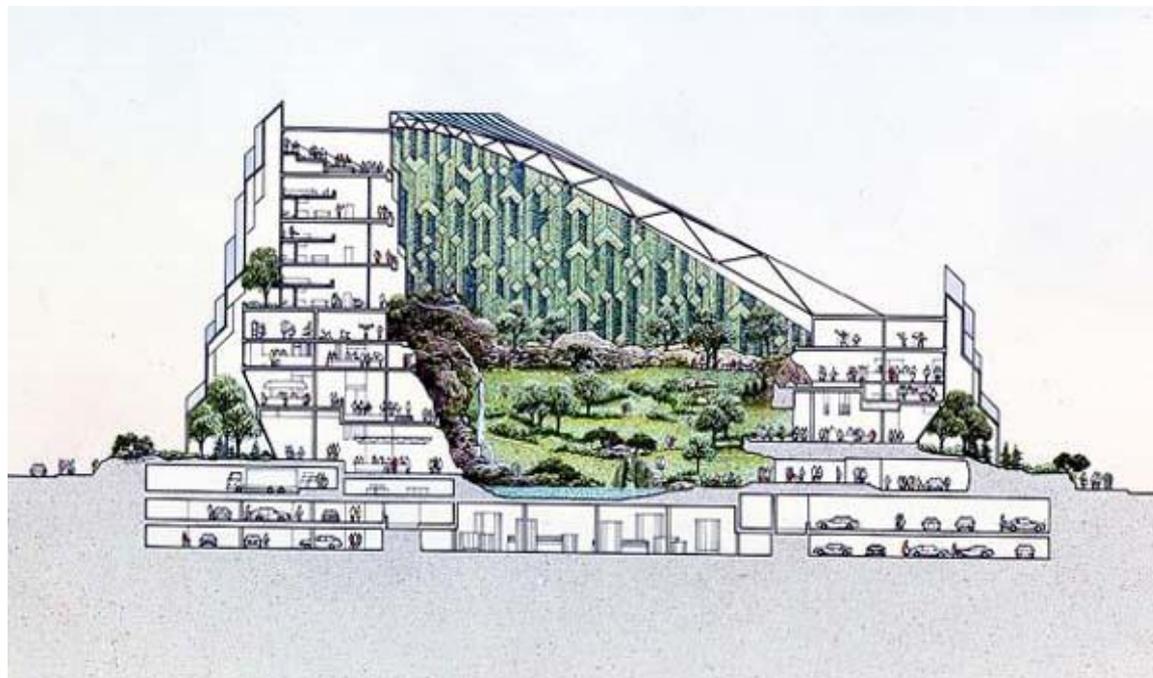
В свою очередь энергоэффективные здания условно подразделяются на:

- - 1.) *энергоэкономичные*, обеспечивающие низкое энергопотребление за счет усовершенствования инженерных решений (к примеру применение системы «умный дом») и наружных ограждающих конструкций (утепление для холодного периода, естественное проветривание для жаркого), а также *оптимизирующих архитектурные решения, выбор форм зданий, направленных на сокращение энергопотерь* (повышение компактности объемов, сокращение площади остекления, применения внутренних дворов и атриумов для естественной вентиляции и энергообмена и др., применение пассивных систем в проектировании энергоэффективных зданий (см. след. лекц. 13 и др.);
- - 2.) *энергоактивные*, ориентированные на эффективное использование энергии внешней среды посредством применения объемно-планировочных параметров и архитектурных форм, направленных на использование ВИЭ.

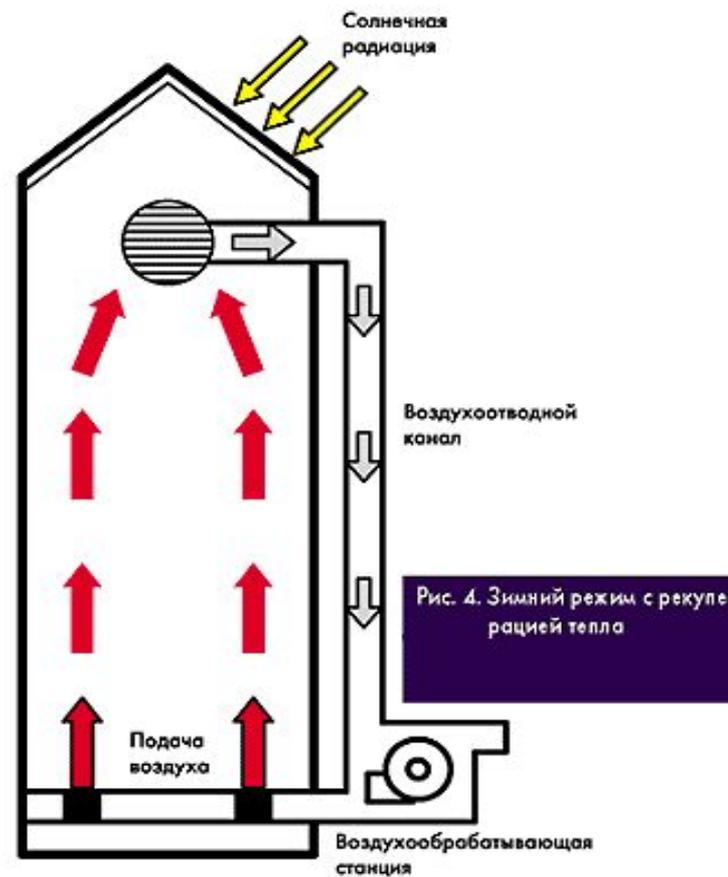
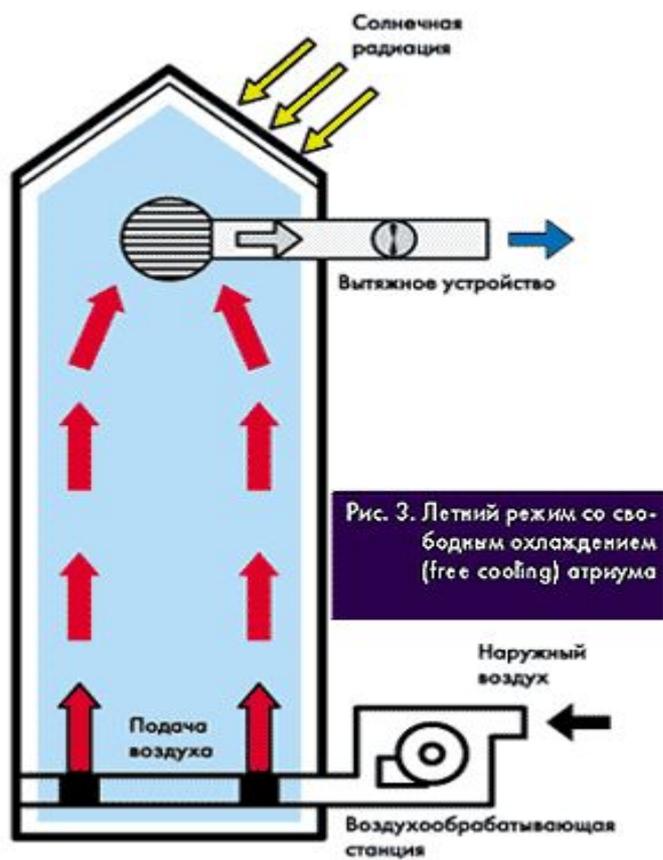
## Климатизация атриумов как энергоэкономичный прием.

- Причину широкого распространения атриумов в странах с холодными климатическими условиями следует искать в насущной потребности создать *комфортное помещение с естественным освещением* в течение круглого года, пригодное для организации торговли, проведения развлекательных мероприятий и т. д. Применение фонарей и остекления большой площади ( в рамках определенных ограничений) позволяет в максимальной степени использовать потенциал солнечной энергии и в *некоторых случаях снижать расходы на организацию отопления*. С одной стороны, успех атриумов можно объяснить предоставляемыми возможностями *энергосбережения и стремлением создать внутри здания "естественные" по освещению и климату условия среды*. С другой стороны, распространение атриумов, безусловно, происходит также по причинам *эстетического характера*.
- Однако задачи по устройству атриумов усложняют жизнь проектировщикам-теплотехникам, так как в расчетах инженерных систем они должны учитывать изменение показателей излучения, конвективного перемещения воздушной массы, а также риски летнего перегрева, иногда превращающего помещения в настоящие парники.
- [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=38](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=38)

Создание атриумного ландшафта предполагает внедрение зелёного компонента в интерьеры здания, создание некой буферной зоны между окружающей средой и внутренней структурой здания. Облик такого озелененного атриума настроит человека на отдых и психологическую разрядку. Хорошим примером такой архитектуры может служить Nichii Obihiro Department Store, Япония (архитектор Эмилио Амбаж)



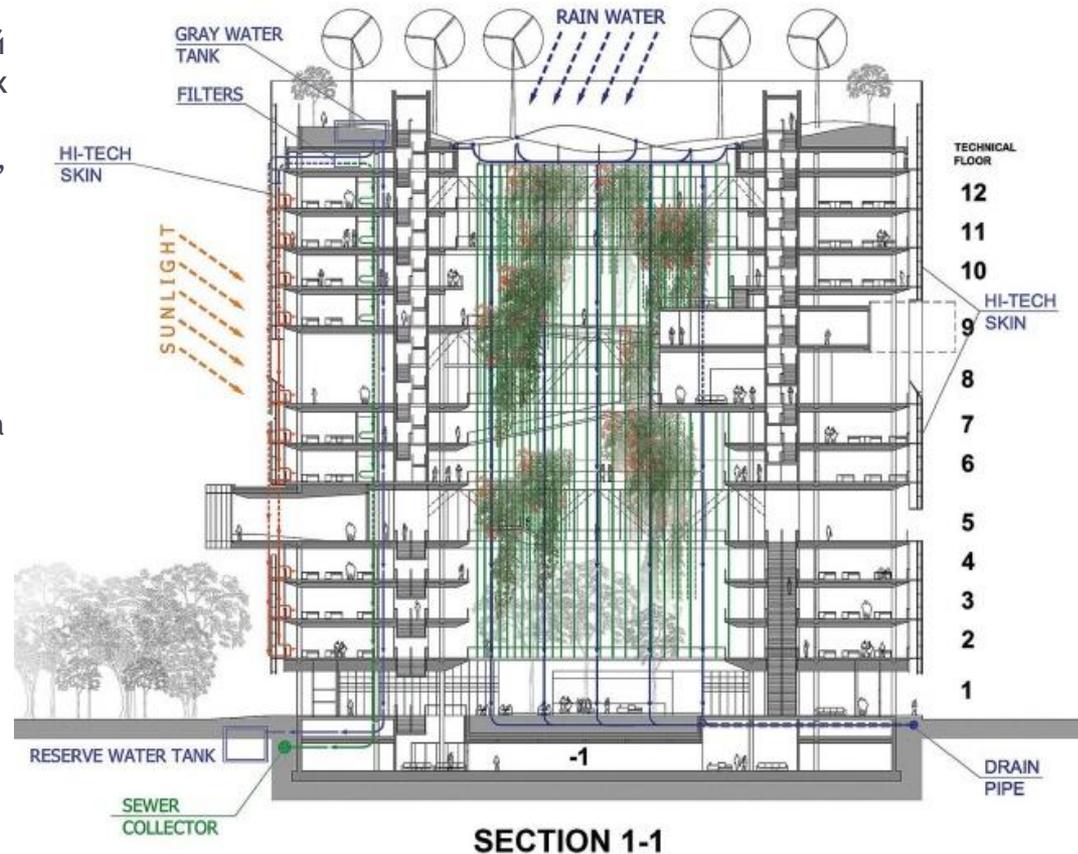
# Климатизация атриумов



Конкурсный проект фак-та ах-ры Дельфтского университета в Нидерландах. Ограждающие конструкции наружных стен - витражное остекление. HI-tech оболочка здания представляет собой солнечный коллектор в виде двух сдвинутых относительно друг друга сетчатых структур, состоящих из полых полупрозрачных трубок, заполненных водой. Вода для коллектора используется дождевая поступающая из водосборных баков на кровле через фильтры. Также эта вода может использоваться в тех. нуждах. Коллектор используется для частичного подогрева в помещениях офисов и студий, а также в качестве защиты от перегрева летом.

Биосистема озеленения атриума В атриуме размещается система вертикального озеленения, закрепленная на тросах. По периметру атриума проходит водоотводной лоток, а в остекленной крыше заложены воронки. Вода, собираемая с поверхности крыши, используется для полива растений в атриуме. Вдоль тросов проходит система капилляров, с помощью которой осуществляется полив.

Озеленение атриума позволяет создать благоприятный микроклимат и сократить расходы на кондиционирование.



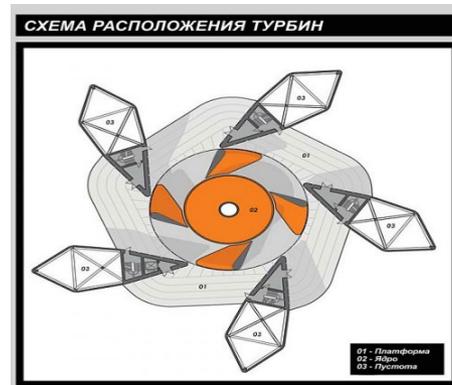
# Энергоактивные здания

ориентированы на **эффективное использование энергетического потенциала внешней среды**, в целях *частичного или полного (автономного) энергообеспечения* посредством комплекса мероприятий, основанных на применении *объемно-планировочных, ландшафтно-градостроительных, инженерно-технических, конструктивных и др. средств, которые предполагают ориентированность пространств, архитектурных форм и планировки на применение возобновляемых источников энергии* внешней среды (энергию солнца, ветра, водных потоков, биомассы, геотермальной энергии и др.)

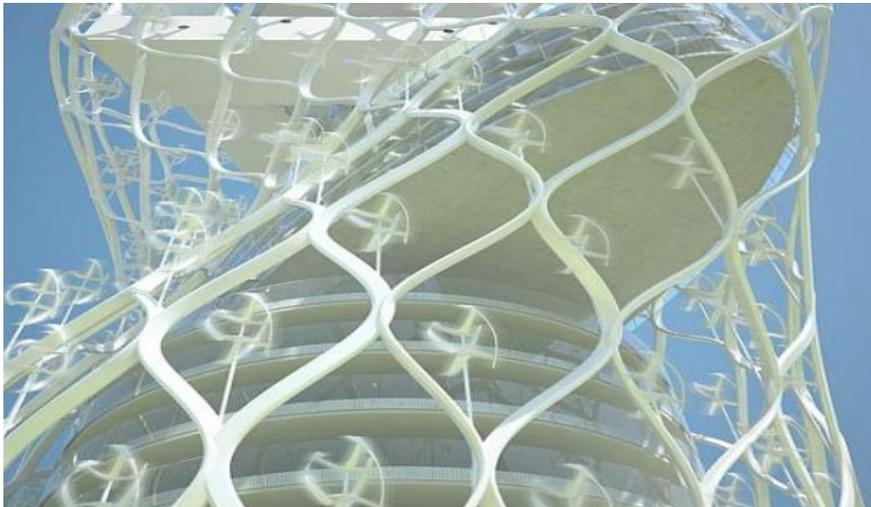
# Здания использующие ВИЭ (энергоактивные).



- Британские архитекторы Дэвид Арнольд и Алекс Рацлафф считают, что небоскреб — это идеальное место для установки ветровых турбин.
- Архитекторы разработали спиральное мега-строение, которое использует ветер как возобновляемый источник энергии для выработки электричества. Здание было названо Ветровая Башня. Небоскреб имеет специальную аэродинамическую форму для эффективного использования преобладающих ветров.



## Здания использующие ВИЭ (энергоактивные).



- Компания NL Architects выступила со своим проектом Tower of Power на проводимом в Тайване конкурсе Taiwan Tower Competition. Проект предполагает постройку 300-метровой башни для целей зрелищ и отдыха. Кроме того, в башне имеется 2 000 ветровых турбин в форме цветов, которые генерируют суммарную мощность до 8 МВт. Турбины умело замаскированы в общий вид здания. Башня является ярким примером того, как могут выглядеть электростанции будущего.

## Здания использующие ВИЭ (энергоактивные).



- В Дежоу, Область Шангдонг в северо-западном Китае было представлено самое большое в мире офисное здание на солнечной энергии. Офисное здание площадью 75 000 квадратных метров имеет сходство с древними дисками солнца и напоминает посетителям о важности возобновляемых источников энергии.

В здании будут расположены выставочные центры, помещения для научных исследований, учебные площадки и экологичный отель. Спроектированные и построенные здания в виде рядов олицетворяют Солнце и Луну, в то время как белая облицовка символизирует экологически чистую энергию. В дополнение к массивной солнечной батарее зеленые идеи были применены и в течение строительного процесса. Современная крыша и системы изоляции стен уменьшают расход энергии более чем на 30 % по сравнению с национальным стандартом энергосбережения. Здание будет главным местом встречи для 4-ого Мирового конгресса по солнечной энергии.

## Здания использующие ВИЭ (энергоактивные).



- всемирный торговый центр в Бахрейне
- башня «жемчужная река» (Гуанчжоу китая)

# Преимущества энергоактивных зданий.

- Энергоактивные здания используют ВИЭ и производят энергию *непосредственно на объекте, отказываясь от дорогостоящих, существенно загрязняющих окружающую среду и далеко ненадежных в эксплуатации внешних инженерных систем.* Исключение энергообеспечения от внешних инженерных сетей, дает также дополнительную экономию от значительных потерь энергии при ее транспортировке. *Суммарная величина этих и других экономических выигрышей, соотнесенная со стоимостью альтернативных источников энергии, определяют в итоге **целесообразную степень энергоактивности** проектируемого здания.*
- Практика показывает, что в современных условиях далеко не всегда экономически оправдано *полное замещение традиционных энергоносителей возобновляемыми*; в большинстве случаев это объясняется недостаточно высоким к.п.д. (солнечные батареи, ветрогенераторы и др.), имеющихся сегодня технологических средств, использующих ВИЭ *при довольно значительной их стоимости.* Поэтому, наиболее целесообразными признаются разнообразные **комбинированные схемы** энергоснабжения, *сочетающие использование альтернативных возобновляемых и традиционных видов энергии.*

# Типы зданий по энергоактивности

- Мощность и доступность имеющихся на месте проектирования и строительства возобновляемых природных и других (традиционных) энергетических ресурсов, производительность и стоимость средств их использования определяют целесообразную степень энергоактивности объекта.

По этому признаку различают здания:

- с малой энергоактивностью (замещение до 10% энергопоступлений);
  - со средней энергоактивностью (замещение 10 - 60%);
  - с высокой энергоактивностью (замещение более 60%);
  - энергетически автономные (замещение 100%);
  - с избыточной энергоактивностью (энергопоступления от возобновляемых источников превышают потребности здания и позволяют передавать излишки энергии другим потребителям).
- Экспериментальное строительство 1970 -1980-х годов показало, что экономически эффективными (по соотношению цена/ производительность), а следовательно, наиболее популярными сегодня и на видимую перспективу стали здания со средней энергоактивностью, в которых энергией возобновляемых природных источников обеспечивается от 40% до 60% общей потребности. (Н. П. Селиванов, А. И. Мелуа, С. В. Зоколей)



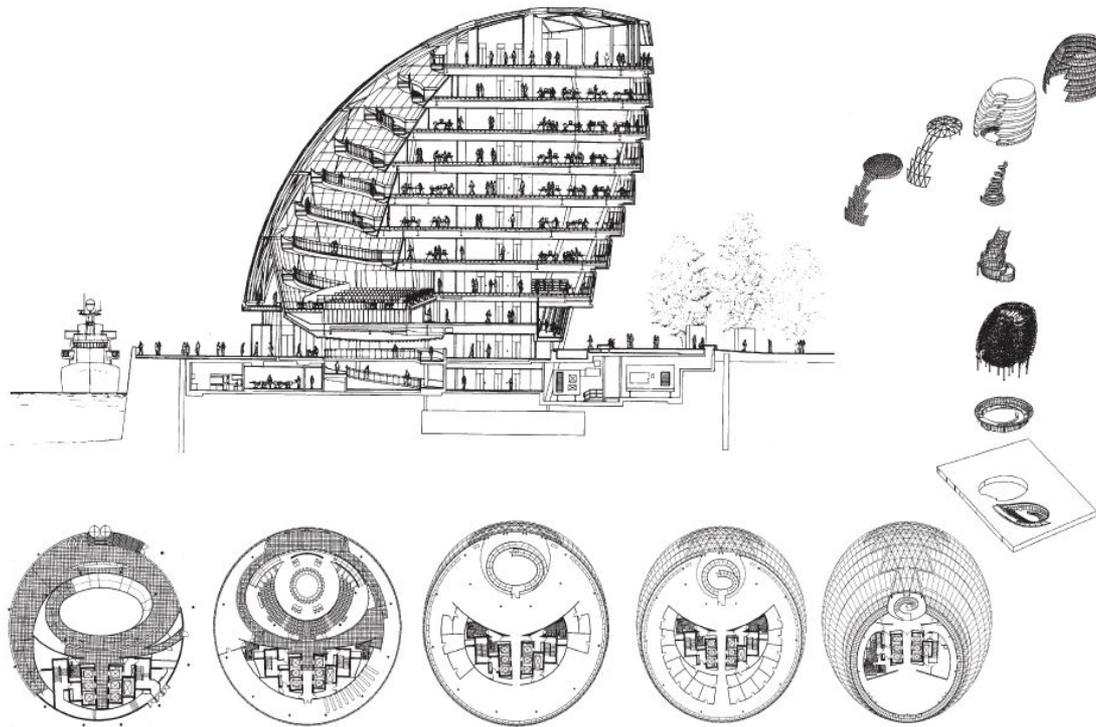
- Уже более десяти лет в Фрайбурге (Германия) возводятся не только энергоэффективные и пассивные здания, но и целые кварталы энергоактивных домов, динамично развиваются самые передовые технологии солнечной энергетики.
- **Квартал Вобан: на энергии Солнца**
- Одним из первых экорайонов стал квартал Ваубан (Vauban) в немецком Фрайбурге. Это замечательный образец **редевелопмента**. Бывшая французская военная база, которая после вывода войск стала прибежищем хиппи и анархистов, была перестроена в удобное и современное жилье нового формата. Стройка была завершена в 2000 году. Однако проект продолжается: поставлена задача, чтобы к 2040 году район полностью обеспечивал себя солнечной энергией.



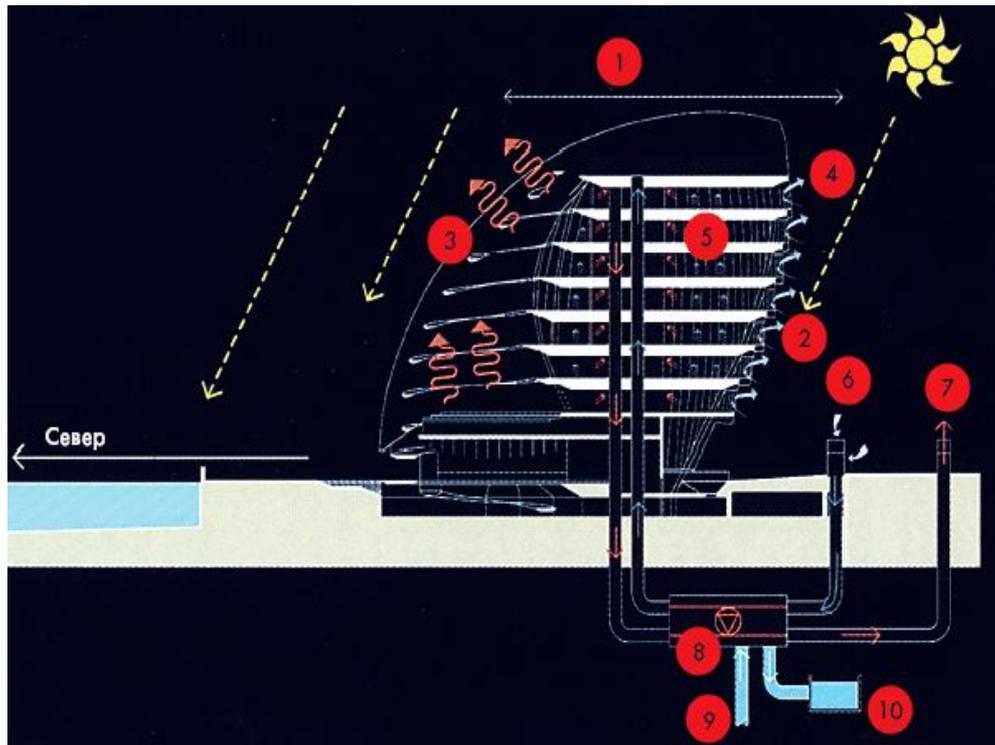
- В 2002 году в Лондоне, на берегу Темзы, было закончено строительство нового здания мэрии Большого Лондона. Проект Н.Фостера.
- Здание мэрии («London City Hall», иначе называемое «GLA Building») имеет необычную форму, несколько напоминающую яйцо, причем в своей нижней части диаметр этого гигантского «яйца» меньше, чем в самой широкой средней части. Верхняя часть здания имеет заметный наклон на южную сторону (17 градусов). **Эта форма была выбрана, во-первых, по соображениям минимизации теплопотерь через оболочку здания, а во-вторых, для оптимизации энергетического воздействия наружного климата на здание.**

## Энергоэффективные решения, реализованные в здании мэрии в Лондоне

- - Выбор формы здания, обеспечивающей минимальные теплопотери в холодный период и минимальные теплопоступления в теплый период года.
- - Использование *элементов наружных ограждающих конструкций в качестве солнцезащитных устройств* для снижения теплопоступлений с солнечной радиацией в теплый период года.
- - Широкое применение светопрозрачных наружных ограждающих конструкций для *использования в здании преимущественно естественного освещения.*
- - Выбор высокоэффективной теплоизоляции и использование светопрозрачных ограждающих конструкций *с повышенными теплозащитными характеристиками* (сопротивление теплопередаче светопрозрачных элементов наружных ограждающих конструкций составляет  $0,83 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , непрозрачных ограждающих конструкций –  $5,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ).
- - Использование в теплый период года главным образом *естественной вентиляции посредством двойных вентилируемых фасадов.*
- - *Утилизация тепла удаляемого воздуха* для подогрева приточного воздуха.
- - Применение *охлаждающих потолков* вместо традиционной системы кондиционирования воздуха.
- - Использование *низкотемпературных грунтовых вод* в качестве источника холодоснабжения.
- - Применение в системе водяного отопления насосов с *автоматически регулируемой скоростью вращения* для снижения затрат энергии и получения комфортной температуры воздуха в обслуживаемых помещениях.
- - Использование системы автоматизации и управления зданием (Building Management System, BMS) для *поддержания комфортных параметров микроклимата в помещениях и энергосбережения.*

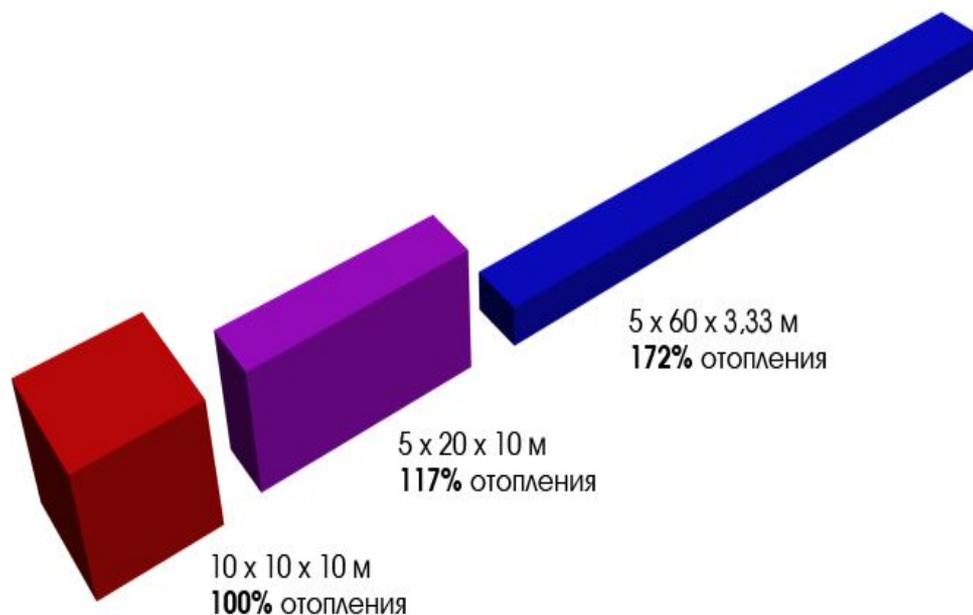


- Для определения формы, ориентации и размеров здания использовались методы компьютерного моделирования. Были построены математические модели нагрузки на систему климатизации в летний и зимний период с учетом теплопотерь и теплопоступлений через оболочку здания. Учитывалось направленное влияние наружного климата на оболочку здания.

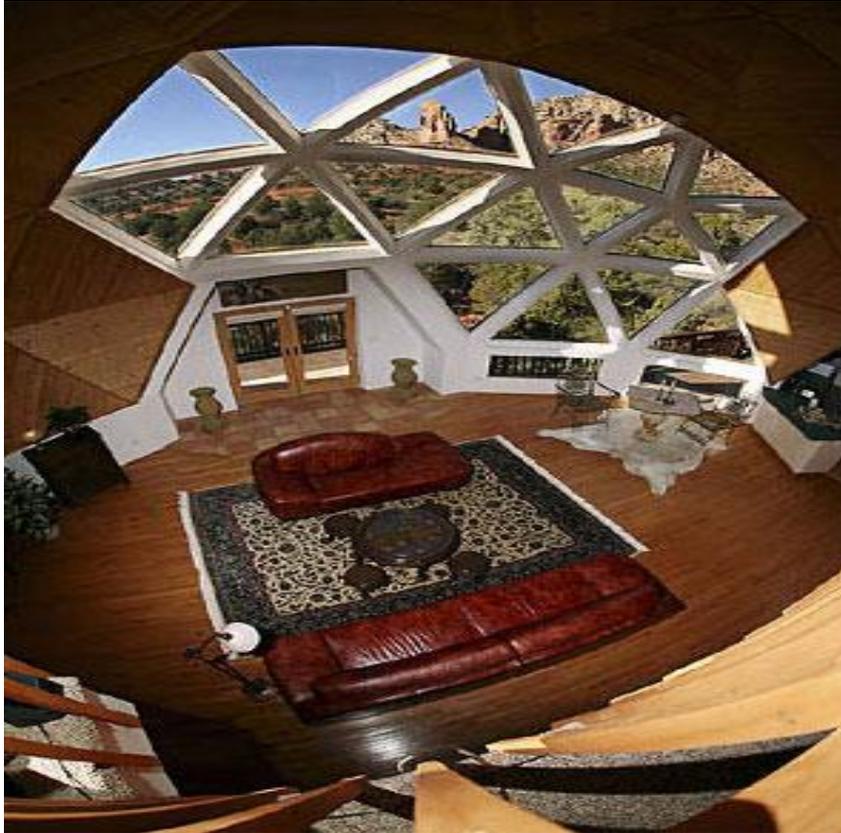


- 1 – минимальная площадь поверхности, на которую воздействует солнечная радиация;
- 2 – использование элементов наружных ограждающих конструкций в качестве солнцезащитных устройств;
- 3 – большая площадь остекления с северной стороны, не подверженной воздействию прямой солнечной радиации;
- 4 – возможность естественного проветривания офисных помещений через открываемые окна;
- 5 – охлаждение воздуха в помещениях посредством охлаждающих потолков;
- 6 – наружный воздух;
- 7 – удаляемый воздух;
- 8 – центральная установка механической приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией тепла;
- 9 – скважина низкотемпературных грунтовых вод;
- 10 – сборный резервуар

## Оптимизация тепловых потерь в здании прямоугольной формы



- При одинаковой толщине стен и способе укладки одинаковой теплоизоляции *трехэтажное здание кубической формы теряет тепла намного меньше, чем вытянутое одноэтажное строение*, отопить которое зимой, кажется, не представляется возможным. Недаром говорят, что в одноэтажных бараках жить невозможно - летом слишком жарко, а зимой - очень холодно. Это обусловлено в первую очередь особенностями геометрии стен и крыши длинного одноэтажного барака.
- Вышесказанное объясняет высокую популярность почти квадратных в основании или прямоугольных не сильно вытянутых форм домов с 2-3 этажами в массовом частном строительстве. По массовому "народному" опыту, именно такие реально эргономичные и более экономичные формы позволяют *минимизировать затраты не только на проект и строительство, но и на отопление частного дома*. Они позволяют сохранять *равномерное тепло в доме даже холодной морозной зимой при минимуме расхода топлива*



- Форма сооружения является одним из ведущих факторов при определении его энергоэффективности. Во многом от общей площади поверхности ограждений зависят теплопотери.
- *Геодезический купол* не нуждается в несущих стенах для поддержки перекрытия. Особенности распространения света и звука, эргономические достоинства, нетрадиционные для жилища своды, напоминающие храмовые, свежие идеи в дизайне всех элементов интерьера и, разумеется, **энергоэкономичность** также повышают ценность **дома-купола**.



Курортный купольный городок в Японии, о.Кюсю

- Купол - очень устойчивая и крепкая конструкция. За счет прочности наружного каркаса и отсутствия несущих стен внутреннее пространство дома хорошо поддается свободной планировке. Обтекаемость строения позволяет длительно сохранять стабильную температуру внутри дома, а также избавляет от сквозняков. Эта форма способствует *равномерному распределению всякой волновой энергии - звука, света и тепла.*

# Литература:

- 1. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика. – СПб., 2006. – 400 с.
- 2. Рылевский, Евгений. Энергия для человека. Современная конструкция здания с низким потреблением энергии / Пер. с англ. (напечатано в Польше. KLIMIUK, ISBN-83-917314-5-6).
- 3. Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002.
- 4. Ю. А. Табунщиков. Основы математического моделирования теплового режима здания как единой энергетической системы: Дис. д-ра техн. наук. М.: НИИСФ, 1983.
- 5. Данилевский, Л.Н. Особенности проектирования и длительность отопительного периода энергоэффективных зданий // Строительная наука и техника. – 2008. – № 1. – С. 35–42.