

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**А.И. Мартыненко, И.А. Мартыненко, А.Л. Сафонов**

Реформирование программ в сфере градостроительства  
на пространстве Восточного соседства

## **УМНАЯ ЗАСТРОЕННАЯ СРЕДА**

Составитель (название университета, страна): МГИУ, Россия  
Дата (2014.01.09)

Москва 2015

УДК 001.891  
ББК 72в6П78  
М29

*Рецензенты:*

*Резчиков Евгений Алексеевич, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности и промышленной экологии  
ФГБОУ ВПО "МГИУ", проф., к.т.н.*

*Трифенова Т.А. доктор биологических наук, профессор,  
МГУ им. Ломоносова, факультет почвоведения*

**Мартыненко А.И., Мартыненко И.А., Сафонов А.Л.**

**М29** Умная застроенная среда: справочник модуля / под общ. ред. А.Л. Сафонова. – М.: МГИУ, 2015.– 144 с.

ISBN 978-5-2760-2354-0

Учебное пособие рассматривает вопросы использования и практического применения знаний о концепции «умный город», в том числе проблем энергосбережения и энергоэффективности. Курс подготовлен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям: менеджмент, автоматизация, управление в технических системах, охрана окружающей среды.

Это исследование было проведено при поддержке проекта CENEAST (реформирование учебных программ застроенной среды в Восточном соседстве), финансируемого при поддержке Европейской комиссии. Выводы и мнения, представленные в настоящем документе, отражают только точку зрения авторов, и Комиссия не может нести ответственность за любое использование информации, содержащейся в нем.

**УДК 001.891**

**ББК 72в6П78**

ISBN 978-5-2760-2354-0

© МГИУ, 2015  
© Мартыненко А.И.,  
Мартыненко И.А.,  
Сафонов А.Л., 2015  
© Сафонов А.Л.,  
общ. редакция, 2015

## Содержание

Содержание .....	3
1 Введение .....	5
2 Описание модуля.....	5
3 Цели и предполагаемые результаты обучения .....	6
3.1 Цели модуля.....	6
3.2 Результаты обучения.....	6
Календарный план семестра и структура модуля .....	7
4 Формы обучения .....	7
5 Порядок проведения аттестации.....	8
6 Обратная связь.....	10
7 Преподавательский состав и вспомогательные источники.....	12
8 Учебная программа и материалы.....	12
8.1 Тема лекции 1: Современные проблемы застроенной среды .....	12
8.1.1 Введение в лекцию.....	12
8.1.2 Цель и основные результаты обучения.....	13
8.1.3 Конспект лекции и раздаточные материалы.....	13
8.1.4 Практические вопросы и решения.....	13
8.1.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	28
8.2 Тема лекции 2: Понятие и специфика идеологии «умная застроенная среда» .....	29
8.2.1 Введение в лекцию.....	29
8.2.2 Цель и основные результаты обучения.....	29
8.2.3 Конспект лекции и раздаточные материалы.....	29
8.2.4 Практические вопросы и решения.....	29
8.2.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	37
8.3 Тема лекции 3: Проблема энергосбережения застроенной среды .....	38
8.3.1 Введение в лекцию.....	38
8.3.2 Цель и основные результаты обучения.....	38
8.3.3 Конспект лекции и раздаточные материалы.....	38
8.3.4 Практические вопросы и решения.....	55
8.3.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	55
8.4 Тема лекции 4: Роль возобновляемых источников энергии в энерго- и теплоснабжении застроенной среды .....	56
8.4.1 Введение в лекцию.....	56
8.4.2 Цель и основные результаты обучения.....	56
8.4.3 Конспект лекции и раздаточные материалы.....	57
8.4.4 Практические вопросы и решения.....	57
8.4.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	72
8.5 Тема лекции 5: Градостроительные и архитектурно-планировочные решения в энергосбережении застроенной среды .....	73
8.5.1 Введение в лекцию.....	73

8.5.2	Цель и основные результаты обучения.....	73
8.5.3	Конспект лекции и раздаточные материалы.....	73
8.5.4	Практические вопросы и решения.....	73
8.5.5	Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	87
8.6	Тема лекции 6: Энергосберегающие строительные системы.....	89
8.6.1	Введение в лекцию.....	89
8.6.2	Цель и основные результаты обучения.....	89
8.6.3	Конспект лекции и раздаточные материалы.....	89
8.6.4	Практические вопросы и решения.....	89
8.6.5	Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	106
8.7	Тема лекции 7: Энергосберегающие инженерные системы. Концепция «умного» дома.....	107
8.7.1	Введение в лекцию.....	107
8.7.2	Цель и основные результаты обучения.....	107
8.7.3	Конспект лекции и раздаточные материалы.....	108
8.7.4	Практические вопросы и решения.....	108
8.7.5	Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	116
8.8	Тема лекции 8: Мониторинг тепловых потерь методами дистанционного зондирования Земли.....	117
8.8.1	Введение в лекцию.....	117
8.8.2	Цель и основные результаты обучения.....	118
8.8.3	Конспект лекции и раздаточные материалы.....	118
8.8.4	Практические вопросы и решения.....	118
8.8.5	Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	125
8.9	Тема лекции 9: Концепция доступной среды в умном городе.....	127
8.9.1	Введение в лекцию.....	127
8.9.2	Цель и основные результаты обучения.....	127
8.9.3	Конспект лекции и раздаточные материалы.....	127
8.9.4	Практические вопросы и решения.....	127
8.9.5	Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	133
8.10	Тема лекции 10: Достоинства, недостатки и перспективы концепции умной застроенной среды.....	134
8.10.1	Введение в лекцию.....	134
8.10.2	Цель и основные результаты обучения.....	134
8.10.3	Конспект лекции и раздаточные материалы.....	135
8.10.4	Практические вопросы и решения.....	135
8.10.5	Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека).....	141

## 1 Введение

Дисциплина знакомит с понятиями, *теориями и мнениями в области* «умная застроенная окружающая среда» и проблемами энергосбережения застроенной окружающей среды. Изучаются мероприятия, необходимые для преодоления барьеров для повышения энергоэффективности застроенной окружающей среды, *проблемы* урбанизации и разрушения природных экосистем, творческие, социальные и инновационные возможности взаимодействия в области эффективности энергоснабжения и энергопотребления застроенной окружающей среды будущего. Дается углубленное изучение *индикаторов энергопотерь* на макро- (город), мезо- (городской район) и микроуровне (здание), в частности основ *спутниковых систем, датчиков* (космические измерительные методы инфракрасного теплового диапазона при мониторинге энергоэффективности застроенной среды, системы GPS-навигации, датчики температуры, датчики здания), *аналитических материалов* (алгоритмов, замкнутых систем, оптимизации потребления, определение местоположения) и *услуг* (услуги по определению местоположения, умные электросети, обеспечение безопасности) в области энергосбережения умной застроенной среды. Студенты будут изучать и использовать на практике методы оценки энергопотерь методами дистанционного зондирования Земли и т.д.

## 2 Описание модуля

Название специальностей: Охрана окружающей среды. Менеджмент, Автоматизация

Уровень: Магистратура

Название модуля: Умная застроенная среда

Количество кредитных единиц: 4

Номер семестра: 1

Примерное количество часов: 107 (Литва); 140 (Беларусь)

Преподаватели: ...

### **3 Цели и предполагаемые результаты обучения**

#### **3.1 Цели модуля**

Цель модуля – ознакомить студентов с концепцией умной застроенной среды и ее роли в энергосбережении. Студенты получают достаточно глубокие знания для того, чтобы иметь возможность применять интегрированные методы анализа, современные системы поддержки принятия решений, интерпретировать результаты и обеспечить обратную связь в принятии решений.

#### **3.2 Результаты обучения**

##### **Знания и их применение**

После успешного завершения этого модуля студент сможет:

- Объяснять и применять концепции, теории и перспективы развития умной застроенной среды;
- Анализировать возможности и перспективы энергосберегающих технологий;
- Подробно рассказывать об угрозах и возможностях застроенной среды завтрашнего дня;

##### **Научно-исследовательские навыки**

После успешного завершения этого модуля студент сможет:

- Использовать современные методы дистанционного зондирования для анализа теплопотерь, с тем чтобы выполнить исследование и подготовить обоснованные решения;
- сравнивать, анализировать, оценивать имеющиеся альтернативы в вопросах энергосбережения.

##### **Специальные способности**

После успешного завершения этого модуля студент сможет:

- Выполнение комплексного анализа проектов умная застроенная среда;

##### **Социальные способности**

После успешного завершения этого модуля студент сможет:

- На основе полученных знаний самостоятельно принимать решения, продемонстрировать мотивированное и ответственное отношение к его / ее профессии.

## Личные качества

После успешного завершения этого модуля студент сможет:

- Индивидуально и ответственно решать проблемы, оценить влияние решений на окружающую среду;
- Участвовать в групповых обсуждениях и презентациях через Интернет;
- Индивидуально изучать литературу, самостоятельно выбирать направление самосовершенствования и самостоятельно проводить дальнейшие научные исследования и обучение.

## Календарный план семестра и структура модуля

Номер недели	Тема лекции
1	Современные проблемы застроенной среды
2	Понятие и специфика идеологии «умная застроенная среда»
3	Проблема энергосбережения застроенной среды
4	Роль возобновляемых источников энергии в энерго- и теплоснабжении застроенной среды
5	Градостроительные и архитектурно-планировочные решения в энергосбережении застроенной среды
6	Энергосберегающие строительные системы
7	Энергосберегающие инженерные системы. Концепция «умного» дома
8	Мониторинг тепловых потерь методами дистанционного зондирования Земли
9	Концепция доступной среды в умном городе
10	Достоинства, недостатки и перспективы концепции умной застроенной среды

## 4 Формы обучения

Основной материал модуля представляют собой конспекты лекций и задания преподавателей, расположенных на платформе Moodle. Они включают в себя интерактивные задания для промежуточной оценки знаний как преподавателем, так и самим студентом (самооценка). Студентам предлагаются ссылки на дополнительные материалы в сети

Интернет, например, базы данных, включая ScienceDirect, Scopus, электронные библиотеки и т.д.

На сайте проекта TEMPUS (<http://www.ceneast.com>) представлены видеоматериалы с помощью которых студентам предлагается выполнить практические работы в процессе выполнения домашних, курсовых работ и заключительной работы.

Преподавание происходит посредством модерации групповых обсуждений через Интернет/Skype или WebEx (50% оценки составляют навыки межличностного общения) на форуме с целью подготовки письменных работ. Кроме того, для большей сплоченности группы, нивелирования «изоляции» обучаемых в процессе дистанционного обучения, реализации возможностей проявления и тренировки навыков аргументирования, а также для поддержания обратной связи студенты будут приглашаться для участия в онлайн-дискуссиях, взаимной оценке и групповой работе (участие в форумных обсуждениях обязательно).

Все студенты будут использовать виртуальную среду Moodle в процессе обучения. Программы используют стратегию электронного обучения для передачи данных. Метод основан на следующих принципах:

1. Высококачественное интегрированное содержание модуля, сочетающее в себе разнообразные виды информации для достижения целей модуля;
2. Коммуникация и предоставление работ для оценки через Интернет;
3. Онлайн поддержка преподавателя в ходе изучения модуля.

Для решений практических занятий студенты будут использовать компьютерные системы обучения, которые представлены на сайте проекта TEMPUS (<http://www.ceneast.com/>).

## 5 Порядок проведения аттестации

Экзамен, курсовая работа

Итоговая оценка выставляется по результатам применения знаний студентов на практике и подготовки курсовой работы (6000 слов), применения критического анализа застроенной среды с точки зрения различных аспектов с помощью компьютерных систем обучения.

**График проведения аттестации в учебном году**

Номер недели	Форма контроля знаний
13	Курсовая работа
16	Экзамен (е-тест)



## **Процедура и основные принципы проведения экзамена**

- Экзамен предназначен для проверки понимания концепции рассматриваемого предмета. Очевидно, что студенты не должны запрашивать или принимать любую помощь (подсказки) во время экзамена.
- Экзамен организуется через Интернет с помощью системы электронной экспертизы. Тест будет состоять из 20 вопросов, требующих ответа он-лайн в Интернете.
- Методы оценки курсовой работы: проблемные вопросы, вопросы, которые требуют коротких ответов, он-лайн дискуссии, экспертные оценки.

## **Инструкции по предоставлению аттестационных оценок и крайние сроки их предоставления**

Должны соблюдаться следующие рекомендации при оценке работ (курсовых работ):

- Сроки предоставления работ должны соблюдаться, за исключением случаев продления сроков руководителем программы. Продление сроков сдачи материалов возможно только в исключительных случаях, таких как болезнь или непредвиденные обстоятельства.
- Оцениваемая курсовая работа предоставляется через Moodle в одном экземпляре в виде электронной копии.
- Файлы электронных копий должны быть представлены через Moodle в указанные сроки (неделя № 13) в формате DOC (MS Word) или PDF. Электронные копии, предоставленные в иных форматах не будут оцениваться.
- Каждая курсовая работа будет строго проверяться программным обеспечением для обнаружения плагиата.

## **Взыскания за позднее выставление аттестации**

Штрафы за несвоевременное представление материалов должны составлять 5% от общей величины возможной оценки для этой задачи за каждый день задержки или часть дня, максимум до пяти (5) рабочих дней после истечения срока.

Материалы не будут приняты к оценке после того как:

- прошел пятый (5-е) рабочий день после установленной даты, или
- замечания по работе были возвращены преподавателем какому-либо студенту.

Несвоевременное представление онлайн экзаменов не допускается.

### Методика расчета оценки за модуль

$$M = 0.7C + 0.3(y_1 + y_2 + \dots + y_{20}),$$

где: C – оценка за курсовую работу;  $y_1, y_2, \dots, y_{20}$  – оценка за каждый из 20 вопросов теста, правильный ответ равен 0,5 баллам.

## 6 Обратная связь

### Право на обратную связь по оцененной работе

Все студенты будут обеспечены обратной связью (замечаниями и комментариями) на экзамены и курсовые работы. Обратная связь будет индивидуальной (определение конкретных вопросов, связанных с работой конкретного студента) и обобщенной (ссылаясь на общие моменты, касающиеся оценки в целом и вытекающие из обзора работ студенческой группы в целом).

### Обратная связь по оценке курсовых работ и экзаменов и процедура ее осуществления

- **Обратная связь по экзаменам**

Обратная связь на экзаменах будут обеспечены системой электронного тестирования сразу после завершения испытания. В случае неправильных ответов студенты будут отосланы к учебным материалам в целях повышения их знаний.

- **Обратная связь по курсовой работе**

Обратная связь будет обеспечиваться как можно скорее после того, как студент выполнил оцениваемую курсовую. Обратная связь по оценке будет дана в течение 5 рабочих дней с даты представления работы.

### Образец обратной связи (курсовая работа)

МОДУЛЬ и ИНТСРУМЕНТ ОЦЕНКИ	КОММЕНТАРИИ
<b>Задачи оценки:</b> Формирующее оценивание или Итоговое оценивание	

<b>Критерии оценки:</b>	1.  2.  3.
<b>Представление оценки:</b> (Оценка)	
<b>Текстовые комментарии:</b>	
<b>Для дальнейшего изучения:</b>	
<b>Комментарии студента:</b>	
<b>Ответ научно-педагогического персонала:</b>	

### Временные рамки

Обратная связь (замечания и комментарии) по итоговой оценке будет дана в течение 5 рабочих дней после завершения периода экспертизы.

## **Контактная информация по оказанию консультационной помощи ключевых специалистов**

Ассистент. Ирина А. Мартыненко, E-mail: [martynenko.irina@gmail.com](mailto:martynenko.irina@gmail.com)

## **7 Преподавательский состав и вспомогательный персонал**

### **Ответственность преподавателей, руководителей программы и вспомогательного персонала**

Ключевой обязанностью преподавателя является представить модуль в соответствии со спецификацией модуля.

Основными обязанностями координатора модуля являются:

- планирование модуля и внесение изменений в модуль;
- координирование и управление преподаванием модуля;
- координация просмотра модуля студентами.

Ключевыми обязанностями руководителя программы являются:

- ежедневное управление учебным процессом по программе;
- гарантирование положительного опыта обучения студентов;
- мониторинг, обзор и улучшение содержания программы и осуществления процесса обучения.

Вспомогательный персонал повысит студенческий опыт, предоставляя персональную наставническую помощь студентам: либо непосредственно, либо путем задания студентам ориентиров и ссылок на другие источники поддержки, если это необходимо.

### **Контактная информация преподавателей, руководителей программы и вспомогательного персонала**

Руководитель программы: Мартыненко Анатолий Иванович [mart@msiu.ru](mailto:mart@msiu.ru)

Преподаватели:

Мартыненко Анатолий Иванович [mart@msiu.ru](mailto:mart@msiu.ru)

Мартыненко Ирина Анатольевна [martynenko.irina@gmail.com](mailto:martynenko.irina@gmail.com)

## **8 Учебная программа и материалы**

### **8.1 Тема лекции 1: Современные проблемы застроенной среды**

#### **8.1.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с современным состоянием урбанизации, ее проблемами на настоящем этапе развития.

### **8.1.2 Цель и основные результаты обучения**

Целью обучения по этой теме является изучение понятия урбанизация и основных проблем застроенной среды:

- Застроенная среда как искусственная экосистема;
- История и прогноз развития урбанизации;
- Проблема земельных ресурсов;
- Загрязнение окружающей среды;
- Растущее ресурсопотребление;

Предполагаемые основные результаты обучения соответствуют выше предусмотренным целям.

### **8.1.3 Конспект лекции и раздаточные материалы**

#### **Тема лекции 1: Современные проблемы застроенной среды**

- **Застроенная среда как искусственная экосистема;**
- **История и прогноз развития урбанизации;**
- **Ресурсопотребление и ресурсосбережение застроенной среды**
- **Концепция устойчивого развития застроенной среды.**

#### **Современные проблемы застроенной среды**

- Застроенная среда как искусственная экосистема;
- История и прогноз развития урбанизации;
- Ресурсопотребление и ресурсосбережение застроенной среды
- Концепция устойчивого развития застроенной среды.

#### **Застроенная среда как искусственная экосистема**

Город – это экологическая система, созданная людьми. Основным представителем биоты города является человек. Человек доминирует над другими организмами – растениями, животными, птицами, насекомыми, микроорганизмами, которые также обитают на городской территории.

Абиотическую составляющую городской экосистемы представляет городская среда. Городской средой в градостроительстве принято называть совокупность градостроительных объектов и объектов городских инфраструктур, образующих архитектурно-планировочную структуру города. Функцией ее является удовлетворение функционально-утилитарных и художественно-эстетических потребностей человека. Функционально-утилитарные потребности обеспечивает так называемая в теории градостроительства функциональная система организации городской среды.

Это организация труда и быта населения, санитарно-гигиеническое благоустройство и др. Композиционная система организует художественно-эстетические потребности человека.

В экологии понятие «городская среда» рассматривается шире. Городская среда является, по сути, окружающей средой в пределах территории города. Определение «окружающая среда» дано в федеральном законе «Об охране окружающей среды» (2002 г.). Используем аналогичное определение для понятия «городская среда». *Городская среда* – это совокупность антропогенных объектов, компонентов природной среды, природно-антропогенных и природных объектов.

Антропогенные объекты искусственной городской среды занимают основную часть территории города. К ним относятся жилые, общественные и промышленные здания, улицы, магистрали, площади, подземные переходы, стадионы, телебашни и другие сооружения. К числу антропогенных объектов относятся также транспортные и другие передвижные и технические средства. Антропогенные объекты делятся на градостроительные, производственные и объекты городских инфраструктур: транспортной, инженерной и социальной.

Компонентами природной среды города являются атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы, грунты, солнечный свет. Это компоненты среды обитания, без которых жизнь человека и других организмов невозможна.

К природно-антропогенным объектам относятся городские леса, парки, сады, озелененные территории жилых и промышленных районов, бульвары, скверы, защитные зоны, каналы, водохранилища и т.п. Природными объектами города являются памятники природы. Природно-антропогенные и природные объекты вместе с компонентами природной среды образуют природную среду города, которая является важнейшей составляющей городской среды.

Городская среда представлена природной и антропогенной составляющими. При этом природная среда и искусственная городская среда взаимосвязаны и взаимозависимы. Природная среда определяет градостроительные решения при создании искусственной городской среды. В свою очередь, искусственная городская среда как архитектурно-планировочная структура влияет на микроклимат города, а производственные и другие антропогенные объекты воздействуют на природную среду города через хозяйственную и иную деятельность.

Города как искусственные экологические системы отличаются от естественных экосистем. Городские системы гетеротрофны. Они характеризуются огромной потребностью в энергии. При этом солнечную энергию дополняет концентрированная энергия топлива. Годовое потребление энергии крупными городами составляет несколько гигаджоулей

(1ГДж=10<sup>9</sup> Дж) на 1 м<sup>2</sup> городской территории: Нью-Йорк -21, Токио – 12, Москва – 4 ГДж/м<sup>2</sup> год (потоки энергии в естественных экосистемах меньше в 100–1000 раз). В городах развитых стран на различные виды деятельности человека (трудовую, транспортную, ведение домашнего хозяйства, досуг, освещение и отопление квартир, работу предприятий и прочие) расходуется в 80 раз больше энергии, чем это требуется для физиологического функционирования организма.

Концентрируя большое количество энергии, часть ее города выделяют в окружающую среду. Температура воздуха в городе всегда выше, чем на территории вокруг него. Происходит это как за счет техногенной деятельности, так и за счет нагрева солнцем асфальтовых, бетонных и каменных поверхностей улиц, площадей, стен и крыш домов.

Города потребляют огромное количество продуктов питания, при этом пищу в город ввозят извне. Чтобы накормить одного горожанина, требуется не менее 100 м<sup>2</sup> сельскохозяйственных угодий, включающих пашню, сенокосы и пастбища. Собственное производство продуктов питания (теплицы, пригородные сады) в городе незначительно. Поэтому городская экосистема нуждается в пригородных пространствах.

Город потребляет огромное количество воды, основная часть которой расходуется на производственные процессы и бытовые нужды. С учетом промышленности на одного горожанина приходится до 1000 л в сутки. Использованная городом вода поступает в пригородные водотоки в виде сточных вод.

Город выбрасывает в воздушную атмосферу газообразные вещества, жидкие аэрозоли, пыль. Город «производит» и накапливает большое количество промышленных и бытовых отходов. Древние города сформировали на почвах культурный слой, содержащий строительный и бытовой мусор древних эпох.

Таким образом, город нуждается в энергии, чистой воде, продуктах питания, сырье. Все это он получает извне, а поэтому зависит от своего окружения, т.е. является зависимой экосистемой. Город накапливает огромное количество веществ и отходов на своей территории и за ее пределами. Город – это аккумулирующая экосистема.

Модель города, составленная по принципу баланса, может быть представлена следующим образом. В город поступают потоки электрической энергии, топлива, сырья, пищевых продуктов. После их переработки и получения продукции в пределах территории города, в атмосферу выбрасываются газы, аэрозоли, пыль, в пригородные воды сливаются промышленные и бытовые стоки, на городские свалки поступают отходы. Выбросы, стоки, твердые и концентрированные отходы содержат вещества, загрязняющие воздух, воду и почву города.



Городская система, в отличие от естественной, не может быть саморегулирующейся. Все процессы жизнедеятельности города должно регулировать общество.

Потоки веществ и энергии, а также продуктов их переработки, поступающие на территорию города, нарушают материальный и энергетический баланс природной среды и изменяют естественные процессы круговорота веществ и перехода энергии по трофическим цепям. Город — это неравновесная система. Состояние неравновесности определяется масштабом антропогенных нагрузок города на окружающую среду. Показателями антропогенных нагрузок являются: плотность населения, площадь застроенных и заощенных территорий, нагрузки от тяжести зданий и сооружений, объемы промышленного производства, уровень автомобилизации и т.п.

Рассмотрим понятие экологического равновесия территории применительно к тому району (области, краю, региону), где расположен город. *Экологическое равновесие* – это динамическое состояние природной среды, при котором она устойчиво функционирует. При этом основными функциями природной среды будут функции самовосстановления и самоочищения. Экологическое равновесие населенных мест сохраняется при допустимых антропогенных нагрузках, не превышающих емкость территории. *Емкость территории* – это количественно выраженная способность ландшафта удовлетворять потребности населения данной территории без нарушения экологического равновесия. Выделяют потребности в площадях для строительства, в воде, в рекреационных ресурсах и т.п. Показателем, характеризующим потребности населения, является демографическая емкость. *Демографическая емкость* – это максимальное количество жителей, которое может проживать в границах района, при условии обеспечения потребностей населения и сохранения экологического равновесия.

Характеристиками функционирования природной среды, определяющими экологическое равновесие, являются: репродуктивная способность территории, ее экологическая емкость, геохимическая и биохимическая активность, устойчивость территорий к физическим нагрузкам. Эти характеристики выражаются количественными показателями.

1. Репродуктивная способность территории – это способность территории воспроизводить основные компоненты природной среды: кислород атмосферного воздуха, воду, почвенно-растительный покров.
2. Экологическая емкость территории определяется как плотность биомассы представителей животного и растительного мира на единицу территории, с учетом оптимального состава и численности



для данного природно-географического района. Экосистема тем устойчивее к неблагоприятным антропогенным воздействиям, чем полноценнее ее видовой состав, то есть чем больше ее биоразнообразие.

3. Геохимическая активность территории – это способность территории перерабатывать и выводить за свои пределы продукты техногенной деятельности – загрязняющие вещества.
4. Биохимическая активность территории обусловлена её способностью биологически перерабатывать органические загрязнения и нейтрализовать вредные воздействия неорганических загрязняющих веществ.
5. Устойчивость территории к физическим нагрузкам характеризует сопротивляемость ландшафта к физическим антропогенным нагрузкам (воздействие застройки, транспорта, инженерной инфраструктуры, рекреационных зон и т.н.).

Считается, что территория находится в состоянии *полного экологического равновесия*, если природная среда обеспечивает воспроизводство своих компонентов, фито- и зоомассы этих территорий сбалансированы и сложившееся биоразнообразие сохранено, степень геохимической активности ландшафтов и степень биохимической активности экосистем соответствуют уровню антропогенных загрязнений, а уровень физической устойчивости ландшафтов соответствует силе техногенных нагрузок. Полное экологическое равновесие зависит от климатических и гидрологических условий местности, лесистости, хозяйственного освоения территории.

Полное экологическое равновесие освоенных территорий не всегда достижимо. Поэтому кроме полного различают условное и относительное экологическое равновесие территорий. При *условном экологическом равновесии* компоненты природной среды не воспроизводятся в полной мере. При относительном экологическом равновесии не соблюдаются как условия воспроизводимости компонентов природной среды, так и условия баланса биомассы; при этом геохимическая, биохимическая активности, а также физическая устойчивость территории соответствуют антропогенным воздействиям.

Экосистемы малых городов могут находиться в состоянии относительного экологического равновесия. Однако экосистема большого города от состояния экологического равновесия далека. Для воспроизводства компонентов природной среды требуются обширные территории. Природно-антропогенные и природные объекты плотно застроенного и замощенного асфальтом города воспроизвести компоненты природной среды не могут. Баланс биомассы в городе нарушен. Геохимическая и биохимическая активности территорий больших городов

также оказываются недостаточными для нейтрализации загрязнений окружающей среды. Устойчивость городских территорий нарушается под воздействием физических антропогенных нагрузок. Поэтому количественные показатели репродуктивной способности, геохимической активности, экологической емкости городской территории значительно ниже показателей, характеризующих экологическое равновесие на территории района. Плотность населения большого города намного превышает демографическую емкость его территории.

Приблизить городскую экосистему к состоянию экологического равновесия можно, увеличивая площади естественных ландшафтов и озелененных территорий города, а также снижая антропогенные нагрузки. Для этого используется комплекс природоохранных мероприятий по снижению негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Качество работы застроенной среды в настоящее время зависит не только от возможностей физической городской инфраструктуры, но все более и более от доступности и качества коммуникационных знаний и социальной инфраструктуры ('интеллектуальный капитал и социальный капитал'). Последнее является решающим для городской конкурентоспособности. Именно на этом фоне было введено понятие «умный город» как стратегическое устройство, способное охватить современные городские производственные факторы и выдвинуть на первый план растущую важность Информационно-коммуникационных технологий (ICT), социального и экологического капитал в профилировании конкурентоспособности городов. Значение этих двух активов (социального и экологического) отличает «умные города» от их более загруженных технологией «коллег», называемых цифровыми или интеллектуальными городами.

### **История и прогноз развития урбанизации**

Термин «урбанизация» появился впервые в испанской литературе в 1867 г. Урбанизация – исторический процесс повышения роли городов в развитии общества, утверждения и распространения городского образа жизни как феномена культуры и современной цивилизации; процесс, являющийся одним из важных факторов глобализации мира, влияющий на изменение человека и среды его обитания. Географически он тесно связан с пространственной концентрацией населения и производительных сил в сравнительно немногочисленных центрах и ареалах социально-экономического развития.

Зарождение и развитие городов с самого начала тесно связано с древнейшими цивилизациями и формированием особой, так называемой урбанизационной, среды как компонента процесса цивилизации. Первые

города появились в Месопотамии (Шумер) в IV–II тысячелетиях до н.э., в Египте, Иране, Индии, Средней Азии, Китае, на территории современных Мексики и Перу. Несмотря на местную специфику, древнейшие города Старого и Нового Света близки между собой по важнейшим признакам – планировке, структуре, функциям, форме политической организации и т.д.

Уже к первому тысячелетию до нашей эры население городов-столиц достигало, как предполагают, 100–250 тыс. жителей. В 200 г. до н.э. Патна (Индия) имела 350 тыс. жителей, Александрия (Египет) – 350 тыс. Константинополь с населением около 500 тыс. жителей стал самым большим городом мира в 450–650 гг. В средние века самыми большими городами в Европе были Париж (275 тыс.). Среди городов Азии в начале XV в. выделялись Нанкин (470 тыс.) и Пекин (320 тыс.) в Китае, Виджаванагар в Индии (350 тыс.), Киото в Японии (200 тыс.). В Африке – Каир (450 тыс.).

Однако большинство существующих ныне городов появилось в период развития капитализма, при этом наибольших размеров достигли политические и экономические центры крупных государств, а также центры мировой торговли. К началу XIX в. крупнейшим городом мира становится Лондон с населением 865 тыс. жителей. В Париже, втором по величине городе Европы, было 550 тыс. жителей. В Азии выделялись Пекин и Кантон – по 800 тыс. жителей.

Повышение роли городов в жизни общества сопутствовало человечеству на протяжении всей его истории. Но только с начала XIX в. наблюдается значительное усиление концентрации населения в городах. С 1800 по 1900 г. при общем росте населения земного шара в 1,7 раза городское население увеличилось в 4,4 раза. Быстрее всего росли города в Европе и Северной Америке (Лондон, Нью-Йорк, Чикаго).

С точки зрения исторической перспективы, в динамике городского населения мира (а в более широком плане – в развитии самого процесса урбанизации) во второй половине XX в. наступил резкий перелом, получивший название «городской революции». Одним из первых ввел в научную литературу это понятие и дал десять его признаков Г.Чайлд (1950). Только за первые 20 лет (1950–1970) прирост численности горожан в мире, согласно расчетам демографов ООН, был немногим меньше, чем за всю предыдущую историю человечества (83,4%), а за следующие 20 лет (1970–1990) этот прирост увеличился еще на 68,7%. Всего, таким образом, за 1950–1990 гг. численность городского населения мира выросла почти в 3,1 раза и сохраняет тенденцию к дальнейшему значительному росту.

По прогнозам ООН к 2030 году 60% населения мира будет жить в городах.

Современному этапу урбанизации как глобальному процессу присущ ряд общих черт, таких, как быстрый темп роста городского населения, особенно в менее развитых странах, концентрация населения и хозяйства в основном в

больших городах. Более 30 «супергородов» мира имеют уже свыше 5 млн. жителей каждый.

Урбанизация – всеобъемлющий пространственный процесс, он охватывает в территориальном плане не только городскую, но все в большей мере и сельскую местность, во многом определяя ее трансформацию – демографическую, социальную, экономическую, пространственную и т.д. В результате происходит стремительное развитие пригородов крупных городов – субурбанизация (дословно «урбанизация пригородов»). Одновременно наблюдается внедрение некоторых городских условий и норм жизни в сельские поселения, т.е. рурбанизация (сельская урбанизация), что ведет к качественным ее изменениям. Характернейшей чертой современной урбанизации являются переход от компактного города к территориальным группировкам городских и сельских поселений – к городским *агломерациям* – и последующая трансформация их в еще более крупные образования – *мегалополисы*.

Урбанизация как глобальный процесс, обусловленный рядом факторов (социальных, экономических, демографических, экологических и т.д.), будет развиваться и впредь, но ее содержание, формы, пространственные структуры и системы и дальше будут заметно меняться по мере эволюции самого процесса в странах разного типа.

### **Ресурсопотребление и ресурсосбережение застроенной среды**

Мощным средством формирования и поддержания благоприятной городской среды, сокращения экологического следа и восстановления экологического равновесия является ресурсосбережение, позволяющее экономно расходовать природные запасы, сберегать невозобновляемые и шире применять возобновляемые ресурсы, утилизировать отходы, не загрязняя благодаря этому среду. Одна из целей создания города с экологичной средой – устойчивое использование и сбережение всех ресурсов – материалов, энергии, земли (территории), водных ресурсов и др. Экологизация города и его среды требует сокращения потребления ресурсов (особенно невозобновляемых) и компонентов ландшафта, оказывающих наибольшее влияние на среду города – почвенного слоя, растительности, животных воды и др. Создание благоприятных условий жилой среды включает эффективное функционирование систем жизнеобеспечения города.

Среда современного большого города характеризуется загрязнением химическими веществами и микроорганизмами, повышенным уровнем физических воздействий (шум, вибрация, электромагнитные поля), информационным загрязнением. Город – это зона повышенной опасности возникновения дорожно-транспортных происшествий и промышленных аварий. К наиболее острым проблемам экологии городской среды

относятся: загрязнение атмосферного воздуха, проблема «чистой воды», охрана растительного покрова и почв, управление отходами.

#### *Проблемы автомобилизации.*

Процесс урбанизации сопровождается бурным ростом автомобилизации. Его уровень в городах развитых стран составляет более 400 автотранспортных средств на тысячу жителей. Автомобильный транспорт является основным загрязнителем воздушной среды. Кроме этого, следствием автомобилизации являются дорожно-транспортные происшествия, от которых ежегодно во всем мире погибает более 1 млн. человек. Результаты некоторых зарубежных исследований свидетельствуют о том, что на каждого погибшего приходится приблизительно 20-30 раненых, на лечение которых уходит 1–3% валового национального продукта каждой страны независимо от уровня ее экономического развития.

#### *Проблемы пространственной организации территории города.*

Они возникают при отсутствии четкого функционального зонирования территории и несоблюдения планировочных ограничений. Функциональное зонирование напрямую связано с границами зон планировочных ограничений. Так, жилая застройка многих городов оказывается в зонах планировочных ограничений. Территории промышленных предприятий некоторых городов расширяются в селитебную зону.

Следует отметить, что одной из исторических причин возникновения этих проблем явилось образование городов, связанное со строительством крупных промышленных предприятий. Строительство предприятий сопровождалось формированием при них жилых поселков. Развитие предприятий и расширение поселков способствовало формированию города с чересполосицей жилых и промышленных территорий. Жилая застройка изначально оказывалась размещенной в санитарно-защитной зоне предприятия. Нередко промышленные районы и отдельные предприятия сливались в гигантские промышленные образования, площадь которых может достигать 20–30 кв.км.

#### *Природно-техногенные опасности.*

Урбанизация породила новые виды экологических проблем, получившие название природно-техногенных или инженерно-геологических опасностей. Под природно-техногенными опасностями понимают процессы и явления, которые развиваются в геологической среде в результате техногенных воздействий. К ним относятся: опускание территории, подтопление, карстово-суффозионные провалы, техногенные физические ноля. Природно-техногенные процессы могут приводить к преждевременной деформации зданий и сооружений, ускоренному разрушению подземных коммуникаций, а в ряде случаев представлять



угрозу для жизни людей. На территории городов техногенные воздействия вызывают появление новых или усиление медленно протекающих природных процессов.

*Опускание территорий.* В городах, на фоне естественных тектонических движений поверхности Земли, наблюдаются локальные процессы опускания территории, причинами которых являются дополнительные статические и динамические нагрузки от зданий, сооружений и транспортных систем города. Скорость и негативные последствия процессов значительно превосходят параметры природных явлений. Особую опасность эти процессы имеют для городов, расположенных в прибрежных зонах. Процессы опускания городских территорий усиливаются при извлечении подземных вод, добыче подземных ископаемых (нефти, газа).

*Подтопление.* Развитию процесса подтопления в городах способствует наличие в верхней части геологического разреза слабопроницаемых глинистых прослоев, перекрытых сверху более проницаемыми песчаными и супесчаными отложениями. Основными источниками питания грунтовых вод на городских территориях, кроме атмосферных осадков, являются утечки из водопроводов, канализации, систем теплоснабжения. Ими также могут быть фильтрации из прудов и строительных котлованов. Подтоплению способствует также нарушение естественных условий поверхностного стока воды из-за строительной перепланировки территории (выравнивание рельефа, засыпка овражно-балочной сети и долин мелких рек), недостаточно развитой системы ливневой канализации, экранирования испаряющей поверхности территории непроницаемыми покрытиями (например, асфальтом), уменьшения проницаемости фунтов под воздействием веса зданий и сооружений, барражирования (перекрытия) потока фунтовых вод заглубленными конструкциями (например, подземными частями и фундаментами зданий, линиями метрополитена). В результате снижается несущая способность грунтов и, как следствие, наблюдаются преждевременные деформации сооружений и подземных коммуникаций. Подтопление может вызывать загрязнение грунтовых вод, усиливать коррозию подземных коммуникаций, приводить к деградации почв и угнетению растительности.

*Карстово-суффозионные провалы.* Развитие карстово-суффозионных процессов характерно для геологической среды с близким к поверхности залеганием растворимых и вымываемых пород: солей, гипса, известняка, мела. В этих местах часто образуются карстовые пустоты. Если они расположены на глубине не более 100 м от поверхности, кровля перекрывающих их пород может обрушиться, а на поверхности земли появится карстовая воронка. Устойчивость городских территорий, пораженных карстом, может нарушить интенсивная откачка подземных вод

и изменение установившегося гидродинамического режима. В этом случае здесь развиваются карстово-суффозионные процессы, приводящие к образованию воронок природно-техногенного генезиса.

*Техногенные физические поля.* Интенсивная хозяйственная деятельность в городах вызывает образование в геологической среде техногенных физических полей – вибрационных, блуждающих электрических токов, температурных.

Вибрационные поля обусловлены, прежде всего, движением транспорта. Они оказывают динамическое воздействие на грунты, вызывая снижение их несущей способности, ухудшают техническое состояние зданий и сооружений. Вибрационные поля негативно влияют на состояние здоровья населения.

Электрические поля блуждающих токов на территории городов образуются за счет утечек с электрифицированного рельсового транспорта, заземленных промышленных установок, станций катодной защиты. Эти поля повышают коррозионную активность фунтов по отношению к подземным коммуникациям, например, к стальным трубопроводам.

Температурные поля. На урбанизированных территориях создаются зоны тепловых аномалий с повышением температуры над фоном до и более 10°C. Причинами этого явления могут быть: утечка нагретых вод из подземных коммуникаций, тепловыделение от промышленных объектов, нарушение естественного режима поглощения солнечного тепла из-за сильной загрязненности атмосферы и экранирования значительной части площади городской территории различными объектами. Температурные аномалии повышают агрессивность грунтов и грунтовых вод по отношению к подземным сооружениям и коммуникациям, отрицательно влияют на почвенную биоту и состояние подземных вод.

Световое загрязнение окружающей среды – это экологическая проблема, о которой заговорили сравнительно недавно. Оно вызвано ночным электрическим освещением городов. Электрическое освещение улиц, зданий, рекламных щитов и вывесок стало широко использоваться с 20-х-30-х годов прошлого столетия. Оно создает комфортные условия человеку в ночные часы. Но вместе с этим светящиеся города наносят большой вред остальной биоте. Птицы от действия искусственного света теряют ориентацию и меняют направление миграционных перелетов. Электрический свет негативно влияет на жизнедеятельность пресмыкающихся, обитающих на городских территориях. Сокращается численность, и меняются места обитания бабочек, жуков, moskitov, а следовательно, и питающихся ими отдельных видов пернатых.

*Видеоэкология.* В последнее время уделяется внимание экологической проблеме, которую может создать городской пейзаж, – так называемой «видеоэкологии». В городе изменяется видимая среда, ее цветовая гамма,

структура окружающего пространства. Господство темно-серого цвета, огромное количество больших плоских поверхностей, преобладание прямых линий и углов, статичность большей части городских объектов – все это оказывает негативное влияние на эмоциональное состояние человека. Видимую среду городов могут представлять так называемые гомогенные и агрессивные поля. Гомогенные поля – это голые стены, монолитное стекло, глухие заборы, асфальтовые покрытия, гладкие крыши домов и т.п. Агрессивные поля – это большое число одинаковых и равномерно размещенных на поверхности элементов: окна на стене дома, плитки на тротуаре или стене, гофрированные поверхности и т.п. Отрицательное воздействие гомогенных полей заключается в том, что на гладкой поверхности глазу не на чем остановиться и в головной мозг поступает недостаточно информации. На агрессивном поле информация избыточна – глаз «не уверен», какой элемент он фиксирует. Гомогенные и агрессивные поля негативно влияют на работу центральной нервной системы и, в конечном итоге, на общее самочувствие человека.

Видимая среда современного города может быть улучшена за счет архитектуры малых форм, разнообразной обработки поверхности железобетонных конструкций, отказа от однотипной застройки, окраски стен домов в разные цвета, широкого использования озеленения и т.п.

#### *Глобальные экологические проблемы.*

При росте динамики урбанизации увеличиваются темпы хозяйственной деятельности и, следовательно, антропогенной нагрузки на окружающую среду. Техногенные воздействия распространяются в природных средах. Так, непрерывность воздушной среды, перемещение воздушных потоков способствуют переносу загрязнителей на большие расстояния и распространению их по огромной территории. Экологические проблемы могут перерасти за рамки местных, городских, и достичь масштаба глобальных, охватывающих всю планету.

В результате интенсивной производственной деятельности в земную атмосферу выделяются значительные объемы газообразных загрязняющих веществ. Они изменяют нормальный ход фотохимических и радиационных атмосферных процессов и способны привести к негативным изменениям климата и среды обитания живых существ в планетарном масштабе.

Выбросы оксидов азота и галогеносодержащих газов (фреона и др.) приводят к появлению «озоновых дыр» и к истощению озонового слоя. Озоновый слой является единственной защитой всего живого на Земле от губительного воздействия ультрафиолетовой солнечной радиации. Несмотря на огромные усилия, которые большинство стран затрачивает на ограничение выбросов в атмосферу озоноразрушающих веществ, истощение озонового слоя продолжается.



*Потепление климата.* Заметно возрос объем выбросов в атмосферу углекислого газа, метана и других газов, вызывающих «парниковый эффект». В последние годы концентрация углекислого газа в атмосфере увеличивается очень быстро, что приводит к потеплению атмосферы. По мнению специалистов, негативные последствия потепления уже начинают сказываться на изменении климата на планете.

В 1997 г. в г. Киото (Япония) на конференции ООН был принят Киотский Протокол, закрепляющий обязательства развитых стран и стран с переходной экономикой по ограничению и снижению количества поступления парниковых газов в атмосферу. Протокол представляет собой первый международный документ по защите климата. В соответствии с Киотским Протоколом 186 стран должны к 2012 г. сократить объемы выбрасываемых парниковых газов в целом на 5% от уровня 1990 г.

Проблема снижения выбросов парниковых газов – это, по сути, проблема энергоэффективности и энергосбережения. Современные города потребляют три четверти мировых энергетических ресурсов, вызывая три четверти глобального загрязнения окружающей среды.

Можно выделить следующие стратегические направления сбережения ресурсов:

- для территориальных и почвенно-растительных ресурсов – высокоплотная застройка с локальными центрами; подземное и надземное строительство; строительство на неудобьях; застройка территории шельфа; вертикальное и горизонтальное озеленение зданий (кровли-газоны и др.).
- для компонентов ландшафта, флоры и фауны – восстановление экологической инфраструктуры (создание экологического каркаса; восстановление всех компонентов ландшафта; сохранение и восстановление природного рельефа, флоры и фауны).
- для энергетических ресурсов – энергосбережение (строительство энергоактивных зданий, использующих нетрадиционные виды энергии; использование пассивных систем отопления и охлаждения; утилизация внутренней теплоты зданий; применение естественной и энергосберегающей вентиляции; улучшение ввода естественного света в здания; использование энергосберегающих систем канализации).
- для ресурсов пресной воды – водосбережение (применение водосберегающей аппаратуры внутри зданий; установка счетчиков расхода воды; сбор пресной воды с твердых покрытий и ее очистка для вторичного использования; сбор воды из ваннных комнат и ее очистка для вторичного использования; введение третьей топкой трубы для особо чистой питьевой воды; использование бутилированной воды).

- Для минеральных и лесных строительных ресурсов – использование адекватных норм расчета (совершенствование конструктивных решений, технологий строительства и методов монтажа; проектирование с учетом возможностей вторичного использования, в т.ч. облегченной разборки после завершения эксплуатации; преимущественное использование возобновляемых и применимых для вторичного использования материалов; сокращение объема отходов и их вторичное использование)

Таким образом, экологические проблемы городов затрагивают почти половину населения планеты. Урбанизированные территории занимают все большие площади суши, и экологические проблемы городской среды распространяются на все большие территории. Они охватывают все географические оболочки Земли.

### **Концепция устойчивого развития застроенной среды**

Концепция устойчивого развития человечества впервые была принята на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году. Она явилась итогом дискуссии о новой формуле глобальной политики развития с учетом новых принципов и потребностей. Суть концепции заключается в «достижении глобальной устойчивости, не подвергая риску способности окружающей среды поддерживать жизнь в будущем».

*Устойчивое развитие городских поселений* – это развитие территорий, в том числе городов, при осуществлении градостроительной деятельности в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение вредного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений.

Основой устойчивого развития городов является создание благоприятных условий проживания населения. Устойчивое развитие городов предполагает охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Указанные проблемы решаются в ходе проведения природоохранных мероприятий, в том числе градостроительными средствами.

Дальнейший процесс урбанизации обострит нынешние проблемы городов: нехватку ресурсов (в т.ч. территориальных), организацию утилизации отходов жизнедеятельности людей, загрязнение окружающей среды и др. Еще более острой станет проблема неадекватности «старых» городов и их городских инфраструктур в связи с ростом городов по их площади и населению. На их модернизацию (не говоря уже о возмещении

выходящих из строя систем) потребуются значительные материальные затраты. Одновременно встает проблема утилизации «умерших» городов.

Другой комплекс городских проблем – это социальные и организационные проблемы, тесно связанные между собой. Причем в этом комплексе проблем много и разных заинтересованных сторон, их цели и ценности часто не совпадают, равно как и возможности лоббирования своих интересов.

У городов по всему миру множество идентичных проблем. Города, стремящиеся найти новые способы решения всего комплекса проблем, принято называть «умными». Под понятием «умный город» подразумевается такая модель города, которая обеспечивает, с одной стороны, устойчивость его развития, а с другой – комфортность для проживания в нем людей.

Понятие «устойчивость города» можно рассматривать с двух точек зрения. Современные города должны урегулировать конфликт между, с одной стороны, возможностями современных технологий, при которых города становятся частью глобальной интернет-сети и, с другой стороны, удовлетворением повседневных потребностей своих жителей. Города превратились в своего рода огромный электронный организм, поэтому центральное место в дискуссии о проблемах устойчивости городов должен быть вопрос повышения господства городов и их периферийных регионов.

Городская структура и региональная организация будут продолжать подвергаться существенным изменениям в результате социально-экономических преобразований, вызванных глобализацией и переходом от индустриальной модели развития к информационному режиму развития. Все города потребуют в будущем реструктуризации, различная глобальная иерархическая организация городов будет диктовать региональные роли и новое международное разделение труда. Преобладающие модели расширения городов выросли из промышленного режима развития территории, ее стратегии и политики. Учитывая растущее глобальное доминирование городов, их глобальное устойчивое развитие должно быть одной из целей современного общества. При этом должны быть лучше поняты перспективы развития и управления инфраструктурой городов и их пригородов как для социальной, так и для и коммерческой деятельности.

#### **8.1.4 Практические вопросы и решения**

1. Что такое урбанизация и какова ее динамика?
2. Каковы основные проблемы урбанизации на современном этапе?
3. Какие ресурсы требуют сбережения в процессе застройки и функционирования города?
4. В чем специфика застроенной среды как искусственной экосистемы?
5. Каковы стратегические направления сбережения ресурсов?

### 8.1.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)

A Handbook of Sustainable Building Design and Engineering: an Integrated Approach to Energy, Health and Operational Performance of Buildings (Edited by D.Mumovic & M.Santamouris). – Routledge – 2009 – 474 P.

Coaffee J. (2008) Risk, resilience, and environmentally sustainable cities. // *Energy Policy*. Vol. 36, Iss. 12, PP. 4633–4638

Dakwale V.A., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S. (2011). Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review // *Sustainable Cities and Society*. Vol. 1, Iss. 4, PP 211–218.

Egger S. (2006). Determining a sustainable city model // *Environmental Modelling & Software*. Vol. 21, Iss. 9, PP. 1235–1246.

Khaikine M.N., Kuznetsova I.N., Kadygrov E.N., Miller E.A. Investigation of thermal-spatial parameters of an urban heat island on the basis of passive microwave remote sensing // *Theor. and Appl. Climatol.* – 2006. – V. 84. – № 1–3. – P. 161–169.

Khare A., Beckman T., Crouse N. (2011). Cities addressing climate change: Introducing a tripartite model for sustainable partnership // *Sustainable Cities and Society*. Vol. 1, Iss. 4, PP. 227–235.

Morris A.E.J. (1994). *History of urban before industrial revolution*. Pearson Education Ltd. Essex. UK. 444 p.

Pelenur M. and Cruickshank H., 2011. The subjective view of energy in the urban built environment: what are the social factors that affect our interaction with energy? // *Proceedings of the 6th UNESCO Dubrovnik conference on sustainable development of energy, water, and environment systems (SDEWES)*, Dubrovnik, Croatia, 25–29 September 2011, University of Dubrovnik, SDEWES11-0078

Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M. (2004). Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms // *Landscape and Urban Planning*. Vol. 69, Iss. 4, PP. 369–384

Robert G. Hollands (2008). Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial? // *City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action*. Volume 12, Issue 3, PP. 303-320.

Thornbush M., Golubchikov O., Bouzarovski S. (2013). Sustainable cities targeted by combined mitigation–adaptation efforts for future-proofing // *Sustainable Cities and Society*. Vol. 9, PP. 1–9.

Tronchin L, Fabbri K. Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and

operating rating simulation// Energy and Buildings. – 2008. – V. 40(7). – P. 1176–1187.

## **8.2 Тема лекции 2: Понятие и специфика идеологии «умная застроенная среда».**

### **8.2.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с концепцией умной застроенной среды и ее роли на современном этапе развития общества. Анализируются различные подходы к пониманию термина, принципы построения умной застроенной среды и ее роль в будущем.

### **8.2.2 Цель и основные результаты обучения**

Целью обучения по этой теме является изучение принципов создания умной застроенной среды:

- Развитие понятия умная застроенная среда;
- Основа интегративной модели умной застроенной среды;
- Инфраструктура и функционал умной застроенной среды;
- Основные технологии умной застроенной среды.

Предполагаемые основные результаты обучения соответствуют выше предусмотренным целям.

### **8.2.3 Конспект лекции и раздаточные материалы**

**Тема лекции 2: Понятие и специфика идеологии «умная застроенная среда».**

- Развитие понятия умная застроенная среда;
- Основа интегративной модели умной застроенной среды;
- Инфраструктура и функционал умной застроенной среды;
- Основные технологии умной застроенной среды.

#### **Понятие и специфика идеологии «умная застроенная среда».**

- Развитие понятия умная застроенная среда;
- Основа интегративной модели умной застроенной среды;
- Инфраструктура и функционал умной застроенной среды;
- Основные технологии умной застроенной среды.

#### **Развитие понятия умная застроенная среда (умный город)**

Разработка и поиск новых моделей строительства и развития городов идет во всем мире, а город будущего получил название «умный город».

Проекты такого рода объединяет общий подход, ориентированный на создание городов, обладающих высоким потенциалом устойчивого долгосрочного развития и комфортностью для жителей.

Понятие термина «умный город» менялось во времени и до сих пор рассматривается с нескольких точек зрения. Например, в управленческом консалтинге оно состоит из таких ключевых составляющих, как: интегративная модель, или рамки (framework); архитектура (architecture); модель зрелости (maturity model); маршрутная карта реализации (roadmap).

При этом само содержание термина «умный город» еще только формируется и активно используется этими в различных контекстах и смыслах. Вместо привычного прилагательного «умный» или «разумный» (smart), часто употребляются такие названия как: «более умный» (smarter), «цифровой» (digital), «связанный» (connected), «информационный» или «интеллектуальный» (intelligent).

Существует несколько рабочих определений термина «умный город», используемых в практике и научных исследованиях:

- Город обеспечивающий наилучший путь прогрессивного развития экономики, населения, управления, мобильности, окружающей сред и проживания, построенный на умелом сочетании способностей и активной деятельности самостоятельно решающих, независимых и осведомленных граждан.

- Город, который контролирует и интегрирует условия всех своих критических инфраструктур, таких как, автомобильные и железные дороги, мосты, тоннели, метро, аэропорты, морские порты, коммуникации, вода, электроэнергия, даже крупные здания, и может лучше оптимизировать свои ресурсы, планирует их профилактическую деятельность а также мониторинг аспектов безопасности при максимальном объеме услуг для своих граждан.

- Город, соединяющий физические инфраструктуры, ИТ-инфраструктуры, социальные инфраструктуры, а также бизнес-инфраструктуру, чтобы использовать коллективный разум города.

- Город, который стремится сделать себя "умнее" (более эффективным, устойчивым, справедливым и пригодными для жизни).

- Город, объединяющий ИКТ и технологий Web 2.0 с другими организационными усилиями, проектированием и планированием усилий ускорению бюрократических процессов, помогающий выявить новые, инновационные решения для сложных управленческих задач города, в целях повышения устойчивости и благоустроенности.

- Использование технологий «умных компьютеров» в более интеллектуальном, взаимосвязанном и эффективном решении критических компонентов городской инфраструктуры и услуг (городскую



администрацию, образование, здравоохранение, общественную безопасность, недвижимость, транспорт и коммунальные услуги).

### **Основа интегративной модели умной застроенной среды;**

Существует три основных угла зрения на проблему «умного города»: научный, хозяйственный (городской) и информационно-технологический.

Научный взгляд пытается найти ответы на вопрос каково видение умного города? При этом целью создания «умного города» становится Улучшение качества жизни жителей через расширение сферы услуг.

Хозяйственный (городской) взгляд относится к нормативной сфере. Его задача - формирование устойчивой зеленой среды жизни городского населения через создание специфической инфраструктуры.

Информационно-технологический взгляд опирается на решение проблемы кому будет передан результат проекта «умного города»? При этом целью создания такого города является инновационная трудовая жизнь, а элементами – человеческий (социальный) капитал.

Учитывая концептуальную полноту понятия, «умный город» может рассматриваться как большой организм, системы которого соединяют много подсистем и компонентов. Взаимосвязь между основными системами «умного города» учитывается для того, чтобы сделать систему подсистем умнее. Ни одна подсистема не работает в изоляции. В этом смысле «умный город» является как бы организмом, выступает как единое целое – сеть и связанная система. Постиндустриальные (умные) города походят на живые организмы, которые развивают свою искусственную нервную систему, что позволяет им вести себя в интеллектуально скоординированном направлении. Новый интеллект города проживает в более эффективной комбинации с цифровыми сетями телекоммуникаций (нервы «умного» города) , повсеместно вкладывается интеллект (мозги «умного города»), датчики и метки (его органы чувств) и программное обеспечение (знания и когнитивные компетенции).

### **Инфраструктура и функционал умной застроенной среды;**

На основе широкого изучения литературы различных дисциплинарных областей выделяется восемь основных факторов эффективности интеллектуальных инициатив «умного города: управление и организация, ИКТ-технологии, руководство, политический контекст, люди и общины, экономика, построенная инфраструктура и окружающая среда.

Эти кластеры факторов образуют основу интегративной модели «умного города», которая может быть использована городскими органами

власти для формирования и реализации своих инициатив по созданию данных кластеров.

Все факторы имеют двустороннее влияние друг на друга, в разное время и в разных контекстах некоторые из них оказываются более влиятельными, чем другие. Для учета дифференцированного уровня воздействия факторов в предлагаемой модели они представлены двумя различными уровнями влияния. Внешние факторы на периферии модели (руководство, люди и общины, экономика, построенная инфраструктура и окружающая среда) в некотором роде подчиняются более влиятельным внутренним факторам модели (управлению и организации, ИКТ-технологиям, политическому контексту) и через них (опосредованно) влияют на успех инициатив «умных городов». Это касается как прямого, так и косвенного воздействия внешних факторов. ИКТ-технологии могут рассматриваться как суперфактор инициатив «умного города», так как они могут очень сильно влиять на каждый из семи других факторов (недаром в России «умные города» иногда называют информационными городами).

Кластер «Управление и организация» включает проблемы управления и организации проекта создания «умного города» и стратегии его реализации. Управленческие и организационные проблемы в инициативах (проектах) «умных городов» должны рассматриваться в контексте «умного (городского) правительства» и управления ИТ-проектами.

Кластер «ИКТ-технологий» – это совокупности современных «умных компьютерных технологий», которые используются в критически важных компонентах и услугах его инфраструктуры. Интеграция ИКТ с проектами развития может изменить городской ландшафт и создать ряд потенциальных возможностей, использование которых может повысить эффективность управления и функционирования города.

Кластер «Руководство» ориентирован на улучшение обслуживания граждан и повышение качества их жизни. Эти проекты зачастую продвигаются многочисленными заинтересованными сторонами, имеющими иногда, противоречивые цели, что в конечном итоге может определять успех или провал таких проектов. В результате некоторые города ощутили возросшую необходимость более эффективного руководства проектами и инициативами, чтобы сделать их более управляемыми. А другие города лишь выиграли от появления специальных ИКТ: улучшили руководство проектами «умных городов», а также приобрели статус городов с «умным руководством».

Кластер «Политический контекст» – взаимодействие технологических компонентов с политическими и институциональными компонентами. Политический контекст имеет решающее значение для понимания правильного использования информационных систем. Необходимость внедрения инновационного правительства приводит к изменениям в



политике, потому что правительство не может проводить инновационные мероприятия без нормативных изменений, реализуемых с широким их публичным обсуждением. Именно политический контекст создает условия, необходимые для городского развития.

Кластер «Люди и сообщества» подразумевает учет интересов жителей города и их разного рода сообществ. Он критически важен для всей системы, однако во многих случаях на практике им пренебрегают, делая акцент на технологических и политических аспектах модели «умных городов». Между тем в рамках подобных проектов принципиально важно находить разумный баланс желаний и потребностей людей, микросоциумов и сообществ.

Кластер «Экономика» – это основная инициатива «умных» городов и городов с высокой степенью экономической конкурентоспособности, которые предположительно уже обладают одним из свойств «умного города». Одним из ключевых показателей для оценки конкурентности растущего города является его потенциал в качестве локомотива развития более крупных территориальных образований.

Кластер «Окружающая среда» – это инициативы «умных городов», которые являются весьма прогрессивными с точки зрения экологии города, а также использование технологий для повышения устойчивости его развития и лучшего управления природными ресурсами. Особый интерес представляет охрана природных ресурсов и соответствующие инфраструктуры, такие как водные пути и канализация, зеленые зоны и парки. Вместе эти факторы должны быть в обязательном порядке учтены при формировании инициатив «умных городов».

Кластер «Построенная инфраструктура» – инфраструктура «умного города» включает в себя беспроводную инфраструктуру (волоконно-оптические каналы, Wi-Fi сети, беспроводные точки доступа, киоски), сервис-ориентированные информационные системы. Для ИКТ-инфраструктуры важны ее доступность и производительность.

ИКТ-инфраструктура «умного города» подобна ИКТ-инфраструктуре электронного и «умного» правительства, и при ее создании преодолеваются те же самые технологические барьеры и решаются сходные проблемы.

Цели создания «умного города» определяют его назначение и напрямую влияют на комфортность проживания в нем людей. При этом население в «умном городе» классифицируют по двум типам: визитеры или жители. Затем жителей подразделяют на совокупности («сообщества» жителей города) по роду их занятости в «умном городе»: наемные работники, люди свободной профессии, служащие или бизнесмены и т.д. Занятость и интересы «сообществ» формируют так называемые «экосистемы», под интересы которых создаются «мягкие

инфраструктуры» для их управления. Следом создается «городская система», в которую входят все службы города, предоставляющие услуги жителям и визитерам (социальное обслуживание, транспортные услуги др. В качестве завершающего звена при создании «умного города» вводятся «твердые инфраструктуры» – реальные физические инфраструктуры города.

Другим, плоским, примером так называемой архитектуры «умного города» может быть его представление с точки зрения его функционала. Плоская архитектура «умного города» состоит именно из его стационарных компонентов, таких как: «умное здание», «умный завод», «умный дом», «умный автомобиль» и «умные инфраструктуры города» (транспортная, электрическая и др.).

### **Основные технологии умной застроенной среды.**

Технологии играют решающую роль в реализации инициатив по созданию «умных городов», а значит выбор «долгоиграющих» технологий при проектировании «умного города» – залог экономичности всего проекта в долгосрочной перспективе.

Основная технология, которая помогает создать «умные города» – беспроводные сетевые датчики. Цель состоит в том, чтобы создать распределенную сеть интеллектуальных узлов датчика, которые могут измерять много параметров для более эффективного управления городом. Данные предоставляются гражданам или соответствующим органам с помощью беспроводных технологий и в режиме реального времени.

Например, граждане могут контролировать концентрацию загрязнения на каждой улице города, или автоматически получать предупреждение об опасности, когда уровень радиации повышается норматив. Для органов власти это, в частности, позволяет оптимизировать систему поливов городских зеленых насаждений или освещение города. Эти технологии позволяют легко обнаружить утечки воды или построить карты шумового загрязнения городской территории. Мусорные баки могут послать сигнал тревоги, когда они близки к тому, чтобы быть полным. Возможен онлайн мониторинг интенсивности транспортного движения и изменение режима работы светофоров динамическим способом. Интенсивность движения может быть снижена за счет систем, которые обнаруживают ближайшее доступное парковочное место. Автомобилисты получают своевременную информацию, таким образом, они могут определить местонахождение бесплатной автостоянки быстро, экономя время и топливо. Эта информация может уменьшить пробки, и загрязнение воздуха, и, следовательно, улучшает качество жизни. Возможно уменьшить пиковые

потоки в общесплавной канализации при помощи распределенной инфраструктуры заготовки дождевой воды.

Специальные технологии создают совместные платформы управления данными онлайн датчиков. Услуги онлайн базы данных позволяют владельцам датчиков регистрировать и соединять свои устройства, вносить новые данные в онлайн базу данных для их хранения, а также позволяют разработчикам соединяться с базой данных и создавать свои собственные приложения, основанные на этих данных.

Другие услуги включают разработчиков разрешений построения в реальном времени различных графиков, диаграмм и виджетов на веб-сайтах; анализ и обработку исторических данных (мониторинг); посыл сигнала тревоги в реальном времени от любого информационного потока с целью управления скриптами, устройствами и окружающей средой.

Архитектура таких систем описывает их ключевые компоненты и интерфейс для онлайн сотрудников, промежуточное программное обеспечение, содержащее бизнес-логику, необходимую для управления данными датчика и обрабатывающее систему хранения, подходящую для эффективного хранения и поиска больших объемов данных.

Для оценки перспективности той или иной технологии, в частности применительно к «умным городам», обычно используют методологию, созданную аналитиками глобальной консалтинговой компании «Гартнер» (Gartner), и ее графическое отображение – кривую цикла ажиотажа вокруг технологий. Кривая строится в прямоугольной системе координат (X;Y), где Y= [величина ажиотажа (visibility) вокруг технологии], а X= [степень зрелости (maturity) технологии].

Жизненный цикл любой технологии таким образом состоит из 5 этапов:

- Technology Trigger (возникновение технологии) – о технологии появляются отдельные сообщения в прессе;
- Peak of Inflated Expectations (пик завышенных ожиданий) – на этой стадии о технологии слишком много пишут и от ее реализации в прямом смысле слова ждут чуда;
- Trough of Disillusionment (пропасть разочарований) – самый трудный период в развитии технологии, когда вдруг оказывается, что чуда нет и не предвидится и наблюдается полная неопределенность в том, есть ли вообще у данной технологии будущее;
- Slope of Enlightenment (повышение уровня осведомленности) – на данной стадии появляются первые реальные и стабильные проекты, и о технологии вновь начинают писать в прессе;
- Plateau of Productivity (плато продуктивности) – технология занимает свою экономическую нишу и становится привычной и обыденной для значительной части населения.

На настоящий момент, кроме ИКТ-технологий, существует широкий набор технологий и решений, характерных для «умных городов». В частности, компания «Гартнер» приводит следующий список:

- Парковка в реальном масштабе времени, Real-Time Parking;
- Беспроводная зарядка батарей автомобилей, Wireless Electric Vehicle Charging;
- Консультационные услуги по устойчивости, Sustainability Consulting Services;
- Интеллектуальные фонарные столбы, Intelligent Lamppost;
- Инфраструктура зарядки электрических автомобилей, Electric Vehicle Charging Infrastructure;
- Водородная экономика, Hydrogen Economy;
- Управление эффективностью устойчивости, Sustainable Performance Management;
- Системы позиционирования Wi-Fi, Wi-Fi Positioning Systems;
- Услуги по уточнению значения информации, Information Semantic Services;
- Операционная модель «умного руководства», Smart Governance Operating Framework;
- Интернет вещей, Internet of Things;
- Сетевое соединение ИТ- и операционных технологий, Networking IT and OT.

Технологии могут рассматриваться как мета – фактор в городских смарт-инициативах, так как это может сильно повлиять на каждый из остальных семи факторов. В связи с тем, что многие умные инициативы города интенсивно используют перечисленные технологии, это можно рассматривать как фактор, который в некотором роде влияет все другие факторы успеха в концепции «умного города» в целом.

#### **8.2.4 Практические вопросы и решения**

1. В чем разница научного, хозяйственно и информационно-технологического взглядов на концепцию умной застроенной среды?
2. В чем заключается специфика управления и организации умной застроенной среды?
3. Как используются в умной застроенной среде информационные и коммуникационные технологии?
4. В чем специфика руководства проектами создания и развития умной застроенной среды?

5. В чем заключается политический контекст умной застроенной среды?
6. В чем заключается роль людей и общества в целом в рамках концепции умная застроенная среда?
7. Какие ключевые показатели экономической оценки конкурентоспособности умной застроенной среды?
8. Какова роль экологического аспекта в концепции умной застроенной среды?
9. Что включает в себя инфраструктура умной застроенной среды?
10. Какие технологии и решения характерны для концепции умной застроенной среды?

### 8.2.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)

Chourabi H.; Taewoo Nam; Walker S.; Gil-Garci, J.R.; Melloul, S.; Nahon K.; Pardo T.A.; Schol, H.J. (2012). Understanding Smart Cities: An Integrative Framework. //45th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). 4–7 Jan. 2012. PP. 2289-2297.  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=6148328>

Karnouskos S.; de Holanda, T.N. (2009) Simulation of a Smart Grid City with Software Agents // Third UK European Symposium on Computer Modeling and Simulation (EMS 2009) Athens, Greece 25–27 November 2009 IEEE. PP. 424–429.

Nam T., Pardo T.A. (2011) Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions// Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times. ACM New York, NY, USA. PP. 282–291.

Paskaleva K.A. (2009). Enabling the smart city: the progress of city e-governance in Europe //International Journal of Innovation and Regional Development. Inderscience Publishers. Volume 1, Number 4. PP. 405–422.

От «каменных джунглей» к «умному городу» (2013). Блог компании Intel <http://habrahabr.ru/company/intel/blog/167295/>

Smarter Cities/ Website of IBM Inc.: Smarter Planet.  
[http://www.ibm.com/smarterplanet/uk/en/smarter\\_cities/perspectives/index.html](http://www.ibm.com/smarterplanet/uk/en/smarter_cities/perspectives/index.html)

Дрожжинов В.И. (2013) «Умный город» и принципы его создания. // Сайт «Экономическая политика. Экспертный канал» 27 Август 2013

<http://ecpol.ru/2012-04-05-13-41-25/2012-04-05-13-42-08/946-umnyj-gorod-i-printsipy-ego-sozdaniya.html>

### **8.3 Тема лекции 3: Проблема энергосбережения застроенной среды**

#### **8.3.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с экологическим аспектом проблем энергосбережения застроенной среды.

#### **8.3.2 Цель и основные результаты обучения**

Целью обучения по этой теме является изучение проблем энергосбережения застроенной среды:

- Возобновимые и невозобновимые ресурсы;
- Роль энергоресурсов в застроенной среде;
- Экологические проблемы современности и энергосбережение.

Предполагаемые основные результаты обучения соответствуют выше предусмотренным целям.

#### **8.3.3 Конспект лекции и раздаточные материалы**

### **Тема лекции 3: Проблема энергосбережения застроенной среды**

- **Возобновимые и невозобновимые ресурсы;**
- **Роль энергоресурсов в застроенной среде;**
- **Экологические проблемы застроенной среды и энергосбережение.**

#### **Проблема энергосбережения застроенной среды**

- Возобновимые и невозобновимые ресурсы;
- Роль энергоресурсов в застроенной среде;
- Экологические проблемы застроенной среды и энергосбережение.

#### **Возобновимые и невозобновимые ресурсы**

*Невозобновимыми* называются природные ресурсы, которые после их истощения не могут быть восстановлены человеком в данное время или восстанавливаются со скоростью, значительно меньшей, чем скорость их прямого использования (ресурсы земных недр).

Минеральные ресурсы (полезные ископаемые), в том числе энергетические – одни из важнейших ресурсов в жизни человеческого общества и застроенной среды в частности. В настоящее время, в связи с



научно-технической революцией и растущей урбанизацией, резко ускорился рост добычи невозобновимых энергетических ресурсов. За последние 75 лет добыча нефти возросла в 133 раза, угля – в 3,3 раза, газа – в 632 раза. Они являются основными источниками энергии в застроенной среде.

Энергетические ресурсы в зависимости от источника энергии могут быть отнесены к возобновляемым (энергия солнца, фотосинтеза, гидроэнергия, энергия приливов, волн, ветровая, геотермальная, процессов испарения и выпадения осадков, тепловая энергия использования разности температур между атмосферой, сушей и морем, биоэнергия и др.) и невозобновляемым (газ, нефть, уголь, торф, сланцы, ядерное топливо, легкие химические элементы – водород, гелий, литий).

*Возобновляемая* (регенеративная, «зеленая») – энергия из источников, которые по человеческим масштабам являются неисчерпаемыми. Основной принцип использования возобновляемой энергии заключается в её извлечении из постоянно происходящих в окружающей среде процессов и предоставлении для технического применения. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов, таких как: солнечный свет, ветер, дождь, приливы и геотермальная теплота, которые пополняются естественным путем.

Минеральные виды топлива, такие как нефть, уголь, природный газ образовались из остатков растений и животных миллионы лет тому назад. Воздействие микроорганизмов и специфические условия в виде огромных температуры и давления превратили эти остатки в углеродные залежи, находящиеся в недрах земли или в глубинах океанов.

В настоящее время добыча нефти ведется как на суше, так и в море. Более половины сырой нефти, добываемой в мире, приходится на шельфовые месторождения. Многие страны мира располагают значительными нефтяными запасами; тем ни менее только 50 стран производят более миллиона тонн сырой нефти каждый год, а основная часть мировой добычи нефти контролируется сравнительно небольшим количеством стран. Доказанные мировые нефтяные запасы составляют 140 млрд. т, но фактические запасы значительно больше. Подтвержденные запасы являются тем количеством нефти, местоположение которой известно, и считаются экономически доступными при современных технологиях. Конечными продуктами переработки нефти являются: удобрения, пестициды, смолы, фармацевтические продукты, пластмассы, полиэтилен, полипропилен, полиэстр, текстильные волокна, взрывчатые вещества, стиральные порошки, клеящие вещества, красители и др.

Применение природного газа в качестве первичного топлива началось сравнительно недавно. С 1960-х гг. по мере строительства сетей трубопроводов и местных газопроводных сетей рост спроса на природный

газ неуклонно увеличивался. Теперь газ удовлетворяет более 30 % мировых энергетических потребностей. Как и нефть, природный газ является важным сырьем для нефтехимической промышленности и применяется для получения множества продуктов, включая аммиак (для азотных удобрений) и метанол (основа многих пластмасс и других синтетических материалов).

В понятие «возобновляемые источники энергии» (ВИЭ) включаются следующие формы энергии: солнечная, геотермальная, ветровая, энергия морских волн, течений, приливов и океана, энергия биомассы, гидроэнергия, низкопотенциальная тепловая энергия и др.

Принято условно разделять ВИЭ на две группы:

Традиционные:

- гидравлическая энергия, преобразуемая в используемый вид энергии ГЭС мощностью более 30 МВт;
- энергия биомассы, используемая для получения тепла традиционными способами сжигания (дрова, торф и некоторые другие виды печного топлива);
- геотермальная энергия.

Нетрадиционные:

- солнечная,
- ветровая,
- энергия морских волн, течений, приливов и океана,
- гидравлическая энергия, преобразуемая в используемый вид энергии малыми и микроГЭС,
- энергия биомассы, не используемая для получения тепла традиционными методами,
- низкопотенциальная тепловая энергия и др.

### **Роль энергоресурсов в застроенной среде**

По оценкам специалистов, сегодня около половины мирового энергодобавки приходится на долю нефти, около трети – на долю газа и атома (примерно по одной шестой) и около одной пятой – на долю угля. На все остальные источники энергии остается всего несколько процентов. За 150 лет потребления человечество успело израсходовать 65% мировых запасов нефти. По самым оптимистичным прогнозам, запасов невозобновляемых источников энергии хватит на 30–70 лет.

Невозобновляемые источники энергии являются сегодня основой мировой энергетики. Из них получают 90 % всей потребляемой энергии. Исчерпываются в основном дешевые источники энергии, а это приводит к увеличению ее стоимости. Данный фактор, а также неравномерность распределения природных ресурсов в мире привели к тому, что названо энергетическим кризисом.



В настоящее время для бытовых и промышленных целей в качестве источников энергии используется в основном нефть, газ и уголь как более дешевые и удобные в эксплуатации виды топлива. С середины прошлого столетия прирост энергопотребления происходит преимущественно за счет этих видов ресурсов. Важнейшим событием стало открытие ядерной энергетики. Решение проблем ядерной энергетики позволило значительно расширить представление об энергетических ресурсах нашей планеты.

Невозобновляемые источники энергии сегодня обеспечивают мир энергией, но существенного роста потребления энергии на их базе достичь не удастся как в силу их ограниченности, так и из-за нежелательных воздействий на окружающую среду. Поэтому человечество занято решением вопроса более эффективного использования существующих источников энергии и добытой энергии, а помыслы его обращены к возобновляемым источникам энергии.

Научно-технический прогресс направлен на повышение энергетической эффективности общественного производства, т.е. имеет энергосберегающие тенденции. Возможности стран по управлению энергопотреблением определяются целенаправленной политикой, т.е. комплексом мер по повышению эффективности использования энергоресурсов. Какими бы темпами ни развивалась энергетика, сбережение теплоты является важнейшей общегосударственной задачей. В энергетических программах каждой страны ему уделяется особое внимание.

Часть энергоресурсов расходуется на отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха (ОВК) и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, а также зданий и сооружений производственного назначения. Общий расход топлива на эти цели составляет около 30% общего энергопотребления страны. Цель использования тепловой энергии – создание и поддержание микроклимата помещений и зданий для обеспечения пребывания человека и проведения определенных технологических процессов. Для осуществления указанной задачи используются системы инженерного обеспечения, к которым относятся система теплоснабжения, система отопления, система вентиляции и кондиционирования воздуха, система горячего водоснабжения.

Так, наиболее значительные теплотери в зданиях происходят через наружные стеновые ограждения (42%–49%), окна (32–35%) и через вентиляционные системы зданий, в которых не предусматривается рекуперация выбрасываемого вместе с воздухом в атмосферу тепла. В результате показатели удельного теплопотребления возрастают. Высокое удельное теплопотребление приводит к неоправданным расходам тепловой энергии. Расходование тепловой энергии в системах инженерного обеспечения зданий различного назначения теплотой связано с

потреблением первичных энергетических ресурсов, т.е. органических топлив и нетрадиционных возобновляемых источников энергии, а также с потреблением конечной высокоорганизованной энергии, например электрической, подведенной непосредственно к установкам систем. Экономия энергии при функционировании указанных систем хотя бы на 1 % позволяет сохранять миллионы тонн топлива (условного).

### **Экологические проблемы застроенной среды и энергосбережение.**

Убедительные оценки международных экспертов показывают, что до 40 % ВВП (валового национального продукта) развитых стран связано в той или иной мере с добычей, переработкой и потреблением энергоресурсов. Запасы невозобновляемых энергоресурсов ограничены. По разным оценкам их хватит на ближайшие 30–100 лет. Кроме того, энергия, получаемая из невозобновляемых ресурсов, приводит к дополнительному нагреву атмосферы, поэтому ее называют добавляющей (она добавляется к энергии нагрева Земли Солнцем). В последние годы в мире пересматривается использование энергетических ресурсов с точки зрения региональной и глобальной экологии.

Исчерпание невозобновляемых природных энергетических ресурсов, загрязнения окружающей среды, рост выбросов парниковых газов и другие глобальные явления, связанные с производством и переработкой энергетических ресурсов вызывают обостренную озабоченность международных, государственных и общественных организаций.

Не случайно одним из приоритетов мирового сообщества на ближайший период в условиях всеобщего энергоресурсосбережения является охрана окружающей среды, борьба с парниковым эффектом, сохранение озонового слоя, предотвращение экологической катастрофы на фоне экономии энергоресурсов. Общеизвестно, что производство тепловой и электрической энергии, с одной стороны, вызывает загрязнение окружающей среды, а с другой – нерациональное потребление невозобновляемых природных запасов ценных органических веществ, каковыми является большинство энергоносителей. При сжигании топлива множество загрязняющих частиц попадает в окружающую среду. Выбросы  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  происходят практически всегда при любом процессе сжигания угля, мазута и природного газа. Углекислый газ – одна из основных причин появления парникового эффекта, который, по мнению многих специалистов, может привести и уже приводит к изменению климата. Диоксид серы и окислы азота совместно с водяным паром атмосферы приводит к появлению кислотных дождей, которые губят легкие нашей планеты – леса и растения.

Потери в сфере производства и потребления энергоресурсов, включая коммуникации, занимают далеко не последнее место среди причин, вызывающих устойчивое повышение среднегодовой температуры атмосферы и поверхности земли со скоростью примерно  $0,3^{\circ}\text{C}$  за десятилетие. За двадцать последних лет такое потепление уже достигло  $0,7^{\circ}\text{C}$ .

Не менее значимый вопрос – безопасное хранение радиоактивных отходов, остающийся без ответа в атомной энергетике. Радиоактивные отходы высокого уровня, как например, использованные топливные стержни (твелы) или компоненты остановленного реактора, могут не распадаться до безопасного уровня радиоактивности несколько тысяч лет и, вероятно, еще значительное время будут оставаться очень горячими (вплоть до  $400^{\circ}\text{C}$ ). Отходы низкого уровня, включающие инструменты, одежду и т. п., могут потребовать защищенное хранение в течение несколько сот лет, прежде чем их можно будет признать безопасными. Несмотря на то, что атомные программы в большинстве стран были приняты около 40 лет назад, однозначно эффективного решения для хранения радиоактивных отходов до сих пор не найдено, а полные общественные и экономические издержки атомной энергетике пока еще не ясны. В то же время, если будет более эффективно использоваться энергия, можно замедлить темпы потребления энергетических ресурсов и уменьшить воздействие процессов производства и потребления на экологию и сохранить устойчивость биосферы – естественной среды обитания человека.

Энергия, которая приносит наименьший вред окружающей среде, – это та энергия, которую не только не надо потреблять, но и не надо производить. В каждом случае, когда ее потребление для определенных целей будет уменьшаться (за счет улучшения теплоизоляции жилищ, повышения к.п.д. двигателей и т.д.), выбросы загрязняющих веществ будут автоматически сокращаться в соответствующей пропорции. Поэтому вопросы энергосбережения и экологии решаются, как правило, совместно, в рамках соответствующих программ и проектов. Установлено, что предельное воздействие на окружающую среду достигается тогда, когда оказываются превышенными некоторые критические параметры, после чего оказываются невозможными процессы ее рекреации (восстановления). Наибольшее воздействие при сжигании органического топлива сказывается на атмосфере в связи с выбросом в окружающую среду большого количества вредных веществ, что неблагоприятно отражается на вегетационных процессах, сохранности объектов недвижимости и здоровье людей.

Тем не менее, объективная оценка и характеристика последствий влияния негативных факторов на окружающую среду затрудняется:

— вследствие существования значительных временных интервалов между моментами действительного воздействия, которые часто растягиваются на десятилетия, а также больших площадей, на которых происходит распределение вредных веществ;

— из-за неподтвержденности и сомнительности того факта, что результаты лабораторных экспериментальных исследований или испытаний в полевых условиях могут установить истинность происходящих в природе явлений.

Таким образом, решение вопросов энергосбережения автоматически влечет за собой решение проблем экологических, экономических, научно-технических, социальных и даже политических, которые сегодня стоят перед обществом. Они не могут быть решены без кардинального изменения отношения к энергоресурсам как к ценнейшему продукту, который определяет благосостояние любой страны и состояние ее экономики.

Энергосбережение и экология – это сообщающиеся сосуды. При экономии энергоресурсов улучшается экологическая обстановка за счет снижения объемов добычи, переработки, хранения и перевозки первичных энергоресурсов, а также выбросов вредных веществ при их сжигании и хранении в окружающую среду. Поэтому энергосберегающие и экологические программы всех уровней от регионального, муниципального и до уровня предприятия должны быть взаимосвязаны и согласованы, т.к. энергосбережение – это практическое решение экологических проблем общества.

При этом суть экологических требований к таким программам заключается в том, что реализуемая система энергосбережения должна привести (в порядке снижения приоритетов):

- к сохранению биологического разнообразия;
- ликвидации источника воздействия на окружающую среду;
- решению одной или нескольких экологических проблем (загрязнение атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почв; накопление опасных и иных отходов; истощение или уничтожение природных ресурсов);

- снижению неблагоприятного воздействия на окружающую среду за счет, например, наращивания выпуска продукции (работ, услуг) на основе коренного изменения энергозатратной технологии ее производства и т. п.

В свою очередь, экономические требования к программам энергосбережения будут заключаться в следующем:

- через анализ соотношения прибыль/цена различных альтернатив энергосбережения отбираются проекты, наиболее необходимые для целей социально-экономического развития территории. Это является основным критерием для их финансирования;

— оценка чистой экологической выгоды (рассчитанной в экономических показателях), образующейся в результате реализации природоохранных проектов, не должна показывать экономическую неэффективность энергосберегающих проектов;

— увеличение налоговых поступлений в федеральный, региональный и местный бюджеты в результате увеличения прибыльности работы предприятий;

— особое внимание должно уделяться проектам, позволяющим повысить эффективность производства и потребления энергии, а также уменьшить зависимость производства продукции, услуг от озоноразрушающих веществ, галогенсодержащих углеводородов и горючих ископаемых.

Экономические требования подразумевают экономическую целесообразность мероприятий по энергосбережению, т.е. их внедрение в производство должно повышать производительность общественного труда при минимуме овеществленного и живого труда.

Суть технических требований заключается:

— в замене природных ресурсов отходами производства, сокращении энергопотребления, утилизации вторичных энергоресурсов и др.;

— производстве продукции (работ, услуг), способной заменить аналогичную по своим потребительским свойствам и получаемую при существующем способе производства с меньшими энергозатратами;

— наличии технических средств, достаточных для проведения энерго-экологического мониторинга;

— применении в энерго-экологических проектах новых апробированных современных технологий.

Стратегическим направлением устойчивого использования энергетических ресурсов является развитие возобновляемого энергопотребления наряду с применением экологически чистой энергетики на природном газе, угле и нефти с очисткой отходящих газов до 99,5%. Это не должно вызвать парниковый эффект и уменьшить запасы кислорода (сейчас ежегодно потребляется около 0,003% его запасов без учета воспроизводства).

Экономия энергии как одна из главных задач при создании города с экологичной средой достигается *экономическими* (высокие налоги на энергопотребление, государственный контроль за расходованием энергии, поощрение использования возобновляемых источников и др.), *социальными* (мобилизация граждан на борьбу с расточительством энергии, разработка различных кодексов и заповедей по экономии энергии каждым членом общества), *технологическими* (применение энергосберегающих конструкций, использование нетрадиционных источников энергии) и другими мерами.



Примерами использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в застроенной среде являются:

- Применение пассивных и активных систем солнечного отопления, солнечных электростанций, систем вентиляции на основе использования солнечной энергии;
- Применение ветроагрегатов для производства электроэнергии, подачи воды, ее нагрева, в качестве элементов метантенков и др.;
- Использование всех органических отходов для производства биогаза и его применение в зданиях;
- Использование теплоты Земли (геотермальной энергии) или разницы температур на поверхности и на небольшой глубине для отопления зданий;
- Использование теплоты подземных вод или разницы температур на поверхности (гидротермальной энергии) и на небольшой глубине водоема для отопления зданий;
- Использование энергии волн, приливов и отливов (гидроэнергии) для производства электричества;
- Утилизация тепловой энергии от электрооборудования, приборов, людей, находящихся в здании и использование ее на отопление помещений;
- Утилизация всей сбросной теплоты с помощью тепловых насосов и аккумуляторов и др.

Одно из наиболее эффективных решений – совмещение зданий с установками для преобразования энергии. С этой целью можно проектировать здания криволинейной формы в плане, изменять их конфигурацию по высоте, устраивать специальные проемы для концентрации ветровых потоков и т.д. Современная наука предлагает применять: гелиоколлекторы, солнечные станции и адсорберы, полностью заменяющие кровельное покрытие или устроенные выше покрытия; эти же устройства на экранах лоджий, стенах здания, оконных проемах (селективно прозрачные); ветроколеса, получаемые путем трансформации защитных экранов фонарей, с концентраторами и диффузорами ветрового потока; гидро- или геотермальные коллекторы, расположенные в подвальной части или ниже фундамента здания; метантенки, сблокированные с конструкциями подвальной части, нулевого цикла и др. Максимальное совмещение несущих и технологических конструкций зданий и установок для преобразования энергии НВИЭ позволяет не только сократить площадь отторгаемой земли, расход строительных материалов, но и снизить длину коммуникационных линий. При этом обычно не уменьшается архитектурная выразительность зданий и сооружений. Наряду с использованием НВИЭ следует обратить внимание и на повышение сопротивления теплопередаче наружу, что в комплексе с



учетом местных климатических условий позволяет обеспечить хорошие условия регулирования теплообмена в здании и снизить энергозатраты.

В городе с экологичной средой необходимы:

- сведение к минимуму теплопередачи наружу здания;
- в зимнее время обеспечение поступления солнечной энергии через окна и оранжереи на южной стороне, снижение утечек воздуха и сокращение инфильтрации его через щели, стыки;
- в летнее время обеспечение естественной вентиляции проветриванием, установкой термосифонов, обеспечение радиационного охлаждения, а также охлаждения за счет испарения (например, при орошении кровли), улучшение ввода солнечного света внутрь комнат;
- использование новых систем вентиляции и охлаждения, не требующих подвода энергии;
- применение новых биосистем очистки грязной воды.

Снижение расходов энергии в системах инженерной обеспечения зданий теплотой основывается на комплексном рассмотрении факторов, определяющих возможности экономии. К этим факторам относятся:

- оптимизация в тепловом отношении архитектурно-строительных, светотехнических и технологических решений зданий;
- создание и использование более экономичных и совершенных систем теплоснабжения и вентиляции и оборудования для них;
- совершенствование процессов производств, осуществляемых в зданиях и влияющих на энергетические затраты систем обеспечения микроклимата помещений;
- утилизация теплоты вентиляционных выбросов и сточных вод в зданиях различного назначения;
- более полное использование вторичных тепловых ресурсов промышленных предприятий для удовлетворения потребностей в энергии на нужды отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения;
- широкое использование возобновляемых источников энергии.

Комплексный подход к анализу потребления теплоты, возможности вовлечения вторичных энергетических ресурсов в тепловой баланс зданий, создание систем утилизации теплоты в зданиях, использование возобновляемых источников энергии позволят решить проблемы энергосбережения со снижением общего расхода энергии и топлива.

Организационные и технические меры, принятые энергоснабжающими компаниями многих европейских стран в период энергетического кризиса 70-х гг. прошлого столетия, характеризовались решительностью, прагматизмом и высокой эффективностью. Предпочтение отдавалось поиску конкретных технических решений,

дающих очевидный и значительный выигрыш в энергетической эффективности тепло- и электроснабжения.

*Основные тенденции энергосбережения.* Правительства многих стран мира разработали и активно реализуют национальные энергетические программы, направленные:

- на изыскание энерго- и ресурсосберегающих путей развития экономики;
- изменение структуры материального производства в сторону увеличения неэнергоёмких отраслей;
- изменение структуры топливно-энергетического баланса с целью снижения доли потребления нефти и газа;
- расширение научно-практических работ в области нетрадиционных возобновляемых источников энергии;
- усиление роли государства в области управления энергосбережением.

В 1990–2000 гг. произошли значительные сдвиги в структуре топливно-энергетического баланса многих стран:

- доля нефти и нефтепродуктов снизилась за этот период в США с 43% до 40%, в Западной Европе – с 53% до 46%;
- потребление угля увеличилось в США на 13%, в Западной Европе – на 8%;
- доля ядерной энергии в США – рост в 2,7 раза, в Западной Европе – рост в 3,4 раза;
- потребление природного газа увеличилось в 1,35 раза, а его доля в топливном балансе возросла с 25 до 29%.

Вместе с изменениями структуры национального энергетического баланса в мире наблюдается углубление неравномерности развития различных регионов в производстве и потреблении энергоресурсов. Такие страны, как США, Япония, страны Западной Европы, занимая менее 10% территории и при населении менее 20%, производят более 50% мирового промышленного продукта, почти 65% электроэнергии и потребляют более 55% природных энергетических ресурсов.

В настоящее время стало очевидным, что главный вопрос энергосбережения состоит не в том, сколько энергоресурсов потребляется, а в том, насколько эффективно это делается. Вот почему различные административные ограничения на потребление энергии вскоре оказываются бесполезными, если они не сопровождаются мерами по увеличению эффективности использования энергии.

Наиболее надежным показателем энергетической эффективности служит коэффициент эластичности валового национального продукта по энергии. Он определяется отношением прироста ВВП исследуемого года на 1 жителя к приросту потребления энергоресурсов на 1 жителя.

Величина удельного расхода энергоресурсов на душу населения в тот или иной период времени в различных странах вобрала в себя многочисленные и противоречивые тенденции, действующие в этих обстоятельствах. Среди причин того или иного уровня удельного расхода энергоресурсов следует учитывать:

- географические и климатические условия;
- уровень развития промышленности, транспорта, связи;
- структуру промышленности;
- уровень жизни населения, качество предоставляемых услуг;
- культуру энергопотребления;
- цену и структуру энергоресурсов.

Таким образом, энергосбережение и сегодня в условиях относительной доступности цен на энергоносители остается важнейшим направлением энергетической политики многих стран мира. Несмотря на то, что темпы мирового производства и потребления энергетических ресурсов снизились из-за экономического и энергетического кризиса в Центральной и Восточной Европе и странах СНГ, а также вследствие осуществления более четверти века политики энергосбережения, проводимой после первого энергетического кризиса 1973 г. странами – членами организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), тем не менее:

- темпы снижения коэффициента полезного использования первичных энергетических ресурсов (КПИ) в мире отставали от аналогичного показателя в странах ОЭСР, что связано с опережающим увеличением в структуре конечного потребления в странах-членах ОЭСР доли электроэнергии;
- мировые темпы роста снабжения первичными энергетическими ресурсами опережали аналогичный показатель по странам-членам ОЭСР;
- свыше 30% мирового прироста снабжения первичными энергетическими ресурсами за рассмотренный период времени (после первого энергетического кризиса) было удовлетворено за счет природного газа.

*Опыт развитых стран в энергосбережении.* Государства, вступающие на путь интенсивного энергосбережения, в свое время создавали и совершенствовали законодательно-нормативные основы, обеспечивающие реализацию государственной политики энергосбережения и эффективного использования топлива и энергоресурсов. Первые меры регулирующего воздействия государства на уровень энергопотребления в промышленно развитых странах проявились сразу после возникновения в 1973 г. кризисной ситуации в нефтеснабжении. К ним, прежде всего, следует отнести меры запрещающего характера, в том числе направленные:

- на снижение расхода моторного топлива;

- введение ограничений на скорость движения автомобильного транспорта;
- продажу бензина для личных транспортных средств в выходные дни;
- использование световой рекламы и т.д.

На государственном уровне многих стран был разработан и реализован целый комплекс административно-законодательных мер, направленных на повышение эффективности использования топлива и энергии в различных сферах экономики. Так, политика энергосбережения в Федеративной Республике Германии (ФРГ) строилась на условиях рыночной экономики, а государственные рамочные условия «сопровождали» рыночные процессы, и предпочтение отдавалось влияющим на них рычагам в форме законодательных мер. Закон об энергосбережении, принятый в ФРГ в 1976 г., регулирует следующие направления деятельности:

- теплоизоляцию зданий;
- энергосбережение на отопительных установках;
- распределение оплаты за отопление.

Основные энергосберегающие мероприятия в соответствии с законом касаются зданий, т.к. именно здесь, по мнению законодателя, сосредоточен основной потенциал для экономии энергоресурсов. В ФРГ исходят из того, что треть всего первичного потребления энергоресурсов составляют отопление и горячее водоснабжение.

Одним из мероприятий на пути реализации мер по экономии энергоресурсов стало образование в 1973 г. Международного энергетического агентства (МЭА), в состав которого в настоящее время входят 24 промышленно развитых страны. К числу главных направлений деятельности этой организации относится укрепление энергетической безопасности стран-участников путем снижения энергоемкости их экономик и создания крупных стратегических запасов нефти. Характерной чертой является то, что во всех без исключения странах – членах МЭА признано необходимым, иметь в составе государственных органов управления специализированные службы, занимающиеся вопросами энергосбережения.

В настоящее время среди комплекса мероприятий, используемых странами МЭА для реализации стратегии энергосбережения, следует выделить:

- меры финансового (фискального) характера;
- организацию рекламно-информационных и пропагандистских кампаний;
- внедрение и периодическое ужесточение стандартов энергоэффективности и системы маркировки энергопотребляющего оборудования и приборов;

- поддержку и проведения энергоаудитов;
- организацию, поддержку и проведение образовательных программ;
- поддержку НИОКР в сфере энергосбережения.

Финансовые рычаги, которые закреплены в законодательствах этих стран, также активно используются практически всеми странами – членами МЭА для стимулирования внедрения в экономику энергосберегающих мероприятий и технологий. К ним необходимо отнести в первую очередь механизмы выдачи для нужд энергосбережения государственных грантов, субсидий, льготных займов и кредитов, а также дифференцированное налогообложение. Благодаря этому в ФРГ, Дании, Нидерландах при активной поддержке государства произошло радикальное изменение структуры тепло-генерирующих мощностей за счет развития крупных систем централизованного теплоснабжения и ТЭЦ.

В Великобритании существенные изменения были достигнуты за счет того, что электроэнергетический сектор был приватизирован и реструктуризирован (исключая ядерную энергетику). Благодаря этому усилилась конкуренция на рынке газа частично за счет привлечения конкурирующих поставщиков, частично благодаря обеспечению доступа компаний к транспортировке газа. Для преодоления рыночных барьеров, стимулирования эффективных инвестиций и достижения целей по охране окружающей среды используются также экономические инструменты.

Интересен опыт Франции, Бельгии и Дании в области управления спросом на энергию с целью ее экономии. В 1982–1986 гг. здесь были введены новые системы тарифов, отличающиеся от предыдущих более широкой дифференциацией по различным критериям. Новые тарифы на электроэнергию стимулировали снижение нагрузки потребителей в период зимнего максимума за счет действия льготных тарифов в остальное время года. Благодаря широкой дифференциации тарифов, при которых пиковая энергия в определенных условиях стоит более чем в 20 раз дороже базовой, а в летнее время в отдельных тарифных зонах электроэнергия отпускается потребителям по ценам ниже среднегодовой себестоимости по энергосистеме. Широкая дифференциация тарифов привела к существенному изменению графика нагрузки энергосистемы Франции: появился третий суточный максимум нагрузки в районе 1 часа ночи.

Как в Западной Европе, так и в США и Японии в 1970–1980 гг. было построено значительное количество ТЭС с газотурбинными и парогазовыми установками. В странах Западной Европы и США термодинамические преимущества теплофикации использовались не только при создании крупных ТЭС, но и при развитии мелких теплоисточников в городском хозяйстве.

В Италии закон по энергосбережению определил задачи региональных администраций по разработке региональных энергетических планов. Мощности новых районных котельных для систем отопления и электростанции мощностью более 10 МВт являются теперь частью регионального энергетического рынка, а города с населением более 50 000 жителей разрабатывают свои местные планы энергопотребления и энергосбережения. В законе также установлены новые требования:

- к проектированию зданий;
- наличию энергетического сертификата на здания;
- сертификации компонентов зданий и предприятий их обслуживающих;
- контролю эффективности сжигания топлива;

Существенный прогресс в энергосбережении был достигнут за счет совершенствования систем транспорта тепловой энергии.

Значительная экономия энергоресурсов была получена также в абонентских системах теплоснабжения. В Финляндии за счет энергосберегающих мероприятий удельное годовое теплопотребление зданий с 1973 по 1984 гг. снизилось на 33%, в Дании годовой расход энергоресурсов на нужды теплоснабжения за 1973–1983 гг. снизился на 20%. Среди энергосберегающих мероприятий, осуществленных в абонентских системах, особо следует выделить стопроцентную автоматизацию теплопотребляющих установок и полный учет теплопотребления.

Принятые в промышленно развитых странах Запада технические меры по энергосбережению на теплоисточниках, в системах транспорта тепловой энергии и в распределителях тепловой энергии (бойлерах и отопительных батареях) позволили радикально снизить затраты ТЭР на теплоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий при одновременном повышении уровня комфортности жилых, общественных и производственных зданий. В жилом и промышленном секторах США стали применяться тепловые насосы, которые уменьшают тепловые потери в вентиляционных системах зданий и в канализационных стоках, получая двойной эффект – нагрева и охлаждения. Только в жилом секторе к 1990 г. их было установлено более 7 млн. единиц. В США действует также широкий спектр федеральных актов и законов штатов, регулирующих отношения производителей и покупателей энергии и энергоресурсов. Защита прав потребителей осуществляется активно развитой юридической и судебной практикой.

Островное положение Японии, специфичность ее развития, скудность месторождений полезных ископаемых заставляют эту страну импортировать более 80% энергетических ресурсов, в том числе почти 100% нефти. Наиболее дешевым и безопасным энергоресурсом, или



энергоисточником как в экологическом, так и в экономическом смысле в Японии считается энергоресурсосбережение, которое является стратегической политикой государства и помогает стране при минимальных природных ресурсах быть одной из богатейших стран мира. Успехи, достигнутые Японией в энергосбережении, можно объяснить острой заинтересованностью государства в политике экономного расходования всех ресурсов, потребляемых промышленностью и частным сектором, что позволяло и сегодня позволяет японским товарам успешно конкурировать на довольно тесном мировом рынке. После первого нефтяного кризиса правительство Японии в 1978 г. организовало Японский центр энергосбережения с отделениями в семи наиболее значимых городах страны. Основные направления их деятельности включают:

- исследования в области энергоресурсосбережения и энергосберегающей техники;
- пропаганда энергосбережения во всех сферах человеческой жизни, иллюстрация экологической, экономической и социальной значимости энергоресурсосбережения;
- профессиональное обучение методам, способам рационального энергопотребления на всех уровнях промышленного производства, а также подготовка специалистов-энергоменеджеров с принятием экзаменов и выдачей лицензионных сертификатов для персональной деятельности в области энергосбережения;
- воспитание на всех уровнях бережного отношения к энергии и природным ресурсам;
- усовершенствование техники, особенно на основе альтернативных источников энергии, использования новых конструкционных материалов (керамические газовые турбины);
- разработку новых технологий использования атомной энергетики и др.;
- развитие консультационных услуг в области энергоресурсосбережения, (для государственных организаций, малых и средних частных фирм они предоставляются бесплатно);
- широкое развитие информационных услуг, как через средства массовой информации (ТВ, радио, печать), так и индивидуально, по заказам фирм и частных лиц.

Такой системный подход к энергосбережению с охватом почти всех сколько-нибудь значительных предприятий любой формы собственности позволил Японии догнать и перегнать развитые страны по валовому продукту и его качеству. Сегодня энергоёмкость ВВП Японии в 3 раза ниже, чем в России. В странах МЭА проведение широкомасштабной пропагандистско-информационной кампании и правительственная

поддержка НИОКР в сфере энергосбережения являются неотъемлемой частью государственной энергосберегающей политики.

*Опыт стран с переходной рыночной экономикой.* К концу 1990-х гг. в странах Центральной Европы ситуация в экономике с энергопотреблением и его структурой претерпела серьезные изменения. В некоторых странах существенно уменьшилось энергопотребление из-за спада промышленного производства (в частности, в энергоемких отраслях промышленности). Энергетическая эффективность экономики, однако, практически не снизилась или снизилась незначительно в отдельных ее секторах. Что же касается промышленности, то в целом ее энергоемкость возросла.

В 1990 г. валовой национальный продукт на душу населения в странах Центральной Европы составил от 20% (Румыния) до 53% (Чехия и Словакия) среднего показателя по странам ЕС. Потребление первичных энергоресурсов на душу населения в странах Центральной Европы составляло от 70 до 130% среднего показателя по странам ЕС. Энергоемкость ВВП по первичной энергии была намного выше в странах Центральной Европы, за исключением Венгрии. В 1990 г. ее показатель в Болгарии и Румынии был более чем в 3 раза выше среднеевропейского; для Венгрии, Польши и бывшей Чехословакии это превышение было в пределах от 2 до 2,4 раза. Поэтому энергосбережение оказалось несомненно, важнейшим организационно-экономическим и научно-техническим «ресурсом», который помог странам Центральной Европы решить важную задачу – менее чем за 20 лет достигнуть того же уровня энергоэффективности, который характерен для стран Западной Европы.

В развивающихся странах необходимо стремиться не к уменьшению потребления энергии, а к достижению экономического и социального развития с более низким энергопотреблением, чем это было характерно для промышленно развитых стран в прошлом. Осуществление энергосберегающей стратегии в развивающихся странах позволит этим странам выделить больше финансовых и человеческих ресурсов на другие программы экономического и социального развития. Несмотря на низкие уровни общего потребления энергии, большинство из этих стран характеризуются резкими внутренними контрастами: в городских центрах и в промышленности энергия в основном используется неэффективно; в сельской местности и пригородных зонах энергопотребление очень низкое.

Вследствие быстрого роста численности населения во многих развивающихся странах наблюдаются высокие темпы увеличения спроса на жилье, транспортные и другие услуги. Поэтому там возникают большие возможности для обеспечения рационального использования энергии на новых объектах промышленности, жилья и транспорта. Осуществить эти возможности при создании новых объектов гораздо легче (технический и технологический), чем повышать энергетическую эффективность

действующих. Это означает, что осуществление энергоресурсосберегающей политики даже более важно для экономического равновесия развивающихся стран, чем для промышленно развитых государств.

### 8.3.4 Практические вопросы и решения

1. С чем связана особая актуальность проблемы энергетических ресурсов застроенной среды?
2. Что такое нетрадиционные возобновляемые источники энергии?
3. Каковы социальные факторы, определяющие отношение общества к энергосбережению?
4. Какова роль энергосбережения в глобальном потеплении климата?
5. Опишите пути экономии энергии застроенной среды.

### 8.3.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)

A Handbook of Sustainable Building Design and Engineering: an Integrated Approach to Energy, Health and Operational Performance of Buildings (Edited by D.Mumovic & M.Santamouris). – Routledge – 2009 – 474 P.

Alcorta L., Bazilian M., De Simone G., Pedersen A. (2012). Return on investment from industrial energy efficiency: evidence from developing countries // Energy Efficiency. Vol. 7., Iss.1. PP. 43–53  
<http://link.springer.com/article/10.1007/s12053-013-9198-6>

Harmsen R, Eichhammer W, Wesselink B. (2014) An exploration of possible design options for a binding energy savings target in Europe // Energy Efficiency Vol. 7, Iss. 1, pp 97–113  
<http://link.springer.com/article/10.1007/s12053-013-9202-1>

Dakwale V.A., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S. (2011). Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review // Sustainable Cities and Society. Vol. 1, Iss. 4, PP 211–218.

Kok N., McGraw M., Quigley J.M. (2012). The diffusion over time and space of energy efficiency in building // The Annals of Regional Science. Vol. 48, Iss. 2, pp. 541–564.

Mallaburn P.S., Eyre N. (2014). Lessons from energy efficiency policy and programmes in the UK from 1973 to 2013 // Energy Efficiency February. Vol. 7, Iss. 1, pp 23–41.

Li D.H.W., Yang L., Lam J.C. (2012). Impact of climate change on energy use in the built environment in different climate zones – A review// Energy. Vol. 42, Iss. 1, PP. 103–112.

Pelenur M. and Cruickshank H., 2011. The subjective view of energy in the urban built environment: what are the social factors that affect our interaction with energy? Proceedings of the 6th UNESCO Dubrovnik conference on sustainable development of energy, water, and environment systems (SDEWES), Dubrovnik, Croatia, 25–29 September 2011, University of Dubrovnik, SDEWES11-0078.

Saieg Ph. (2013) Energy Efficiency in the Built Environment // State of the World 2013. Is Sustainability Still Possible? pp 184–189.

Tronchin L, Fabbri K. Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation// Energy and Buildings. – 2008. – V. 40(7). – P. 1176–1187.

Wilkinson P., Smith K.R., Beevers S., Tonne C., Oreszczyn T. (2007). Energy, energy efficiency, and the built environment // The Lancet. Vol. 370, Iss. 9593, PP. 1175–1187.

## **8.4 Тема лекции 4: Роль возобновляемых источников энергии в энерго- и теплоснабжении застроенной среды**

### **8.4.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с проблемами энергосбережения застроенной среды и решениями за счет использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

### **8.4.2 Цель и основные результаты обучения**

Целью обучения по этой теме является изучение возможностей нетрадиционных источников энергии в энергоснабжении застроенной среды:

- Возможности использования солнечной энергии;
- Ветровая энергия;
- Биотопливо и перспективы его применения;
- Лучистое отопление производственных и общественных зданий

Предполагаемые основные результаты обучения соответствуют выше предусмотренным целям.

### **8.4.3 Конспект лекции и раздаточные материалы**

#### **Тема лекции 4: Роль возобновляемых источников энергии в энерго- и теплоснабжении застроенной среды**

- Возможности использования солнечной энергии;
- Ветровая энергия;
- Тепловые насосы;
- Геотермальная энергия;
- Биотопливо и перспективы его применения;
- Городские отходы как топливо;
- Лучистое отопление производственных и общественных зданий

#### **Роль возобновляемых источников энергии в энерго- и теплоснабжении застроенной среды**

- Возможности использования солнечной энергии;
- Ветровая энергия;
- Тепловые насосы;
- Геотермальная энергия;
- Биотопливо и перспективы его применения;
- Городские отходы как топливо;
- Лучистое отопление производственных и общественных зданий

Истощение запасов традиционного ископаемого топлива и экологические последствия его добычи, транспортировки, переработки и сжигания в последнее время обусловили повышенный интерес к альтернативным источникам энергии. К ним относят, прежде всего, энергию солнца, ветра, термальную энергию, энергию биомассы, гидроэнергию малых рек и водоемов, приливов и отливов.

В качестве приоритетных сфер приложения нетрадиционных источников энергии наибольший интерес представляет область теплоснабжения, являющаяся в настоящее время одним из наиболее емких потребителей ТЭР. Преимущества технологий теплоснабжения, использующих неисчерпаемые источники энергии, в сравнении с их традиционными аналогами, связаны не только со значительным сокращением затрат энергии в системах жизнеобеспечения, но и с их экологической чистотой, а также новыми возможностями повышения степени автономности и создания регулируемых систем тепло- и водоснабжения. Из множества известных решений, позволяющих снизить влияние топливно-энергетического и коммунального комплекса на окружающую среду, необходимо выделить следующие:

- сокращение расхода энергии в технологических процессах путем замены их новыми, с более высоким КПД;

— использование альтернативных источников энергии.

Первое решение требует, как правило, значительных капитальных вложений, а также длительного промежутка времени. Второе решение предполагает значительное сокращение либо прекращение использования угля, нефтепродуктов и других горючих компонентов органического происхождения путем замены их другими альтернативными (возобновляемыми) источниками энергии, не обладающими конечной природой.

Возобновляемые источники энергии, возможно, никогда не смогут полностью заменить потребление ископаемого топлива, однако в сочетании с мероприятиями по уменьшению энергопотребления они могут помочь снизить зависимость общества от минерального топлива и тем самым уменьшить рост выбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду. Они постоянно пополняются природными циклами Земли и благодаря этому представляют собой неиссякаемый источник энергии.

Возобновляемые источники энергии активно внедряются в развитых странах мира. Их доля в энергетическом балансе к началу XXI в. достигла 20%.

### **Возможности использования солнечной энергии**

Впервые идея создания солнечной электростанции промышленного типа была выдвинута советским инженером Н.В.Линицким в 30-х годах XX века. Тогда же им была предложена схема солнечной станции с центральным приемником на башне. В ней система улавливания солнечных лучей состояла из поля гелиостатов – плоских отражателей, управляемых по двум координатам. Каждый гелиостат отражает лучи солнца на поверхность центрального приёмника, который для устранения влияния взаимного затенения поднят над полем гелиостатов. Опыты по строительству солнечных станций коллекторного типа были начаты в восьмидесятых годах в США.

Бытует мнение, что энергию солнца можно с успехом использовать только в тех регионах страны, где число солнечных дней в году достаточно, чтобы осуществить непрерывное снабжение потребителей энергией. Однако это не так. Уже разработаны и широко внедряются установки, использующие рассеянный солнечный свет. Активно разрабатываются и внедряются комбинированные установки, использующие энергию солнца и традиционную энергию, получаемую от сжигания органического топлива.

Земля получает практически всю энергию от Солнца. Достигая атмосферы Земли, солнечное излучение частично отражается,



поглощается, преломляется и излучается. Атмосфера с одной стороны защищает землю от полной мощи солнечной радиации, а с другой – покрывает ее «теплоизоляционным одеялом», сохраняющим необходимое тепло. По одной из оценок предполагается, что Солнце дает Земле в 15 000 раз больше энергии, чем каждый год потребляется человечеством. Сегодня существует несколько способов использования солнечного излучения для получения тепловой и электрической энергии.

#### *Солнечный обогрев.*

Энергия Солнца используется для обогрева зданий. При использовании пассивной модели солнечного обогрева используются окна и расширительные баки для улавливания тепла солнца, а хорошая их теплоизоляция гарантирует удержание тепла. В зданиях с пассивными солнечными конструкциями много естественного света, что способствует уменьшению и потреблению электроэнергии для электрического освещения. В активной модели солнечного обогрева для сбора солнечного тепла используются панели солнечных коллекторов, а применение воды в системе теплообмена позволяет хранить тепло и распределять его по дому. Таким образом, солнечная энергия в системах теплоснабжения используется путем преобразования солнечного излучения в теплоту невысокого температурного потенциала, достаточного для отопления и горячего водоснабжения в жилых зданиях.

Экономически обоснованной областью применения таких систем в северном полушарии являются регионы расположенные южнее 50° с.ш. Решающее влияние на технико-экономические показатели системы теплоснабжения в этом случае оказывают как теплотехнические характеристики солнечных коллекторов и климатические условия местности, в которой они используются, так и гибкость регулирования работы и надежность системы теплоснабжения. Наибольшим экономическим эффектом обладают бивалентные и комбинированные системы солнечного теплоснабжения, в которых солнечные коллекторы, используются в комплексе с дополнительными источниками теплоты и с низкотемпературными системами отопления, что определяет дальнейшее направление работ по повышению эффективности показателей системы солнечного теплоснабжения.

При изготовлении солнечных коллекторов перспективным считается использование цветных металлов и селективного стекла, пропускающего ультрафиолетовое излучение и препятствующего прохождению инфракрасного излучения. Как показал накопленный опыт, наиболее эффективными в экономическом отношении являются установки солнечного горячего водоснабжения на объектах сезонного действия и в жилых домах коттеджного типа, а также комбинированные солнечно-топливные котельные.

*Фотогальванические системы.*

Солнечная батарея или батарея солнечных элементов, – это полупроводниковый (на основе кремния) фотоэлектрический генератор, непосредственно преобразующий энергию солнечной радиации в электрическую. Действие солнечных элементов основано на использовании явления внутреннего фотогальванического эффекта. Энергетические характеристики солнечных батарей определяются полупроводниковым материалом, конструктивными (структурными) особенностями солнечных элементов, количеством элементов в батарее.

Конструктивно солнечные батареи обычно выполняют в виде плоской панели из солнечных элементов, защищенных прозрачными покрытиями. Количество солнечных элементов в батарее может достигать несколько сотен тысяч, площадь панели – десятков квадратных метров, ток солнечных батарей – сотен А, напряжение – десятков В, генерируемая мощность – несколько десятков кВт (в космических условиях). Преимуществом солнечных батарей является:

- их простота, надежность и долговечность;
- малая масса и миниатюрность солнечных элементов;
- генерирование энергии без загрязнения окружающей среды.

Солнечные батареи используют для питания устройств автоматики, переносных радиостанций и радиоприемников, для катодной антикоррозийной защиты нефте- и газопроводов. В России, США и Японии от солнечных батарей и автоматически подзаряжаемых ими буферных аккумуляторов работают маяки. Солнечные фотоэлектрические установки (СФУ) применяются также для автономного освещения и электропитания бытовых приборов

При использовании СФУ в домашних хозяйствах их размещают, как правило, на южном незатененном скате кровли жилого дома, что позволяет сократить длины соединительных кабелей и проводов, уменьшить объем и затраты на монтажные работы. Комплект СФУ, как правило, включает: солнечную батарею, зарядное устройство, аккумуляторы и инвертор.

Конструктивно солнечная батарея состоит из фотоэлектрических модулей, каждый из которых выполнен в виде панели, заключенной в алюминиевый корпус. Панель представляет собой фотоэлектрический генератор, состоящий из стеклянной плиты, с тыльной стороны которой между двумя слоями герметизирующей пленки размещены солнечные элементы, электрически соединенные между собой металлическими шинами. Матовые черные поверхности поглощают больше излучения, чем белые блестящие поверхности, а защита поглотителей от ветра под стеклом увеличивает эффект нагрева, улавливая отраженное излучение и подавляя конвекцию. Нижний слой герметизирующей пленки защищен от

внешних воздействий слоем защитной пленки. Торцы панели заключены в алюминиевую окантовку и защищены герметиком.

Эффективность использования СФУ определяется интенсивностью солнечного излучения и климатическими условиями. Первое главным образом зависит от географической широты места, где используются СФУ, а второе характеризуется числом солнечных дней в году.

Солнце как источник энергии имеет высокую стабильность. Однако закономерность движения Земли приводит к годовым, сезонным и суточным колебаниям в поступлении солнечной радиации. Кроме того, количество пасмурных дней в нашем северном полушарии увеличивается в осенне-зимний период. Это приводит к тому, что поступление солнечной радиации, а, следовательно, и выработка электроэнергии на СФУ изменяется в широких пределах:

- от 6 кВт·ч / м<sup>2</sup> в весенний или летний солнечный день;
- до 0,1 кВт·ч / м<sup>2</sup> в зимний пасмурный день.

Необходимо учитывать, что СФУ принципиально не могут работать в темное время суток, поэтому при выборе СФУ в качестве источника электроснабжения приходится принимать во внимание цикличность ее работы. Целесообразно использовать СФУ в качестве резервного источника электрической энергии при наличии сетей централизованного электроснабжения и в качестве резервного источника для автономных систем электроснабжения, выполненных на базе дизельных электроагрегатов.

## **Ветровая энергия**

Воздушные массы земной атмосферы находятся в непрерывном движении. Поэтому ветер как двигательная сила привлек внимание человека еще в древнейшие века. Циклоны, бури, постоянно дующие пассатные ветры, легкие бризы – многообразные проявления энергии потоков воздуха. Область техники, использующая энергию ветра, называется ветроэнергетикой. К положительным особенностям энергии ветра относятся огромное ее количество и практическая неисчерпаемость этого вида энергетических ресурсов, непрерывно возобновляемых за счет неравномерного нагревания солнечными лучами земной поверхности.

Энергия, полученная от ветра, как правило, потребляется на месте ее производства, не требуя дальнейшей передачи. С 1 км<sup>2</sup> земной поверхности при малоблагоприятных ветровых условиях (скорость ветра до 50 м/с) можно получать от 250–750 кВт среднегодовой мощности. Сегодня ветер используется в современных ветровых турбинах для выработки электричества. Это может быть отдельный агрегат, снабжающий электричеством ферму, или же сложные системы, питающие энергией

электросистему. Самые маленькие ветроустановки (ВЭУ) вырабатывают около 500 ватт, что достаточно для телевизора, а мощность самых больших составляет несколько мегаватт, чего хватит для энергоснабжения небольшого города.

В сложных системах, называемых ветряными фермами, обычно используются турбины мощностью около 300 кВт, установленные на высоте до 50 м, а диаметр лопастей может составлять до 30 м. Конструкции таких ветроустановок представляют собой инженерные сооружения, которые должны выдерживать суровые условия штормов и ветров, однако оставаться легкими и пригодными к работе при небольшом ветре.

Ротор таких турбин рассчитан для работы на постоянной скорости (обычно 34 оборота в минуту), а угол лопастей автоматически регулируется для достижения этой скорости. Верхушка или «гондола» турбины также поворачивается горизонтальным мотором так, чтобы она постоянно была обращена к ветру. Лопасти турбины, длина которых в машине мощностью 300 кВт может составлять 15 м, собираются вручную из композитного стекловолоконного материала, армированного деревом или алюминием. Иногда лопасти могут изготавливаться из стали.

Ветроустановки размещают, как правило, в местах, где достаточно ресурсов. Идеальные условия – постоянный ветер круглый год со скоростью от 6 до 25 метров в секунду. Такие места обычно находятся в холмистой и часто в прибрежной местности. Для оценки пригодности предлагаемых мест необходим тщательный контроль и составление карты ветров. Места расположения ветроустановок должны быть достаточно близки от существующих систем распределения электричества и центров спроса.

Ветроустановки номинальной мощностью до 10 кВт используются в качестве автономных источников электроэнергии для электроснабжения жилых домов в районах, где скорость ветра составляет не менее 5 м/с. Такие ветроустановки с помощью блока управления и регулирования и кабелей, поставляемых в комплекте с ветроэлектрическим агрегатом, подключается к распределительному щиту напряжением 0,4 кВ.

За последние 20 лет была проделана огромная работа по совершенствованию ветрогенераторов. Цена энергии ветра с тех пор снизилась на 85%. Во многих районах США (таких как Канзас, Северная Дакота, Техас, Колорадо) энергия, полученная на ветряных электростанциях, стоит дешевле энергии обычных электростанций. Германия на сегодняшний день вырабатывает 20% электроэнергии на ветроэнергетических станциях.

## Тепловые насосы

Интенсивное развитие теплонасосной техники в мире вызвано тем, что при использовании теплового насоса потребитель на единицу затраченного исходного топлива получает в 2,5 раза больше тепла, чем при прямом его сжигании. Такая эффективность производства тепла достигается тем, что тепловой насос вовлекает в полезное использование низкопотенциальное тепло:

- естественного происхождения (тепло грунта, грунтовых вод, природных водоемов, солнечной энергии);
- техногенного происхождения (промышленные стоки, очистные сооружения, вентиляция и т.д.);
- вторичные энергетические ресурсы с температурой от 2°C до 40°C, т. е. тепло, которое не может быть напрямую использовано для целей теплоснабжения.

Тепловые насосы как источники энергии известны давно и считаются эффективным оборудованием, срок службы которого больше, чем аналогичного вентиляционно-отопительного оборудования. Их всерьез рассматривают в качестве следующего шага на пути развития отопления, все более ориентирующегося на требования окружающей среды.

В частности, по прогнозу Мирового энергетического комитета (МЭК) к 2020 г. 75% теплоснабжения в развитых странах будет осуществляться тепловыми насосами. И этот прогноз успешно подтверждается. Например, доля тепловых насосов в теплоснабжении США составляет 37%, в Швеции более 50%, в Швейцарии – 27%, в России – всего 0,2%. В Японии ежегодно производится около 3 миллионов тепловых насосов различной мощности, в США – один миллион. В Германии предусмотрена дотация государства на установку тепловых насосов в размере 350 евро на каждый кВт установленной мощности. В Стокгольме 12% всего отопления города обеспечивается тепловыми насосами общей мощности 320 МВт, использующими как источник тепла воды Балтийского моря.

Тепловые насосы представляют собой компактные установки, предназначенные для переноса тепловой энергии от теплоносителя с низкой температурой к теплоносителю с более высокой температурой. Тепловые насосы – единственные установки, которые производят больше тепловой энергии, чем потребляют электрической, и поэтому считаются наиболее эффективными источниками тепла. Тепловые насосы получили признание из-за их:

- *экономичности*: чтобы передать в систему отопления 1кВт тепловой энергии, тепловому насосу нужно лишь 0,2–0,25 кВт электроэнергии;
- *экологичности*: тепловой насос не сжигает топливо и не



- производит вредных выбросов;
- *минимальности обслуживания*: для работы теплонасосной станции мощностью до 10 МВт не требуется более одного оператора в смену;
- *короткого срока окупаемости*: в связи с низкой себестоимостью производимого тепла тепловой насос имеет малый срок окупаемости (1–1,5 года).

Основным достоинством теплового насоса является его высокая эффективность по сравнению со всеми видами котельных. Учитывая КПД выработки электроэнергии на ТЭС, очевидно, что применение теплового насоса в 1,2–2,5 раза выгоднее самых эффективных газовых котельных. Исходя из сложившихся цен на электрическую и тепловую энергию, стоимость выработанного тепловым насосом тепла (в зависимости от эффективности работы теплового насоса) будет от 1,6 до 3,7 раза ниже стоимости централизованного теплоснабжения и в 2–3 раза ниже, чем в угольных и мазутных котельных малой и средней мощности. Тепловые насосы мощностью 11 ккал / ч (1,16 МВт) экономят 2100 т угля в год.

В испарителе теплового насоса вместо продуктов охлаждается вода источника, а «снятая» тепловая энергия не выбрасывается в помещение квартиры, а греет в конденсаторе воду из системы отопления и горячего водоснабжения.

Источником низкопотенциальной тепловой энергии для работы теплового насоса может служить любая проточная вода с температурой от 5 до 30°C. Чаще всего в качестве источника тепла используют воду: артезианских скважин, нагретые промышленные сбросы, хозяйственно-бытовые стоки (канализация), градирни, незамерзающие водоемы и др. Таким образом, тепловой насос – это устройство, которое служит для передачи теплового потока от источника тепловой энергии, имеющего низкую температуру (5–30°C), к потребителю тепловой энергии, имеющему более высокую температуру (65–80°C). В тепловом насосе имеется три основных агрегата (испаритель, конденсатор, компрессор) и три контура (хладоновый, водяной источник и водяной отопления). Испаритель – кожухотрубный теплообменник, где в трубах движется вода источника, а между трубок – хладагент (хладон).

Упрощенно рабочий цикл теплового насоса выглядит следующим образом: через испаритель проходит 10-градусная вода из скважины; путем регулировки дросселем настраивается такое давление хладона в испарителе, чтобы температура его кипения составляла +2 – +3°C (все хладоны имеют крутую зависимость температуры кипения от давления); теперь при тепловом контакте с «горячими» трубками часть хладагента вскипает, «отбирая» при этом энергию у воды; охлажденная вода, прошедшая через испаритель, сбрасывается в другую (приемную)



скважину; испаренный хладон, в свою очередь, всасывается в компрессор, сжимается им и, нагретый до 70–80°C, выталкивается из конденсатора. Конденсатор по устройству такой же теплообменный аппарат, как и испаритель. Попадая в межтрубное пространство с температурой 70–80°C и вступая в теплообмен с обратной водой из системы отопления (50–55°C), хладон конденсируется на «холодных» трубках, передавая свою энергию воде. Вода в трубках нагревается, а хладагент, уже жидкий, стекает на дно конденсатора, откуда, за счет перепада давлений, через дроссель возвращается в испаритель.

Затраты электрической энергии в тепловом насосе (в основном на работу компрессора и циркуляционного насоса) на единицу вырабатываемого тепла составляет от 20 до 33% в зависимости от температуры низко потенциального источника тепловой энергии и температуры конденсации. Если источником низкопотенциального тепла является тепло грунта, то используется трубопровод в земле, изготовленный из полиэтиленовой трубы наружным диаметром 40 мм. Он укладывается на глубину промерзания грунта. Конструкция трубопровода и схема укладки его в грунте могут быть различными и приспособленными к конкретным местным условиям.

Сбрасываемая вода очистных сооружений имеет температуру 20–25°C. Если установить тепловой насос на эту воду, то можно отапливать не только сами очистные сооружения, но и близлежащие дома и даже район. Срок окупаемости теплового насоса в этом случае будет менее 2 лет.

В случае использования в качестве источника НПТ водного бассейна подвод тепла к ТНУ осуществляется за счет погружения в водную среду теплоотборника с циркулирующей по нему жидкостью, характеристики которой определяются условиями эксплуатации системы. Это может быть вода или при необходимости водный раствор тосола, который используется с целью снижения температуры замерзания. Конструкция теплоотборника также может быть выполнена с учетом конкретного вида и характера источника НПТ. В случае использования тепла воздуха осуществляют принудительный обдув теплоотборника специальным вентилятором.

Помимо парокомпрессорных тепловых насосов, которые, как было отмечено выше, используют электроэнергию в качестве энергии высокого потенциала, промышленность изготавливает и абсорбционные (бинарные) тепловые насосы, в которых относительно высокопотенциальным теплоносителем являются пар, горячая вода и продукты сгорания.

В качестве рабочего вещества в абсорбционных тепловых насосах применяется раствор двух веществ (бинарная смесь), который различается температурой кипения при одинаковом давлении. Одно вещество поглощает и растворяет второе вещество, являющееся рабочим агентом.

По принципу абсорбционных тепловых насосов работают бинарные электростанции, в которых используют пароводяную смесь относительно высокой температуры из геотермальных скважин, а в качестве рабочего вещества используется фреон. Такая электростанция мощностью 500 кВт была построена в 70-е гг. прошлого столетия в г. Паратунка на полуострове Камчатка. Тепловые насосы применяются и в жилищной сфере.

Как видим, используя тепло грунта и отобранную утилизаторами тепла тепловую энергию «уходящего» воздуха и стоков тепловая насосная установка, смонтированная на здании, обеспечивает потребности проживающих в 320 кВт мощности горячего водоснабжения, потребляя всего 110 кВт электроэнергии.

### **Геотермальная энергия**

Наиболее освоенным видом возобновляемой энергии на сегодня является геотермальное тепло Земли. В последнее десятилетие ежегодный мировой прирост установленной мощности геотермальных электростанций составляет 10—20%. Суммарная мощность геотермальных электростанций в мире превышает 8 тыс. МВт. Устойчивый интерес мирового сообщества к развитию геотермальной энергетики обусловлен следующими обстоятельствами:

- относительной экологической чистотой использования геотермального тепла;
- высокой экономической эффективностью использования геотермальных источников в удаленных и малонаселенных регионах;
- конкурентоспособностью геоэлектрических и геотермальных станций по сравнению с традиционными тепло- и электростанциями, в частности по себестоимости произведенного тепла и электроэнергии.

Геотермальная энергия использует высокие температуры, обнаруживаемые глубоко в недрах земной коры, для получения и предоставления экологически чистой тепловой и электрической энергии потребителям. В некоторых местах в мире, особенно на краю тектонических плит, теплота естественно выходит на поверхность в форме горячих источников, гейзеров и, что особенно зрелищно, вулканов. В других областях водные пласты протекают сквозь горячие подземные скальные слои, и это тепло можно «забрать» через системы теплообмена.

Хозяйственное применение геотермальных источников распространено в Исландии и Новой Зеландии, Италии и Франции, Литве, Мексике, Никарагуа, Коста Рике, Филиппинах, Индонезии, Китае, Японии, Кении.

Установленная мощность геотермальных электростанций в мире на начало 90-х годов прошлого века составляла около 5000 МВт, на начало 2000 года – около 6000 МВт. Геотермальная энергетика в последнее время серьезно продвинулась в своем развитии. Последние разработки позволяют вырабатывать электричество при температуре пароводяной смеси ниже 80°C. Это позволяет применять геотермальные станции гораздо шире.

### **Биотопливо и перспективы его применения**

Биологическое топливо – это постоянно возобновляемый источник энергии, который может быть использован для тепло- и холодоснабжения зданий и сооружений, производства электроэнергии. Биотопливо получают в твердом, жидком или газообразном виде. Оно может быть использовано полностью или частично для замены ископаемого топлива.

В качестве источника энергии взамен минерального топлива используется широкий спектр биомассы. В отличие от традиционных березовых дров для производства древесных или торфяных брикетов, используются современные технологии, основанные на измельчении материала в однородную массу с последующим прессованием при очень высоком давлении. В результате получают топливные гранулы или брикеты, иначе называемые *биотопливом*. Подобное биотопливо можно изготавливать не только из древесных отходов, но также из лузги подсолнечника, соломы, торфа и даже водорослей. Так как брикеты изготавливаются из перемолотых древесных отходов без каких-либо химических добавок и склеивающих веществ, то они оказываются экологически чистыми, и никакие вредные вещества при их горении не выделяются. Теплотворная способность брикета в 1,5–2 раза больше того же показателя обычной древесины. Это связано с тем, что при сжигании дров большое количество тепла тратится на испарение содержащейся в них воды. Ведь обычно влажность дров составляет 18–20%, в то время как у топливных брикетов этот параметр не превышает 7–8%.

Основные виды биомассы и их использование:

- Отходы лесоматериалов (обрезки и опилки от переработки) – топливо для котельных;
- Сельскохозяйственные отходы (солома, помет, сахарная багасса и т.п.) – а) топливо для котельных или для выработки энергии б) производство биоэтанола для транспортного топлива;
- Энергетические сельскохозяйственные культуры (быстрорастущая биомасса, выращиваемая специально на топливо, например, ива или мискантус) – получение электроэнергии (всего несколько коммерческих примеров);

- Твердые городские отходы – а) широкомасштабное сжигание с получением энергии, используемое для выработки электроэнергии, б) улавливание метана со свалок, используется для выработки электроэнергии и промышленного нагрева.
- Сточные воды (осадки от переработки городских сточных вод) – анаэробное сбраживание осадков сточных вод вырабатывает метан.

Наиболее перспективным сырьем для получения жидкою и газообразного биотоплива являются отходы сельского хозяйства, пищевой и лесобработывающей промышленности, городские сточные воды. Основные требования к биомассе как к сырью – массовость, доступность, низкая стоимость.

Сжигание биомассы является нейтральным процессом с точки зрения выделения углекислого газа ввиду того, что растения потребляют углекислый газ в цикле фотосинтеза, а затем он выделяется при горении вещества. Поэтому большинство практических применений биомассы включает прямое сжигание материала в качестве топлива, иногда в комбинации с ископаемым топливом. Другие подходы, как например, газификация и пиролиз, позволяют производить вторичное топливо – биогаз, которое может сжигаться в более стандартных условиях (системах). Так, богатые метаном биогазы образуются из анаэробного разложения биомассы в закрытых отстойниках и сбраживателях сточных вод биоэнергетических установок (БЭУ). Благодаря этому БЭУ используются для утилизации органических отходов коммунальных, пищевых перерабатывающих и сельскохозяйственных предприятий, производства горючего газа и высокоэффективных удобрений, вырабатываемых в результате метанового сбраживания сырья (малоприятного, но неисчерпаемого и совершенно бесплатного): навоза животных; помета птиц; осадков канализационных отстойников; растительных остатков; пищевых и других отходов в анаэробных условиях.

Помимо экономической эффективности БЭУ при ее использовании решаются также экологические проблемы:

- очистка территории с/х предприятий от навоза и других отходов;
- предотвращение загрязнения почвы, водоемов и подземных вод болезнетворной микрофлорой и органическими веществами;
- предотвращение загрязнения воздушной среды метаном.

За последнее десятилетие достигнут значительный прогресс в процессах получения и обработки биомассы, что привело к увеличению числа конкурентоспособных, надежных и эффективных технологий, например сжигание городских твердых бытовых отходов, получение биогаза методом анаэробного сбраживания и т.п. В стадии разработки находятся новые технологии с применением более сложных процессов и способов преобразования энергии. Но по-прежнему наиболее

используемыми способами переработки биомассы остаются термохимические (прямое сжигание, газификация, пиролиз) и биохимические (анаэробная переработка, спиртовая ферментация и т.д.).

### **Городские отходы как топливо**

Перемещение населения в города привело к совершенно иной структуре потребления, породив тем самым проблему возникновения бытовых отходов в количестве, которое окружающая среда оказалась неспособной абсорбировать без изменения собственных параметров. В России ежегодно образовывается около 150 млн. т твердых бытовых отходов (ТБО). Только в Москве выбрасывается более 10 млн. т отходов, примерно по одной тонне на каждого жителя.

Утилизация твердых бытовых отходов – одна из важнейших проблем современной цивилизации. Особенно сложно утилизировать несортированные отходы, которых в российских условиях абсолютное большинство. Пока человечеством придумано три принципиально разных способа утилизации мусора:

1. Вторичное использование отходов.
2. Организация свалок (полигонов хранения без переработки).
3. Сжигание отходов.

*Вторичное использование отходов* – наиболее ресурсосберегающий и перспективный путь утилизации, но он не всегда рентабелен и небезопасен в экологическом плане. При его применении имеется ряд проблем, связанных с сортировкой отходов, доставкой отходов к месту переработки и невозможностью унификации процесса сортировки ввиду неоднородности состава мусора.

По современным данным, человек использует около 1% добытого сырья, а остальное превращается в отходы.

Поэтому в регионах России культивируется два основных способа утилизации ТБО – захоронение на полигонах или сжигание в больших установках массового горения (мусоросжигательных заводах). Обе технологии имеют издержки, и их применение воздействует на окружающую среду. Полигоны ТБО должны тщательно подготавливаться и управляться для предотвращения просачивания загрязняющих веществ в подземные воды и предохранения опасного накопления и выбросов богатых метаном газов. Мусоросжигательные заводы дороги в эксплуатации и выбрасывают загрязнение либо в виде дымовых газов, либо в составе золы, которая также требует захоронения.

В настоящее время все больше распространения получает комбинированный способ утилизации ТБО за счет сбора биогаза на полигонах ТБО с последующим его сжиганием в энергетических



установках для получения электроэнергии и тепла. Для оценки потенциала полигона ТБО по сбору метана в разных местах производится пробное бурение и откачивание газа на полигоне. При этом обращается внимание на чистоту газа и содержание метана. В целом, для производства тепловой и электрической энергии требуется 65–40-процентное содержание метана в биогазе. При этом 40-процентное содержание является минимальным значением. Если же в газе присутствуют различные химические вещества (например, сульфаты), осуществляется предварительная очистка собранного газа.

Количество метана, выбрасываемое в атмосферу на полигоне ТБО (ВЕ), рассчитывается по многофазной модели. Расчеты ведутся по так наз. модели разложения первого порядка. В модели учитываются разные типы отходов с различными параметрами разложения и различными долями разлагаемого органического углерода. Модель рассчитывает выбросы метана на основе фактических объемов отходов, размещаемых ежегодно, начиная с первого года начала деятельности по проекту до конца года, для которого рассчитываются выбросы по сценарию базовой линии. В случаях, когда на полигоне ТБО метан улавливается, а затем сжигается или используется каким-то другим образом, выбросы по сценарию базовой линии применяются для доли метана, улавливаемого на полигонах ТБО.

После определения потенциала полигона ТБО принимаются организационно-технические решения по его использованию:

- сжигание на существующей котельной;
- строительство нового теплоагрегата для выработки тепловой энергии или установка газовой турбины для выработки электроэнергии.

На практике только города с населением в миллион человек и более могут позволить себе газовые турбины, работающие на метане, собранном на полигоне (свалке), поскольку в остальных случаях объемов собранного газа не будет достаточно для эксплуатации турбины на полную мощность.

### **Лучистое отопление производственных и общественных зданий**

*Пленочные лучистые электронагреватели (ПЛЭН)* применяются как источник пиковой энергии в дополнение к котельной либо к тепловым насосам, вырабатывающим базовую энергию. ПЛЭН устанавливается между покрытием потолка и дополнительной теплоизоляцией, занимая при этом около 70–80% площади поверхности.

В основу работы нагревателя заложен известный принцип, в соответствии с которым при протекании тока через проводник (резистивную греющую фольгу) выделяется теплота. Она контактно передается на алюминиевую фольгу, поверхность которой нагревается до температуры 43–44°C. ПЛЭН начинает излучать невидимую тепловую



составляющую солнечного света (инфракрасные лучи) длиной волны 9–15 мкм. Данное излучение поглощается поверхностью стен, пола и мебели, создавая при этом комфортный температурный обогрев помещения (разница между температурой пола и потолка составляет 2–3°C). КПД ПЛЭН составляет 95%.

Систему отопления на основе ПЛЭН невозможно заморозить. При отключении электроэнергии с ней ничего не случится, она также отключится и после восстановления энергоснабжения выйдет на заданный температурный режим. Система способна повысить температуру в положительном диапазоне в помещении на 10 °С в течение 40 минут. На обогрев 1 м<sup>2</sup> помещения с высотой потолка, не превышающей 3 м, затрачивается около 10–20 Вт в час. Столь низкий расход электроэнергии обусловлен тем, что в поддерживающем режиме система включается на период времени, не превышающий 10 мин в час.

Еще одним важным преимуществом лучистой системы отопления является то, что она включается только тогда, когда есть необходимость в нагреве помещения, и поддерживает комфортную для потребителя температуру. Минимальное снижение затрат на отопление достигает 2,5 раз. Температура регулируется комнатным терморегулятором: встроенный датчик измеряет окружающую температуру и управляет блоком нагрева согласно различию между заданной и фактической температурой.

#### **8.4.4 Практические вопросы и решения**

1. Какие основные направления практического использования солнечной энергии разрабатываются на настоящий момент?
2. Какую долю тепловой нагрузки здания возможно покрыть за счет солнечной энергии?
3. Что такое активная система солнечного теплоснабжения?
4. В чем суть пассивной системы солнечного теплоснабжения?
5. Что является сырьем для производства биотоплива?
6. Насколько экономически обосновано использование биогаза в тепло- и электроснабжении на настоящем этапе?
7. Каковы перспективы использования твердого биотоплива в теплоснабжении?
8. В чем специфика использования энергии ветра в энергоснабжении?

#### 8.4.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)

A Handbook of Sustainable Building Design and Engineering: an Integrated Approach to Energy, Health and Operational Performance of Buildings (Edited by D.Mumovic & M.Santamouris). – Routledge – 2009 – 474 P.

Agbetuyi A. Felix, Awelewa A.A., Adoghe A.U., Awosope C.O.A. (2013) Technical Challenges in Connecting Wind Energy Converter to the Grid, International Journal of Renewable and Sustainable Energy. Vol. 2, No. 3, pp. 90–92.

Dakwale V.A., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S. (2011). Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review // Sustainable Cities and Society. Vol. 1, Iss. 4, PP 211–218.

Saieg Ph. (2013) Energy Efficiency in the Built Environment// State of the World 2013. Is Sustainability Still Possible? pp 184–189

Shepherd J.M., Andersen T., Strother C., Horst A., Bounoua L., Mitra C. (2013). Urban Climate Archipelagos: A New Framework for Urban Impacts on Climate// <http://www.earthzine.org/2013/11/29/urban-climate-archipelagos-a-new-framework-for-urban-impacts-on-climate/>

Tronchin L, Fabbri K. Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation// Energy and Buildings. – 2008. – V. 40(7). – P. 1176–1187.

Pelenur M. and Cruickshank H., 2011. The subjective view of energy in the urban built environment: what are the social factors that affect our interaction with energy? Proceedings of the 6th UNESCO Dubrovnik conference on sustainable development of energy, water, and environment systems (SDEWES), Dubrovnik, Croatia, 25–29 September 2011, University of Dubrovnik, SDEWES11-0078.

Wilkinson P., Smith K.R., Beevers S., Tonne C., Oreszczyn T. (2007). Energy, energy efficiency, and the built environment// The Lancet. Vol. 370, Iss. 9593, PP. 1175–1187.

Касин И.В.1, Каясов Ф.Н.1, Маматкулов Д.Д (2012) Энергосбережение при использовании возобновляемых источников энергии и особенности солнечно-топливных систем теплоснабжения//Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. Том: 2, С. 199-202 = The new Ideas of New Century: the international scientific conference proceedings of FAD PNU. Vol 2, PP. 199–202.

Полежаев Ю.В. Теплоснабжение: проблемы и перспективы // Энергоназор и Энергобезопасность. – 2008. – № 4. – С. 62–63.

Протасевич А.М. (2013). Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: уч. пос. М.: ИНФРА-М. 286 с.

## **8.5 Тема лекции 5: Градостроительные и архитектурно-планировочные решения в энергосбережении застроенной среды.**

### **8.5.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с архитектурно-планировочными решениями в области энергосбережения в масштабе города в целом и городского района в различных климатических зонах.

### **8.5.2 Цель и основные результаты обучения**

Целью обучения по этой теме является изучение влияния климатических особенностей территории на микроклимат застроенной среды и роли градостроительных и архитектурно-планировочных решений в энергосбережении:

- Климатические условия территории и микроклимат города;
- Роль климата в формировании архитектурной среды города;
- Климатозащитные функции зданий и типы погод;
- Градостроительные энергосберегающие решения;
- Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения;

Предполагаемые основные результаты обучения соответствуют выше предусмотренным целям.

### **8.5.3 Конспект лекции и раздаточные материалы**

## **Тема лекции 5: Градостроительные и архитектурно-планировочные решения в энергосбережении застроенной среды.**

- Климатические условия территории и микроклимат города;
- Роль климата в формировании архитектурной среды города;
- Климатозащитные функции зданий и типы погод;
- Градостроительные энергосберегающие решения;
- Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения;

### **Градостроительные и архитектурно-планировочные решения в энергосбережении застроенной среды**

- Климатические условия территории и микроклимат города;
- Роль климата в формировании архитектурной среды города;
- Климатозащитные функции зданий и типы погод;
- Градостроительные энергосберегающие решения;
- Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения;

## **Климатические условия территории и микроклимат города**

В современной теории урбанистики в качестве основополагающих факторов градостроительного развития обычно рассматриваются экономические и транспортные структуры, экономико-географическое положение городов, их ведущие административно-политические функции. Именно с этими факторами обычно связывают возникновение городов, последующие изменения их размеров, планировки и характера застройки. В последние два – три десятилетия общество вплотную подошло к экологическому кризису, назревшему в ходе «штатной» эксплуатации природной и городской сред. Возникшим проблемам экологического обоснования проектных решений в области планировки и застройки стало уделяться большое внимание. Стоит отметить, что рассматриваются, как правило, не экологические проблемы, возникающие в результате специфики природно-климатических условий используемых под застройку территорий, а экологические проблемы, которые возникли в результате неправильного ведения хозяйственной деятельности, т.е. решаются экологические проблемы техногенного, а не природного происхождения.

Меньше, чем это необходимо, уделяется внимания и взаимосвязям природно-климатических условий с планировкой застроек. Отмечается, что задачи архитектора в области архитектурной климатологии заключаются в анализе климатических условий места строительства объекта, выявлении нормативных и вненормативных требований к выбранному месту в связи с климатом, отборе наиболее существенных из них и отражении этих требований в проекте и архитектурном облике объекта. При этом считается, что оптимизация климатических условий в системе расселения находится в подчиненном положении по отношению к другим градообразующим факторам («детерминантам»): доступности ресурсов жизнеобеспечения поселений, наличии транспортных путей, их защищенности и т.д. Поэтому климатическая топология и морфология городских планировок, системы расселения в целом, несмотря на всю очевидность их зависимости от природно-климатических условий, пока не получили должного развития.

Но действительно ли природно-климатические условия возникновения и функционирования поселений находятся в подчиненном отношении к экономико-географическим и социально-политическим аспектам? Для поиска объективного ответа на этот вопрос стоит обратиться к результатам краткого исторического обзора процессов становления и развития поселений в «доиндустриальное» время, которые позволяют сделать нижеследующие выводы:

а. С момента своего появления (несколько тыс. лет назад) постоянные поселения размещаются с учетом наличия водных, лесных и иных ресурсов. Природно-климатические особенности в планировке и застройке

учитываются лишь в части разрушительных явлений – наводнений, оползней, и то лишь в подчиненном по отношению к стратегическим и торгово-экономическим факторам порядке.

b. Топографические (или ландшафтные) типы ресурсно обоснованных местоположений поселений немногочисленны. Это – поверхности речных террас, мысы, холмы (останцы террас), озерные котловины, подножья горных склонов, дно долин или сочетания упомянутых типов рельефа («город на семи холмах»).

c. Каждому типу поселений отвечают свои особенности микроклимата. Эти микроклиматические особенности для каждого местоположения учитывались опытным путем при свободной планировке поселений за период их саморазвития. Учет выражался, в основном, в незастроенности неблагоприятных участков, переносе застройки выше или ниже по склону, ближе или дальше от водной поверхности (от «сырости») и т.д.

d. В древности изменения климатических условий отдельных местностей и целых стран отражались в конструкции и обустройстве жилищ – в преобладании заглубленных или наземных построек, использовании крытых переходов или отказе от них, форме и конструкции кровли, пола, остеклении и т.п.

e. Современная регулярная планировка индустриальных городов, обусловленная экономическими и социальными факторами, практически не оставила прежних эмпирически сложившихся приемов и возможностей учета фактора климата (за исключением, пожалуй, ветрозащиты и соблюдения норм инсоляции). Засыпка долин и срытие холмов уменьшают пестроту естественных климатических условий. Повышение плотности застроек, механическое перераспределение твердых осадков по территории, эмиссия ядер конденсации, приводящая к усилению туманов и появлению смогов и другие виды техногенного воздействия на климат приводят к формированию новых особенностей климатических условий в городской среде обитания человека.

Неблагоприятные экологические и климатические последствия до определенного предела оказывается быстрее и выгоднее компенсировать техническими средствами, пренебрегая возможностями планировки и застройки. Следует заметить, что принцип комфортности проживания легко применим в любом географическом и архитектурно-строительном масштабе, начиная с масштаба континентов и закапчивая отдельной жилой комнатой.

Взаимодействие городской среды, климата и градостроительства идет во встречных направлениях. С одной стороны, развитие городской среды приводит к изменению климатических условий, с другой стороны климатические условия включаются в процесс принятия градостроительных и архитектурно-строительных решений.

Характеристики микроклимата в городских условиях определяются целым комплексом метеорологических элементов, каждый из которых изменяется под воздействием застройки. К основным метеоэлементам, влияющим на биоклиматические показатели городской среды, относятся интенсивности солнечной радиации и теплового излучения ограждающих конструкций зданий и рельефа (радиационный баланс), температура воздуха, влажность воздуха, скорость ветра и др.

Для разных по физико-географическому положению городов абсолютные значения климатических характеристик в одних и тех же климатопах могут различаться. Однако их общими признаками, позволяющими провести климатическую типизацию и выделить климатопы, являются характер и степень отклонения климатических условий от естественных для того или иного ландшафта или застройки. Выделяемые микроклиматические типы застроек, имеющие выраженные особенности ветрового и температурного режима, характер распределения осадков и другие микроклиматические особенности, получили название «климатопы». В числе наиболее типичных климатопов есть как исключительно городские, так и естественно-природные (например, водный, лесной и луговой климатопы), которые также иногда встречаются на территории городов или в непосредственной близости от них. Так, например, климатоп лесопарков, входящих в границы городской территории, выполняет роль буфера, сглаживающего суточные экстремумы температуры и влажности воздуха. В летнее время эти территории служат источником относительно прохладного свежего воздуха для прилегающей застройки. Зеленые массивы большой протяженности могут играть роль вентиляционных каналов, обеспечивающих поступление воздуха из пригородных зон или городских лесов.

Климатоп жилых районов выделяется, в основном, в районах с застройкой средней и высокой плотности со сплошным фронтом зданий вдоль магистралей и озелененными внутридворовыми пространствами. На таких территориях ночное выхолаживание выражено слабо, воздухообмен с прилегающей территорией затруднен, скорости ветра по сравнению с открытыми пространствами сильно снижены.

Климатоп плотной контрастной застройки получил название «городского климатопа», поскольку имеет наиболее типичные для городского климата черты. Этот климатоп выделяется на территории плотной и высокоплотной застройки, включающей, в том числе, высотные здания, с низкой долей озеленения. Для этой территории характерны резкий дневной перегрев воздуха и его слабое остывание в ночные часы, что приводит к формированию «острова тепла» на фоне низкой влажности воздуха по сравнению с пригородными районами. Застройки этого типа



сильно снижают скорость ветра в приземном слое, затрудняют воздухообмен с прилегающими территориями и вышележащими слоями атмосферы. В то же время на территории городского климатопа могут формироваться зоны струйных течений вдоль улиц и участки с контрастными скоростями ветра при обтекании воздухом отдельных зданий.

Климатоп исторической застройки формируется в плотной малоэтажной застройке с низкой степенью озеленения и высокой долей искусственных покрытий. Для него характерны замкнутые и полузамкнутые внутриворонные пространства и сплошной фронт застройки улиц, имеющих, как правило, небольшую ширину. Это определяет главную особенность климатопа – его низкий аэрационный потенциал (воздухообмен с окружающим пространством). Влияние на температурный фон в исторической застройке состоит в заметном повышении дневных температур и слабо выраженном смягчении их ночных минимумов в приземном слое атмосферы.

### **Роль климата в формировании архитектурной среды города**

В центре всех архитектурных построений городской среды стоит человек, на поведение, здоровье и удовлетворенность жизнью которого микроклиматические условия этой среды оказывают самое сильное влияние, так как здесь люди проводят основную часть своей жизни. В городах и, особенно, в жилых кварталах следует использовать все возможности для создания комфортных условий. В понятие комфорта должны входить не только факторы, действующие на организм человека активно, нередко агрессивно и, вследствие этого, уже подлежащие нормированию в существующей нормативно-правовой базе по проектной подготовке строительства и дальнейшей эксплуатации зданий и территорий, но и факторы, которые пока не имеют жестких нормативных регламентации, но воздействие которых на человека существенно влияет на его здоровье, на состояние нервной системы. К таким факторам относятся эстетические качества городской среды и микроклимат как фактор, определяющий комфортность и безопасность условий пребывания человека на открытых пространствах города.

Естественно, что необходимость учета влияния микроклимата на архитектуру застройки и отдельных зданий проявилась в первую очередь в тех городах, где климатический фактор играл особенно заметную роль, где его игнорирование было очевидной недоработкой проектантов и строителей. Процесс развития природно-зонального проектирования продолжался полвека, в течение которого главным направлением работы ученых и проектантов было обоснование специфики архитектуры в разных

климатических зонах, где климат имел выраженные специфические или экстремальные черты.

Как показывает опыт многих европейских стран, в умеренном климате, с одной стороны, можно и нужно повышать комфорт проживания в жилищах и местах нахождения людей в открытой среде за счет соответствующих архитектурно-строительных приемов. С другой стороны – необходимо предусматривать планировочные и архитектурные решения, делающие пребывание на территории городов безопасным даже при метеорологических условиях редкой повторяемости (сильная жара или холод, порывы ветра большой силы). В литературе широко освещены примеры такого строительства. Например, в Скандинавии: дома-башни с подвесными балконами, исключаящими «мостики холода», в Кируне и ветрозащитные дома в Сваппавара (Швеция, архит. Р. Эркин); многоквартирные подковообразные в плане, «солнцефокусирующие» жилые комплексы в Хаммерфесте (архитекторы У.Аstrup и Э. Хелерн) и в Буде (Норвегия, архитекторы Н. Еллестад и А. Кришна); террасные многоступенчатые жилые дома на склонах в Гренландии (Дания, архит. Л. Хегелунд), террасные 4-этажные жилые дома в районе Рюккин (Норвегия, Осло) и др.

Климат учитывается на различных уровнях строительства: в планировке домов и дворов (открытые или закрытые, замкнутые или обращенные на благоприятную в физиолого-гигиеническом отношении сторону горизонта), остеклении или неостеклении лоджий, ориентации зданий, аэрации придомового пространства, солнцезащите или солнцезащитывании. В архитектурной и градостроительной климатологии принято различать несколько типичных пространственных форм – типов застройки, имеющих характерной климатическое воздействие или климатозащитные функции. В современной градостроительной науке часто используется термин «морфотипы» застройки. Очевидно, что один и тот же морфотип в пустынной и тундровой зонах будет иметь неодинаковые микроклиматические особенности.

### **Климатозащитные функции зданий и типы погод**

Для различных типов погоды в архитектуре применяются соответствующие архитектурно-типологические характеристики. При этом отметим, что, в частности, для жилых зданий, введено понятие «эксплуатационный режим». Различаются четыре эксплуатационных режима:

- изолированный,
- закрытый,
- регулируемый,

– открытый.

*Изолированный* режим эксплуатации жилища для жаркой погоды (сильный перегрев при нормальной и высокой влажности: tср.мес. >40°C; относит. влажн. возд. 24 – 50%). Для него характерно затенение, аэрация, компактные объемно-планировочные решения зданий, полное кондиционирование воздуха, побудительная вытяжная вентиляция, воздухо непроницаемость и теплозащита ограждений.

*Закрытый* режим эксплуатации жилища для сухой жаркой погоды (сильный перегрев при низкой влажности: tср.мес. 32–40°C; относит. влажн. возд. <24%). Для него характерно затенение, защита от пыльных ветров, искусственное охлаждение без снижения влагосодержания, воздухо непроницаемость и теплозащита ограждений.

*Полуоткрытый* (регулируемый) режим эксплуатации жилища для теплой погоды (перегрев: tср.мес. 20–32°C). Для него характерно затенение и аэрация, сквозное (угловое, вертикальное) проветривание квартир, лоджий и веранд, механическая вентиляция, трансформация ограждений.

*Открытый* режим эксплуатации жилища для комфортной погоды (тепловой комфорт: tср.мес. 12–28°C). Климатозащитные функции архитектуры не требуются, типичны лоджии, веранды.

*Полуоткрытый* (регулируемый) режим эксплуатации жилища для прохладной погоды (tср.мес. 4–12°C). Для него характерно защита от ветра, ориентация на солнце, отопление малой мощности, трансформация и необходимая воздухо непроницаемость.

*Закрытый* режим эксплуатации жилища для холодной погоды (охлаждение: tср.мес. –36 – +4°C). Для него характерно защита от ветра, ориентация на солнце, отопление малой мощности, трансформация и необходимая воздухо непроницаемость ограждений.

*Изолированный* режим эксплуатации жилища для суровой погоды (сильное охлаждение: tср.мес. < –36°C). Для него желательны переходы между жильем и сетью первичного обслуживания, максимальная комфортность зданий, отопление большой мощности, искусственная приточная вентиляция с обогревом и увлажнением воздуха, высокие воздухо непроницаемость и теплозащита зданий, двойные тамбуры.

Жилая среда при комфортной погоде почти не несет климатозащитных функций. Тепловые условия комфортной погоды не ограничивают время пребывания человека во внешней среде, хотя в пределах крайних параметров могут быть желательны инсоляция или затенение. Комфортная погода характерна температурами +18–25°C, относительной влажностью воздуха 30–60%, скоростью движения воздуха 0,1–0,2 м/с в помещении. 1–3 м/с снаружи. Режим эксплуатации помещений открытый, при котором помещения, как правило, непосредственно связаны с внешней средой (открытые окна). Не обязательны ограждающие конструкции зданий с

высокими теплоизоляционными качествами, отопительное и охлаждающее оборудование; характерны лоджии, веранды, активный естественный воздухообмен помещений с наружной средой.

Жилая среда при прохладной погоде защищает человека от легкого охлаждения. В городской среде защита от ветра и использование инсоляции создают условия, близкие к комфортным. Прохладная погода характеризуется наружными температурами от +6 до +10°C. В качестве нижней границы прохладной погоды приняты +4°C, поскольку при наружных температурах 5°C и выше воздухообмен через форточки вполне допустим, режим полуоткрытый или регулируемый, а не закрытый (как при холодной погоде). Верхняя граница прохладной погоды обусловлена тем, что при наружной температуре + 12°C и ниже желательны обогрев неинсолируемых помещений и экономия внутренних тепловых выделений здания. Относительная влажность наружного воздуха в указанном диапазоне температур большой роли не играет, так как влагосодержание наружного воздуха значительно ниже физиологического предела ощущения духоты. Для зданий характерны: обращение комнат на солнечные стороны горизонта; умеренно компактные объемно-планировочные решения; в квартирах – воздухообмен через форточки, фрамуги, клапаны; трансформация (открывание и закрывание окон) и необходимая воздухонепроницаемость и теплозащитные качества ограждений; отопительные устройства малой мощности; накопление внутренних тепловыделений.

Жилая среда при холодной погоде защищает человека от сильной охлаждения. В городской среде желательна эффективная защита от ветра (ветрозащитная застройка) и использование солнца, что смягчает условия охлаждения, но не создает комфорта. Холодная погода с позиции обеспечения комфортности внутренней среды зданий, а также необходимости защиты человека в городской среде от ветра и использования солнечной радиации характеризуется температурами до –25°C; скорость ветра составляет 3–10 м/с, но при низких температурах не должна превышать: 5 м/с при температурах до –28°C и 2 м/с при –36°C. Нижняя граница холодной погоды принята из условий воздухообмена за счет притока наружного воздуха.

При наружной температуре –35°C и ниже относительная влажность внутреннего воздуха не превышает 5%, а с учетом внутренних влаговыведений –25%, т.е. меньше гигиенического предела (30%). Ниже температуры, принятой в качестве границы, требуется искусственная вентиляция с увлажнением воздуха и защита человека вне здания от обморожения и чрезмерных теплопотерь. Для зданий характерны: режим эксплуатации — закрытый; компактные объемно-планировочные решения, обеспечивающие минимальные теплопотери; закрытая отапливаемая

лестница; необходимая (для воздухообмена) воздухопроницаемость и высокие теплозащитные качества ограждений; окна закрыты, уплотнены; отопление средней мощности, вытяжная канальная вентиляция (для зданий более 10 этажей требуются иные подходы к оценке воздухообмена помещений).

### **Градостроительные энергосберегающие решения**

Массовое жилищное строительство во второй половине XX века часто велось по типовым проектам промышленных серий. К настоящему времени этот жилой фонд 40–50-летней давности устарел морально и физически и нуждается в реконструкции.

В последнее десятилетие была разработана концепция, технические решения и социально-экономические обоснования окупаемой реконструкции жилых домов 5-ти и меньшей этажности по методу вторичной застройки реконструируемых кварталов без сноса или с минимальным сносом существующих зданий и 2–3 кратным приростом жилых площадей для территории России, Белоруссии и стран СНГ. Сейчас вокруг этих проектов ведется оживленная полемика, в ходе которой был выработан ряд рекомендаций по снижению энергопотребления таких зданий и сооружений. В области градостроительной политики были выработаны следующие рекомендации:

- Установить мораторий на расширение границ городов на 20–30 лет. В течение этого периода развитие городов должно осуществляться за счет более рационального использования территорий, уплотнения застройки до нормативного уровня без освоения новых пригодных территорий и без увеличения протяженности магистральных теплопроводов, энергосетей и транспортных маршрутов;
- Разработать технико-экономические обоснования комплексного использования традиционных централизованных и нетрадиционных систем теплоснабжения, в том числе локальных, с применением котельных контейнерного типа, размещаемых на крышах или вблизи отапливаемых зданий;
- Разработать программы завершения застройки жилых кварталов с ликвидацией сквозных ветрообразующих пространств и организацией замкнутых дворовых и внутриквартальных территорий;
- Проработать вопросы утепления ограждающих конструкций существующих зданий в соответствии с новыми теплотехническими нормативами;
- Перейти на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты и разработать планы реконструкции тепловых сетей;



- Осуществить переход на использование крышных котельных для отопления и горячего водоснабжения с учетом прироста жилых площадей;
- Реализовать комплекс мер по экономии электроэнергии с организацией на основе этих кварталов энергетически эффективных зон городского хозяйства;
- Разработать программы использования подземного пространства (подземная урбанизация) для размещения автостоянок, складских и вспомогательных помещений с использованием естественной теплоты земли или искусственных источников подогрева воздуха до положительной температуры.

Еще одно градостроительное решение улучшающее качество жизни – отказ от функционального зонирования. С точки зрения современной мировой урбанистики функциональное зонирование вступает в конфликт с такими актуальными понятиями как связность города (connectivity), прозрачность или проницаемость (permeability), целостность (cohesiveness) и др. На смену такому планированию пришло представление о смешанном использовании (mixed-use), которое выражается в так называемой концепции «live, work and play» (жить, работать и отдыхать в одном месте). Основными преимуществами такой концепции является решение двух проблем: проблемы городских пробок в дорожном движении и проблемы загрязнения городского воздуха. Поэтому основным принципом градостроительного планирования должна стать та называемая концепция «умной дороги», под которой понимается следующее:

- Грамотное решение транспортных потоков (разработка полос движения, разметки, виадук, развязок);
- Организация подземных и наземных он-лайн парковок;
- Стимуляция развития общественного транспорта;
- Создание пешеходных и велозон.

Эти решения позволяют снизить транспортную нагрузку города, а, следовательно, объемы потребляемых топливных энергоресурсов.

### **Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения**

Объемно-планировочные решения оказывают существенное влияние на удельные тепловые потери жилых и общественных зданий, в частности такие показатели как:

- Соотношение площади ограждающих конструкций и общей площади зданий;
- Соотношение площади оконных проемов и площади наружных стен;
- Конфигурация зданий в плане;
- Положение зданий относительно рельефа;



- Положение зданий относительно сторон света.

Одним из решений для многоэтажного жилого строительства являются ширококорпусные дома (шире обычных в 1,5 раза). При увеличении соотношения полезной жилой площади к площади наружных стен тепловые потери могут сократиться на 20–40%, что соответственно сокращает теплопотребление на отопление зданий на 25–30%.

Примером архитектурного решения малоэтажного строительства являются дома купольного типа. Они позволяют экономить более 20% энергетических ресурсов за счет того, что сфера имеет наименьшую площадь поверхности среди всех фигур одинакового объема, следовательно такой дом требует меньше затрат на обогрев (из-за снижения затрат на рассеяние тепла).

В течение последних лет во многих странах мира приняты стандарты «зеленого строительства» (green construction, green buildings). Эта практика строительства и эксплуатации зданий, целью которой является снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов и повышение качества зданий и их комфортности. Это достигается за счет:

- Эффективного использования энергии, воды и др. ресурсов;
- Повышения внимания к поддержке здоровья обитателей и продуктивности служащих;
- Сокращения отходов, вредных выбросов и др. негативных воздействий на окружающую среду;
- Учета интересов будущих поколений.

Наиболее известные «зеленые стандарты строительства» на настоящий момент:

1) **LEED** – The Leadership in Energy & Environmental Design (США) – («Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию»). Это добровольная система сертификации зданий была разработана в 1998 году американским советом по экологическому строительству (USGBC) для оценки энергоэффективности и экологичности проектов устойчивого развития. Так для стандарта LEED 2009 разработана 100-бальная система по пяти главным категориям: место экологического строительства, эффективность водопользования, энергия и атмосфера, материалы и ресурсы, качество среды в помещениях, плюс дополнительные 6 баллов за инновационность и дизайн, а также 4 балла за региональную приоритетность. Здания имеют 4 уровня сертификации:

- Простая сертификация: 40–49 баллов
- Серебряная: 50–59 баллов
- Золотая: 60–79 баллов
- Платиновая: 80 баллов и выше

На сегодняшний день LEED включает в себя 9 систем критериев в области проектирования, строительства и эксплуатации зданий. Пять категорий профессиональной сертификации:

Проектирование и строительство зелёных зданий (новое строительство; интерьер и экстерьер; школы; новое строительство и ремонт предприятий розничной торговли; учреждения здравоохранения);

Проектирование и строительство внутренних помещений (коммерческие интерьеры и коммерческие интерьеры предприятий розничной торговли);

Эксплуатация зелёных зданий (эксплуатация существующих зданий);

Развитие зелёных районов (строительство районов);

Зелёное строительство и дизайн для дома.

Стандарт является всемирно признанной системой добровольной экологической сертификации недвижимости. Важно отметить, что LEED не заменяет собой требования нормативных документов, установленных государственными органами стран.

2) **BREEAM** – BRE Environmental Assessment Method (Великобритания) – («Метод экологической оценки эффективности зданий»). Этот добровольный рейтинг оценки зелёных зданий разработан в 1990 г британской компанией BRE Global и является наиболее известным в мире. На сегодняшний день за пределами Великобритании сертифицировано более 200 тыс. зданий и около миллиона находятся в процессе сертификации.

Особенностью системы является методика присуждения баллов по нескольким пунктам, касающимся аспектов безопасности жизнедеятельности, влияния на окружающую среду и комфорта. Баллы умножаются на весовые коэффициенты, отражающие актуальность на месте застройки, затем суммируются. Такая методика позволяет использовать систему BREEAM в различных регионах. Общая оценка заключается в присуждении рейтинга по пятибалльной шкале.

3) **DGNB** – Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Германия) – («Немецкий совет по устойчивому строительству»). Система сертификации разработана немецким Советом по устойчивому строительству для использования в качестве инструмента при проектировании и оценке качества зданий во всесторонней перспективе. Являясь гибкой рейтинговой системой, сертификация охватывает все значимые вопросы устойчивого строительства и отмечает выдающиеся здания по 3 критериям (золото, серебро, бронза). Всего существует шесть аспектов, влияющих на оценку:

- экология;
- экономика;
- социально-культурный и функциональный аспект;

- техническое качество;
- качество процессов;
- качество расположения.

Эти категории имеют разное значение в общей оценке здания в зависимости от их значимости. Экономическое, экологическое, социально-культурные и функциональные качества имеют одинаковую значимость (22,5% каждый). Качество процесса имеет вес в 10%, качество расположения не включено в итоговую оценку, но представлено отдельно. Сертификат свидетельствует о положительном воздействии строительства на окружающую среду и общество в количественном выражении.

Основные преимущества этой системы:

- оценивает воздействие объекта на окружающую среду;
- позволяет определить возможные затраты на реализацию проекта на ранних стадиях;
- минимизирует риски, сделав процесс планирования здания максимально прозрачным;
- оценивает жизненный цикл здания в течение 50 лет с момента постройки;
- представляет собой своеобразный «знак качества» для инвесторов;
- повышает конкурентоспособность объекта;
- принимает во внимание социально-культурные и функциональные аспекты.

4) **HQE** – Haute Qualité Environnementale (Франция) – («Стандарт высокого качества окружающей среды»). Впервые принят в 1992 году на Саммите Земли и контролируется Ассоциацией по высокому качеству окружающей среды (Association pour la Haute Qualité Environnementale - ASSOHQE). Стандарт основан на принципах устойчивого развития и определяет критерии по следующим вопросам:

- Управление воздействием на окружающую среду:
  - гармоничное взаимодействие между зданиями и окружающей средой;
  - интегрированный выбор строительных методов и материалов;
  - минимизация причиняемых неудобств, вызванных строящимся объектом;
  - минимизация энергозатрат;
  - минимизация водозатрат;
  - минимизация поддержания здания и его ремонта;
- Создание благоприятной среды внутри здания:
  - меры гидротермического контроля;
  - меры акустического контроля;
  - визуальная привлекательность;
  - меры по контролю запахов;

гигиена и чистота внутреннего пространства;  
контроль качества воздуха;  
контроль качества воды.

Таким образом, современные тенденции энергосбережения и заботы об окружающей среде в градостроительстве сводятся к следующему:

- в новых населенных пунктах или городских кварталах этажность жилых объектов ниже 5 этажей, планировочные решения учитывают создание удобной транспортной инфраструктуры, легкую доступность социальных учреждений, административных, деловых и торговых центров.
- застройка ведется по принципу ячеек с созданием зеленых дворов и детских площадок;
- при создании транспортной инфраструктуры предпочтение отдается экологически чистым видам (троллейбусы, трамваи, фуникулеры, надземные и подземные электропоезда);
- выполняется достоверный расчет парковочных мест вблизи жилых массивов и административно-деловых центров;
- создаются искусственные водоемы, парки, бульвары, обустраиваются набережные;
- при создании инженерной инфраструктуры учитывается возможность использования локальных источников возобновляемой энергии в каждом квартале в сочетании с применением внутридомовых энергосберегающих технологий в привязке к возможностям региональных энергосистем;
- создается эффективная система водоснабжения и водоотведения (канализации с максимальной первичной очисткой перед сбросом в водоемы) в комплексе с локальными системами рециркуляции сточных вод;
- реализуется комплексный подход к решению проблемы рационализации сбора, сортировки и переработки мусора;
- архитектурный облик зданий согласовывается с особенностями местного ландшафта и имеющимися национальными архитектурными традициями.

#### **8.5.4 Практические вопросы и решения**

1. Какова роль застроенной среды в глобальном изменении климата?
2. В чем специфика микроклимата городских территорий?
3. Какие климатические параметры и режимы учитываются при планировании застроенной среды и строительстве зданий и сооружений?

4. Какие факторы природной среды влияют на микроклиматические условия местности?
5. Какие факторы городской среды влияют на формирование микроклимата города?
6. Какие архитектурно-планировочные решения могут повысить энергоэффективность жилых зданий?
7. Какие показатели объемно-планировочных решений оказывают существенное влияние на тепловые потери в зданиях?
8. Какие градостроительные решения могут помочь снизить энергопотребление зданий?
9. В чем сущность «зеленых стандартов» строительства с точки зрения энергосбережения?
10. В чем преимущество кровель-газонов в решении проблем энергосбережения?
11. Какие мероприятия обеспечат теплоэнергосбережение при централизованном теплоснабжении зданий массовой застройки?
12. Впишите типы погод при заданных режимах эксплуатации зданий:

Режим эксплуатации зданий:	Тип погоды:
изолированный	
закрытый	
полуоткрытый	
открытый	

### 8.5.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)

A Handbook of Sustainable Building Design and Engineering: an Integrated Approach to Energy, Health and Operational Performance of Buildings (Edited by D.Mumovic & M.Santamouris). – Routledge – 2009 – 474 P.

Burton H., Tsouron C. (2006). Healthy Urban Planning/ Spon Press. London&NY. 184 p.

Dakwale V.A., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S. (2011). Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review // Sustainable Cities and Society. Vol. 1, Iss. 4, PP 211–218.

Elsarrag E., Al-Horr Y., Salah-Eldin Imbabi M. (2012). Improving building fabric energy efficiency in hot-humid climates using dynamic insulation // Building Simulation. Vol. 5, Iss. 2, pp 127–134.

Energy and Climate in the Urban Build Environment (2001).  
Ed. N.Santamouris. London. 390 p.

[http://www.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=8XyBZEFtiUC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Energy+Efficiency+in+the+Built+Environment&ots=ZKQkul44op&sig=6p0TMiDxZbKI5P04FxJlgWw4PzM&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Energy%20Efficiency%20in%20the%20Built%20Environment&f=false](http://www.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=8XyBZEFtiUC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Energy+Efficiency+in+the+Built+Environment&ots=ZKQkul44op&sig=6p0TMiDxZbKI5P04FxJlgWw4PzM&redir_esc=y#v=onepage&q=Energy%20Efficiency%20in%20the%20Built%20Environment&f=false)

Li D.H.W., Yang L., Lam J.C. (2012). Impact of climate change on energy use in the built environment in different climate zones – A review// Energy. Vol. 42, Iss. 1, PP. 103–112.

Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M. (2004). Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms //Landscape and Urban Planning. Vol. 69, PP. 369–384.

Pelenur M. and Cruickshank H., 2011. The subjective view of energy in the urban built environment: what are the social factors that affect our interaction with energy? Proceedings of the 6th UNESCO Dubrovnik conference on sustainable development of energy, water, and environment systems (SDEWES), Dubrovnik, Croatia, 25–29 September 2011, University of Dubrovnik, SDEWES11-0078.

Tronchin L, Fabbri K. Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation// Energy and Buildings. – 2008. – V. 40(7). – P. 1176–1187.

Город, архитектура, человек и климат (2007) / Мягков М.С., Губернский Ю.Д., Кононова Л.И., Лицкевич В.К. Под ред. к.т.н. М.С.Мягкова. М.: «Архитектура». 344 с.

Смирнова С.Н. Типология энергоэффективных жилых зданий средней этажности для климатических условий Среднего Поволжья. // Известия КГАСУ. – 2013. – № 2(24). – С. 84-90 [Smirnova S.N. Typology of mid-rise energy efficient residential buildings for the climatic condition of the Middle Volga].

СНиП 23-01-99 Строительная климатология. ГОССТРОЙ РОССИИ. ФГУП ЦПП. 2000. [SNiP 23-01-99 Building Climatology. Gosstroy Rossii. FGUP TSPP. 2000].

Хомич В.А. (2006). Экология городской среды: уч. Пособие. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов. 240 с.



## **8.6 Тема лекции 6: Энергосберегающие строительные системы.**

### **8.6.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с энергосберегающими строительными системами, такими как: «пассивный» дом, здания с нулевым энергопотреблением, «активный» дом, купольный дом, экодом и др.

### **8.6.2 Цель и основные результаты обучения**

Целью обучения по этой теме является анализ существующих энергосберегающих строительных систем:

- Энергоэффективные здания;
- Пассивные здания;
- Гелиоэнергоактивные здания;
- Ветроэнергоактивные здания;
- Гидро- и геотермоактивные здания;
- Биоэнергоактивные здания;
- Здания с нулевым энергопотреблением;
- Энергоактивные здания.

Предполагаемые основные результаты обучения соответствуют выше предусмотренным целям.

### **8.6.3 Конспект лекции и раздаточные материалы**

**Тема лекции 6: Энергосберегающие строительные системы.**

- Энергоэффективные здания;
- Пассивные здания;
- Здания с нулевым энергопотреблением;
- Энергоактивные здания.
- Гелиоэнергоактивные здания;
- Ветроэнергоактивные здания;
- Гидро- и геотермоактивные здания;
- Биоэнергоактивные здания;

### **Энергосберегающие строительные системы**

- Энергоэффективные здания;
- Концепция пассивного здания;
- Здания с нулевым энергопотреблением;
- Энергоактивные здания.
- Гелиоэнергоактивные здания;
- Ветроэнергоактивные здания;
- Гидро- и геотермоактивные здания;
- Биоэнергоактивные здания;

## Энергоэффективные здания

Потребности в отоплении и горячем водоснабжении относятся к базовым потребностям застроенной среды и на протяжении всей истории человечества формировали спрос на энергоресурсы. Тема энергосбережения в строительстве получила развитие во второй половине 70-х годов XX века, вследствие осознания необходимости экономии энергетических ресурсов после мирового экономического кризиса 1974 года. Сама идея энергетически эффективного строительства зародилась на фоне кризиса строительной отрасли, который был связан с неодинаковой степенью развития строительных технологий, относящихся к ограждающим конструкциям здания и его инженерным системам.

Энергоэффективность здания определяется совокупностью многих факторов. Исследования показывают, что при эксплуатации традиционного многоэтажного жилого дома через стены теряется до 40% тепла, через окна – 18%, подвал – 10%, крышу – 18%, вентиляцию – 14%. Поэтому свести теплопотери к минимуму возможно только при комплексном подходе к энергосбережению.

Энергоэффективные здания характеризуются низким удельным теплопотреблением. Это достигается применением современных строительных технологий, качественных строительных материалов и утепления, а также эффективными системами энергообеспечения и вентиляции. Также важен учет факторов, определяющих энергопотребление будущего дома – выбор стройматериалов, ориентация дома по сторонам света, учет розы ветров или возможностей разместить установку, работающую на ВИЭ.

Среди энергоэффективных домов выделяют так называемые:

- дома низкого потребления энергии (с 2002 года в Европе не разрешено строительство домов более низкого стандарта) – не более 60 кВтч/м<sup>2</sup>год;
- пассивные дома, у которых в разы ниже удельное потребление тепла по сравнению с обычными современными зданиями (не более 15 кВт-ч/м<sup>2</sup>год);
- здания с нулевым потреблением, которым при малом энергопотреблении достаточно собственных источников энергии, что делает необязательными сети и подключение к инфраструктуре, т.е. имеет тот же стандарт, что и пассивный дом, но инженерно оснащено таким образом, чтобы потреблять исключительно только ту энергию, которую само и вырабатывает — 0 кВтч/м<sup>2</sup> год;
- энергоактивные дома, которые с помощью установленного на нем энергосберегающего оборудования (солнечных батарей,

коллекторов, тепловых насосов, рекуператоров, грунтовых теплообменников и т.п.) вырабатывало бы больше энергии, чем само потребляло.

Проект первого энергоэффективного здания начал осуществляться в 1972 году в Манчестере (штат Нью-Хэмпшир, США) архитекторами Николасом Исааком (Nicholas Isaak) и Эндрю Исааком (Andrew C. Isaak). Энергопотребление зданий, которое не было определяющим показателем в прошлом, стало доминирующим критерием качества проекта. Второе здание – это «ECONO-house» в г. Отаниеми (Финляндия). По концепции своего создания это были экспериментальные лаборатории, в которых предстояло оценить эффективность архитектурных, инженерных и технологических мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов, потребляемых зданиями.

Важно отметить, что уже 30 лет назад в обоих зданиях было предусмотрено использование тепла солнечной радиации и возможностей компьютерной техники для управления инженерным оборудованием. Первая тенденция продолжает успешно развиваться во многих странах, вторая тенденция выросла в крупное направление в инженерии зданий, получившее название «умный дом».

С течением времени изменялся и расширялся объект изучения: эффективность использования энергии в энергоэффективном здании. Если в самом начале строительства энергоэффективных зданий, вплоть до начала 90-х годов, основной интерес представляло изучение мероприятий по экономии энергии, то уже в середине 90-х годов центр тяжести переносится на изучение проблемы эффективности использования энергии и приоритет отдается тем энергосберегающим решениям, которые одновременно способствуют повышению качества микроклимата. Впрочем, качество микроклимата в этот период уверенно выходит на первый план по сравнению с энергосбережением.

В основе концепции проектирования современных зданий лежит идея того, что качество окружающей нас среды оказывает непосредственное влияние на качество нашей жизни как дома, так и на рабочем месте или в местах общего пользования, составляющих основу наших городов. Такое выделение социальных аспектов является признанием того, что архитектура и строительство развиваются на основе потребностей людей – духовных и материальных.

На этом, однако, не прекратилось расширение объекта изучения. Чрезвычайно важно – может быть, это самая главная идея для архитектуры и строительства XXI века – природа не пассивный фон нашей деятельности: в результате человеческой деятельности может быть создана новая природная среда, обладающая более высокими комфортными показателями для градостроительства и являющаяся в то же время

энергетическим источником для систем климатизации зданий. Эта идея получила свое выражение, например, в проекте учебного центра по изучению окружающей среды «AdamJoseph Lewis Center» (Оберлин, Огайо, США).

Таким образом, здания с максимальным использованием выделяемой внутри них тепловой энергии и максимальной защитой от потерь теплоты через наружные поверхности и вентиляцию называются энергосберегающими, энергоэкономичными или энергоэффективными. Для анализа эффективности сбережения энергии используется понятие эксэргии – воплощенной энергии, т.е. полезной доли затраченной энергии. Значения эксэргии рассматриваются при сопоставлении вариантов зданий на всех этапах – начиная от добычи материалов, изготовления строительных деталей и вплоть до разборки и повторного использования материалов и элементов. Более эффективно то здание, в котором энергия максимальна или ее потери в ходе возведения, эксплуатации и разборки здания минимальны. Понятие эксэргии оказалось весьма информативным и начинает широко использоваться в практике.

Для достижения экономии энергии предусматривают:

- энергоэффективные объемно-планировочные решения;
- использование эффективной теплоизоляции наружных стен;
- применение энергосберегающих окон, форточек, жалюзи;
- устройство на высоту одного-двух этажей зимнего сада;
- обваловку части здания; устройство кровли-газона, кровли-зимнего сада;
- герметичную заделку стыков и щелей, исключение утечек теплоты;
- устройство окон с двух смежных сторон здания; выполнение наружных стен с повышенной теплоизоляцией со стороны действия холодных ветров;
- утилизацию всей теплоты от внутренних источников (бытовые приборы, люди, теплая вода после употребления и др.);
- применение пассивных системы утилизации солнечной энергии;
- использование энергонезависимых технологий вентиляции, очистки стоков и др.;
- динамическую теплоизоляцию наружных стен.

Таким образом, энергоэффективный дом предполагает использование альтернативных источников энергии в системе снабжения дома электричеством и теплом и подключение к системе «умный дом», которая позволяет контролировать расход энергии, добиваясь его минимизации.

## Концепция пассивного здания

Пассивный дом – это сооружение, которое отличается отсутствием необходимости отопления или малым энергопотреблением (в среднем около 10% от удельной энергии на единицу объема, потребляемой большинством современных зданий). Уровень тепловых потерь исключительно мал, не более 15 кВт·ч/кв. метр в год. Сроки окупаемости зависят от климатических условий и вида используемого энергоносителя в конкретной местности и варьируются от 8 до 50 лет.

Во второй половине 70-х годов XX века было реализовано несколько проектов энергетически эффективных зданий, но повсеместное внедрение энергосберегающих технологии ограничивалось отсутствием соответствующих строительных норм и стандартов. Такая нормативная база была сформирована к середине 80-х годов прошлого века в ряде стран Европы (Дания, Швеция, ФРГ). Примерно тогда же немецкий архитектор Вольфганг Файст (Wolfgang Feist) разработал концепцию так называемого «пассивного дома» (Passivhaus). На настоящий момент «пассивный дом» представляет собой строительный стандарт, следование которому позволяет не только экономить энергию, но и создавать максимально комфортные условия для проживания. При этом «пассивный дом» экономичен и оказывает минимальное негативное влияние на окружающую среду. В наиболее благоприятных обстоятельствах «пассивный дом» вообще не требует отопления. Это достигается за счет того, что для отопления используются преимущественно внутренние тепловые ресурсы.

Первый экспериментальный проект «пассивного дома» в Германии был реализован в 1991 г. в городе Дармштадт. Авторами архитектурной части проекта явились архитекторы проф. Ботт (Bolt), Риддер (Ridder) и Вестермайер (Westermeyer). В 1996 году в Дармштадте был создан Институт пассивного дома (Passivhaus Institut). В течение нескольких лет его сотрудники разработали эффективные проектно-конструкторские решения, которые позволили начать массовое строительство энергетически эффективных домов. Согласно статистике, к 1999 году в Германии было построено около 300 таких зданий, а к середине 2007 года – уже более 7000. Современному пассивному дому требуется на 90% энергии меньше, нежели обычному, а годовой расход тепла в нем не превышает 15 кВт·ч/(м<sup>2</sup> в год). Такие показатели достигаются за счет эффективной теплоизоляции ограждающих конструкций здания. Не менее важную роль играют интеллектуальные системы отопления с высоким КПД, а также возврат (рекуперация) тепла в системах вентиляции в сочетании с пассивным использованием солнечной энергии за счет увеличения площади остекления с южной стороны зданий.

Помимо Германии, энергетически эффективные здания строятся и в других странах Европы (Швеции, Финляндии, Дании и Швейцарии). Хорошим примером реализации концепции пассивного дома является Исследовательский центр группы компаний ROCKWOOL в Хедехузене (Hedehusene), Дания, признанный одним из наиболее энергетически эффективных зданий не только в Европе, но и во всем мире. При его строительстве применялись решения, которые позволили исключить возможность возникновения «мостиков холода» (thermal bridges). Тепловые потери через ограждающие конструкции значительно снижены благодаря применению теплоизоляции собственного производства. Помимо этого, в здании установлены трехслойные окна VELUX с низкой теплопроводностью, а работа вентиляции оптимизируется при помощи компьютерной системы.

Концепция пассивного дома представляет собой комплексный подход к экономичному, экологически чистому и энергосберегающему строительству зданий различного назначения (от частных коттеджей до общественных зданий).

Энергетическая концепция пассивного дома направлена на снижение расхода энергии в новостройках в 8–10 раз.

Строительство пассивного дома предусматривает обязательное выполнение ряда требований. Базовый критерий пассивного дома – это создание непрерывной оболочки здания с повышенной теплоизоляцией и коэффициентом теплопроводности  $< 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ .

Необходимым также является соответствие здания приведенным далее стандартам.

- Конструкция пассивного дома предусматривает, как правило, использование экологически чистых материалов, часто традиционных – дерево, камень, кирпич. Часто используемыми являются отходы бетона, стекла и металла.
- Предотвращение "мостиков холода", т.е. мест утечки тепла через плохо изолированные стены, крыши, старые окна, является первостепенной задачей. Именно существование таких "мостиков холода" обуславливает необходимость отопления в наших домах.
- Компактность сооружения.
- Пассивное использование солнечной энергии благодаря ориентации здания на юг и отсутствию затененности.
- Высокоэффективные установки экономии электричества для использования в хозяйственных целях.
- Подогрев воды с помощью солнечных коллекторов или теплового насоса.

Одним из самых важных элементов в концепции пассивного дома является подвод свежего воздуха в помещения. И эта концепция



«отопления свежим воздухом» является единственно возможной в здании с высокой теплоизоляцией, каким и является пассивный дом. При этом тепловая нагрузка должна быть менее  $10 \text{ Вт/м}^2$ , что позволяет использовать свежий воздух для отопления.

Преимущества технологии пассивного дома:

- экономичность – не нужно тратить на установку сетей центрального отопления и газа, а затраты электрической энергии на отопление пассивных домов в 7–12 раз меньше, чем в кирпичных домах традиционной постройки;
- энергобезопасность – в пассивных домах отсутствуют сети газа и теплоцентралей. Нужна только вода и электроэнергия в размере 10 кВт на дом или квартиру;
- энергонезависимость – пассивные дома обладают массивными несущими стенами, плитами пола первого этажа и междуэтажными перекрытиями, что способствует хорошей аккумуляции тепла и децентрализации энергоснабжения;
- экологичность — в зданиях, построенных по данной технологии, применяются современные строительные материалы и конструкции и новейшее инженерное оборудование. В пассивных домах циркулирует чистый и теплый свежий воздух, стены и полы постоянно остаются теплыми.

Распространение технологии пассивного дома достаточно активными темпами связано, в первую очередь, с сокращением расходов на отопление в 7–10 раз. Уже построены пассивные дома второго поколения, отличающиеся чрезвычайно низким потреблением энергии.

### **Концепция здания с нулевым энергопотреблением**

Примерно в то же самое время, в США и Канаде получила развитие концепция «здания с нулевым энергопотреблением» (ZEB, Zero Energy Building). В целом концепция ZEB имеет ряд сходных черт со стандартом пассивного дома (Passivhaus), но существует и ряд отличий. ZEB уделяет повышенное внимание использованию альтернативных источников энергии, например, ветровых генераторов или солнечных батарей на основе фотоэлектрических преобразователей.

Необходимо отметить, что запуск в серию зданий с нулевым энергопотреблением сегодня сложен по причине высокой стоимости некоторых инженерных решений. За последние годы более широкое распространение получила альтернатива ZEB – целевая общенациональная программа Near-Zero Energy House (NZEH), которая ставит своей целью снижение энергопотребления без перехода к самостоятельному обеспечению энергией. В рамках этой программы наибольшее внимание

уделяется пассивным способам снижения энергопотребления: повышению энергетической эффективности ограждающих конструкций, сокращению утечек нагретого воздуха через системы естественной вентиляции и внедрению энергосберегающих архитектурно-планировочных решений. В процессе реализации NZEH на текущий момент построено несколько сотен энергетически эффективных зданий. Уровень потребления энергии в них снижен на 50% по сравнению с обычными домами.

Основными факторами снижения потребления энергии создатели NZEH считают эффективную теплоизоляцию ограждающих конструкций, которая должна обеспечивать минимальные утечки нагретого воздуха, а также «экономичный» дизайн. Под этим термином подразумевается необходимость проектирования домов с учетом ориентации фасадов по сторонам света, количества и размеров оконных проемов, формы и размеров кровельных выступов. Все эти меры в совокупности способны обеспечить экономию энергии на отоплении зданий вплоть до 60–70%.

### **Энергоактивные здания**

В последнее время набирает силу концепция системы «активного дома» (active house). Базовым принципом «активного дома» является объединение решений, разработанных Институтом пассивного дома (Германия), технологий «Умного дома» и использования альтернативной энергетики. Здания, выстроенные в соответствии с этой концепцией, тратят на собственные нужды минимум энергии. В дополнение к этому, они еще и сами вырабатывают энергию в таких количествах, что могут не только обеспечивать собственные потребности (освещение, обеспечение энергией бытовой техники, и даже подогрев воды в бассейне), но и поставлять ее в сети центрального снабжения, за что в большинстве стран можно получать деньги. Таким образом, «активный дом» становится источником дохода, а не затрат.

Энергоактивными называются здания, объединенные с устройствами для утилизации возобновляемой энергии.

Гелиоэнергоактивные здания используют солнечную энергию для непосредственного преобразования ее в электрическую, нагревания теплоносителя и преобразования его энергии в электрическую, нагревания воды для горячего водоснабжения зданий, нагревания массивных конструктивных элементов зданий, работы биоэнергетических установок, тепловых насосов.

Система отопления должна позволять поглощать солнечную радиацию и преобразовывать ее в теплоту, аккумулировать теплоту ввиду непостоянства радиации, распределять ее в зоны отопления в нужном количестве. Пассивные системы солнечного отопления функционируют

благодаря естественным физическим процессам. Для работы активных систем требуются механические установки – насосы, вентиляторы и т.д. Если в пассивной системе используется какая-либо установка, например вентилятор для интенсификации циркулирования теплоносителя, то система называется смешанной.

Основной частью пассивной системы являются конструкции здания. Известны следующие типы пассивных систем:

- система прямого облучения, при которой солнечная радиация проходит сквозь оконные стекла, обеспечивающие высокое пропускание лучей с длиной волны 400–3000 нм, но задерживающие инфракрасные лучи с длиной волны около 10 мкм (парниковый эффект). Пришедшие солнечные лучи нагревают пол, стену или чердачные конструкции, обладающие высокой теплоемкостью (например, из темного кафеля) и аккумулирующие энергию;
- система «массивная стена» (Тромба–Мишеля), представляющая собой толстую стену с одной темной поглощающей поверхностью, которая закрыта стеклом, расположенным на небольшом расстоянии (100 - 120 мм) от стены. В верхней и нижней частях стены предусмотрены проемы для циркулирования воздуха, который, нагреваясь от темной поверхности стены, становится легче и перемещается вследствие термосифонной циркуляции. Летом для исключения перегрева используют затеняющие устройства, а в ночное время для сокращения потерь теплоты стекло закрывают трансформируемой теплоизоляцией. Модификацией системы «массивная стена» является система типа оранжереи, при которой за массивной стеной размещают помещение, отапливаемое за счет конвекции от массивной стены;
- система «водозаполненная стена», выполняемая из водозаполненных нагреваемых солнцем контейнеров, водозаполненных труб или термодиодов – двух вертикальных контейнеров, разделенных термоизоляцией и сообщающихся вверху и внизу, причем нагретая в наружном контейнере вода проходит во внутренний контейнер толщиной около 250 мм;
- система «водоналивная крыша», при которой поверх настила укладывают наполненные водой баллоны из черного материала толщиной около 200 мм, закрываемые в ночное время трансформируемыми теплоизолирующими экранами. Солнце нагревает воду, а та благодаря своему большому объему (более 100 м<sup>2</sup>) нагревает здание. Для циркуляции воды может быть установлен насос. В летний период вода ночью охлаждается, а днем при закрытых экранах охлаждает здание;

- термосифонные системы, при которых устройство для нагревания воздуха площадью 30–50% от площади пола здания (тепловой коллектор) расположено ниже теплового аккумулятора, что позволяет эффективно его нагревать.

При всех пассивных системах должно быть предусмотрено автоматическое регулирование температуры. Они широко используются в одноэтажных зданиях, но могут быть применены и в незатененных многоэтажных. Системы пассивного отопления могут способствовать созданию выразительного облика здания.

Имеются различные модификации стен для пассивного солнечного отопления. Например, в Варшаве возведен полностью автономный двухэтажный дом, в котором использованы панели стен RymSol. Внутри этих панелей устроены наклонные каналы из теплоизолирующего материала, которые при нагревании стены солнцем передают тепло внутрь помещения, а ночью работают как хорошая теплоизоляция, затрудняющая теплопередачу наружу здания.

Здания с активными системами, предназначенными для тепло- и холодоснабжения, принято называть гелиоэнергоактивными. При проектировании к ним предъявляют требования незатеняемости, рациональности формы и ориентации.

В целях повышения энергетической экономичности целесообразно создание зданий с энергетически эффективной формой. Для этого делают внешние или внутренние гелиоконцентраторы (отражатели), концентрирующие солнечную энергию на гелиоколлекторе, устраивают дополнительные отражатели на трансформируемых защитных створках фонарей, смежных зданиях, выносят гелиоколлектор большой площади за пределы здания – на склон; применяют слежение (вращение) энергоактивного здания или коллектора за солнцем.

Гелиоколлекторы могут быть плоскими или фокусирующими. Плоские коллекторы применяют в случае потребления сравнительно низкопотенциальной энергии или в сочетании с тепловыми насосами, фокусирующие — при необходимости получения более высоких температур или для энергоустановок, в которых рабочим телом является кипящая жидкость.

Плоские гелиоколлекторы представляют собой теплопринимающие панели, в которых нагревается рабочее тело – теплоноситель, подаваемый с температурой, на несколько градусов меньшей, чем температура внутри панели, и идущий после нагревания в систему теплоснабжения. В качестве теплоносителя используются вода, антифриз или водный раствор глицерина (глизантин), не вызывающий коррозии.

Разновидность плоских гелиоколлекторов – плоские солнечные адсорберы непрозрачного типа, тепловоспринимающим элементом

которых служит стальной лист, заменяющий кровельное покрытие. К листу приварены или прижаты трубы прямоугольного сечения, по которым движется теплоноситель. Стальные штампованные гелиоколлекторы избавлены от недостатков, присущих прозрачным конструкциям: их не надо очищать, ремонтировать при разрушении остекления. Фокусирующие коллекторы содержат концентраторы солнечной энергии. Отличаются хорошей производительностью линейные коллекторы параболического очертания, фокусирующие солнечные лучи на трубе с теплоносителем.

В качестве гелиоколлекторов могут быть использованы пространственные покрытия зданий: двухслойные мембранные (с воздухом в качестве теплоносителя, прокачиваемым сквозь нагреваемый зазор между мембранами), пологие армоцементные оболочки; складки, образующие замкнутые полости, в которых циркулирует теплоноситель – воздух или вода. Для размещения гелиоколлекторов на здании пригодны любые конструкции кровель (скатная, плоская, в форме оболочки), а также ограждения балконов. В странах с жарким климатом и сильной инсоляцией гелиоколлекторы можно устанавливать вертикально на наружных стенах.

При строительстве экологичных энергоактивных зданий обычно не ограничиваются каким-то одним энергоэкономящим мероприятием. Примером может служить шестиэтажный дом в новом экологичном жилом квартале Осло. Помимо устройства гелиоколлектора площадью 240 м<sup>2</sup> на кровле при создании дома было использовано множество других интересных решений: аккумулялирование теплоты; пассивная система солнечного отопления с южной стороны здания; теплая стена почти без проемов с более холодной северной стороны; сбор и очистка дождевой воды с твердых покрытий; небольшой пруд для очистки «серой» воды с небольшим каскадом для обогащения ее кислородом, подземный гараж. Для большей надежности площадь гелионагревателей в два раза превышает требующуюся.

Для сглаживания суточных и других колебаний температуры в контуре гелиоколлектора тепловую энергию аккумулялируют в специальных баках-аккумуляторах. Работа аккумулятора может быть основана на теплоемкостных процессах в жидком или твердом заполнителе (энергия накапливается за счет теплоемкости заполнителя), фазовых переходах (накопление энергии при плавлении заполнителя и ее выделение при затвердевании), а также термохимических процессах (накопление энергии при прохождении эндотермических реакций и ее выделение при экзотермических реакциях). Наибольших объемов требуют теплоемкостные аккумуляторы, наименьших – аккумуляторы с фазовыми переходами.



Фотоэлектрическая энергия обычно используется для энергоснабжения автономных потребителей небольшой мощности. Производство ее постоянно растет. Идет быстрый процесс совершенствования конструкций солнечных батарей (от плоских до пленочных, от непрозрачных до почти полностью прозрачных); в связи с этим растет их экономичность. В некоторых странах солнечная энергетика является одним из стратегических направлений развития энергетики, предусматривающим замену традиционных источников на возобновляемые. При массовом возведении небольших зданий с солнечными батареями они совместно могут выработать достаточно большое количество энергии, которое днем невозможно использовать. Чтобы не применять несовершенные аккумуляторы, эту суммарную электроэнергию преобразуют в промышленный ток, направляемый в городские сети через счетчик. Затем, по мере надобности, здания потребляют электроэнергию из внешних сетей, которую они как бы «запасли».

Рационально размещать солнечные электростанции (СЭС) непосредственно на крышах жилых домов. Местом установки СЭС могут быть также любые вертикальные, наклонные и горизонтальные поверхности; эффективность солнечного облучения вертикальных и горизонтальных поверхностей снижается не более чем на 20–30% по сравнению с наклонными. СЭС площадью 120 м<sup>2</sup> полностью обеспечивает энергетические потребности индивидуального жилого дома.

Для увеличения количества и, следовательно, снижения стоимости вырабатываемой СЭС электроэнергии применяют концентраторы солнечного излучения, устраивая СЭС в виде поля концентраторов с приемниками на кристаллических фотопреобразователях. Эти СЭС целесообразно совмещать со структурными конструкциями покрытий и солнцезащитных экранов, устанавливая концентраторы внутри ячеек структурной конструкции. С каждым годом строятся все более мощные СЭС, занимающие большие поверхности крыш. Так, в Германии возведено здание с солнечными батареями новой конструкции площадью 10 000 м<sup>2</sup>. В них фотоэлектрические ячейки занимают только часть стеклянной панели, а остальная часть прозрачна. Такие панели стоят и в ограждениях лоджии.

Интересным направлением в гелиоэнергетике является применение ламп ночного освещения, работающих на аккумуляторах, которые днем заряжаются от гелиобатарей. На вершине опоры размещается круглая в плане плоская солнечная батарея, а внутри опоры – экономичные аккумуляторы. Под батареей располагаются две лампы: одна – слабая, которая светит непрерывно, и более мощная, включающаяся только при приближении человека к лампе. Такие осветительные приборы не зависят от внешних источников энергии.



Новым шагом в направлении создания полифункциональных сооружений, формирования среды обитания в домах с учетом природно-климатических условий являются гелиокомплексы. Они состоят из нескольких взаимосвязанных локальных комплексов, в которые могут входить жилые здания, гелиосистемы (например, располагаемые на прилегающих склонах), промышленные и научные объекты.

Ветроэнергоактивные здания – это жилые производственные или сельскохозяйственные здания, выполняющие дополнительную функцию производства полезной энергии (электрической, механической, тепловой) преобразованием энергии ветра ветровыми колесами, размещенными в здании. Форма зданий может способствовать их более эффективной работе. На формирование ветровых потоков влияют некоторые местные факторы: рельеф местности, водоемы, прибрежные зоны моря и суши, общие и местные циркуляционные процессы в атмосфере. Энергия ветра зависит от солнечной энергии, часть которой преобразуется в ветровую. Примерный потенциал ветровой энергии составляет 40 ТВт, тогда как в настоящее время человечество потребляет около 10 ТВт в год. Энергия ветра исключительно неравномерно распределена по поверхности Земли; имеются устойчивые и меняющиеся ветровые потоки, причем существенное влияние на их скорость и направление оказывают застройка, особенно многоэтажными зданиями, а также озеленение поверхности земли и зданий (шероховатость поверхности).

Инженерно-экологическая оценка ветровой энергии производится с учетом данных о направлении ветра, распределении его скорости по времени и высоте, влияния региональных факторов (рельеф, микрорельеф, строящиеся здания). Для строительства ветроэнергоактивных зданий благоприятна скорость ветра 3–10 м/с при повторяемости около 60–90%. Велико влияние на скорость ветра рельефа местности, особенно на небольших высотах над поверхностью земли. Так, поправочный коэффициент при скорости ветра 3–5 м/с для открытого ровного места составляет 1, для открытых возвышенностей – до 1,6–1,7, для дна не продуваемых ветром лощин – 0,6 и менее.

Проектирование ветроэнергоактивных зданий ведут в таком порядке: определяют участки, наиболее обеспеченные ветровой энергией, учитывая наличие или отсутствие аэродинамического затенения другими зданиями, а также розу ветров; анализируют целесообразность создания аэродинамических русел с учетом рельефа местности для концентрации ветрового потока; изучают возможность концентрации ветрового потока и усиления аэродинамического эффекта путем рационального размещения вновь строящихся зданий; проектируют часть или все здание такой формы, чтобы оно позволяло улавливать и концентрировать большой ветровой поток; изучают возможность полифункционального исполнения лопастей

ветротурбины; анализируют возможность выполнения других НВИЭ в проектируемом здании.

Основным рабочим органом ветроэнергоактивного здания является ротор, который через механическую передачу приводит во вращение генератор. Ввиду непостоянства действия ветра в ветроэнергоактивных зданиях следует предусматривать устройства, аккумулирующие энергию.

Здание может служить опорой для размещения ветровой установки над его кровлей. Ветроустановку и кровлю можно сделать полифункциональными, например, разместить на кровле гелиоколлектор, а ветроустановку использовать для перекачивания теплоносителя (воды, воздуха и др.) в энергосистему здания. Другим полифункциональным решением является использование лопастей ветроколес в качестве конструктивных защитных элементов – зенитных фонарей, колпаков, створок защиты проемов и др.

Чаще всего применяют ветроколеса с горизонтальной осью вращения (пропеллерного типа) и диаметром ротора до 40 м. Ветроколеса с вертикальной осью вращения используют реже, так как они имеют ряд недостатков (необходимость принудительного разгона до определенной частоты вращения и др.). Однако такие ветроколеса лучше вписываются в конструкции энергоактивных зданий. Эффективность работы ветроколес можно повысить увеличением площади тех лопастей, на которые давит ветер, и сокращением площади остальных. Для этого предлагаются складывающиеся лопасти или лопасти с клапанами. Складывающиеся лопасти могут быть свободными или в рамках, причем для их складывания и разворачивания не требуются специальные приспособления – достаточно усилия ветра. В рабочее положение лопасти разворачиваются под действием ветра и дополнительного небольшого усилия пружин. Для увеличения вращающего момента лопасти должны быть отнесены от оси вращения на 5...20 м. Ветроагрегат такого типа может приводить в действие гидронасос, если ветроколесо при вращении будет совершать небольшие вертикальные перемещения. Для этого на ветроколесо вблизи оси вращения устанавливают катки, которые при вращении катятся по криволинейному копиру, совершая гармонические колебания.

Ветроколесо с поворачивающимися лопастями может быть встроено в круглый в плане жилой дом. Такое ветроколесо можно использовать для выработки электроэнергии, подачи воды в бак на крыше здания, привода лифтов. В перспективе эффективно создание ветроколес с разворачивающимися лопастями парусного типа, имеющими очень малую массу. Они разворачиваются автоматически при скольжении рычага привода разворачивания по криволинейному копиру на оси вращения. Представляют интерес проекты ветроагрегатов с машущими лопастями, обеспечивающих возвратно-поступательное перемещение поршня

гидронасоса. Для размещения таких ветроагрегатов требуется совсем малая площадь земли. Лопасти поворачиваются в рабочее положение в верхней и нижней точках автоматически с помощью рычагов, соприкасающихся со специальными упорами.

Гидро- и геотермоактивные здания используют тепловую энергию глубинных слоев грунта и воды со слабым сезонным и суточным изменением температуры и энтальпии. Колебания температуры уменьшаются с увеличением глубины от верхней (дневной) поверхности. Ресурсы этой энергии ориентировочно эквивалентны энергии, выделяющейся при сжигании 100 млн. т условного топлива в год.

Одним из видов тепловой энергии является энергия геотермальных вод, залегающих в ряде регионов земного шара, в частности в Исландии, США (Калифорния), Японии, России (Камчатка), Украине. Бурение скважин в местах залегания геотермальных вод позволяет получить пар с температурой 200–400°C, который можно использовать для выработки электроэнергии, а также в системах теплоснабжения. Обычно вода из гидротермального источника не может быть подана непосредственно в теплообменную систему здания, поэтому отбор тепловой энергии осуществляют через вторичный контур и теплообменник.

Другой способ использования теплоты недр – бурение глубоких скважин, достигающих пород с высокой температурой, и отбор теплоты с помощью теплоносителя (воды).

Указанные способы применимы не для всех территорий. Теплоэнергоресурсы участков земли, прилегающих к зданию, зависят от геологического строения, водосодержания пород, теплоемкости (рост теплоемкости грунта пропорционален увеличению водосодержания) и теплопроводности грунтов, экологически безвредных масштабов извлечения теплоты из грунта, сезонных изменений температуры в грунте.

Толщина слоя грунта, служащего доступным аккумулятором геотермальной энергии низкого потенциала, как правило, не превышает 10–20 м. Эффективное использование разности температур наружного воздуха и грунта на небольшой глубине (или воды в водоеме – море, реке) возможно при применении тепловых насосов (см. ниже), повышающих температурный потенциал теплоносителя (воды) до уровня, обеспечивающего обогрев зданий в зимнее время.

Для оценки эффективности размещения энергоактивного здания, использующего гидро- или геотермальную энергию, необходимо проанализировать площадку строительства с точки зрения возможности применения других НВИЭ. Одновременно должна быть определена возможность размещения внешнего гео- или гидротермального коллектора, чтобы соседние здания позволяли получить необходимую площадь внешнего коллектора в плане.

Отбор энергии из теплого массива грунта под зданием осуществляется через теплообменник, представляющий собой систему труб с энергоносителем – воздухом, водой или иной жидкостью. В верхней зоне, соприкасающейся с холодным воздухом, массив грунта, служащий для отбора энергии, теплоизолируется, а для улучшения теплообменных свойств он может быть частично заменен гравием, щебнем. Теплоемкость искусственного массива увеличивают его внешней теплоизоляцией и последующим заполнением водой. Энергетический потенциал массива грунта может быть повышен за счет циркуляции в нем теплоносителя, нагреваемого, например, гелиоколлектором или другим устройством, использующим возобновляемую энергию. В этом случае искусственная насыпь играет роль аккумулятора энергии. При выполнении насыпи с откосами вокруг здания ее следует теплоизолировать со всех сторон кроме южной. С этой стороны на поверхности насыпи устанавливают гелиоколлекторы. Теплота от гелиоколлекторов может поступать в массив грунта, или в воздушные каналы к стенам здания, или через каналы прямо в здание.

Большой эффект может дать улавливание (и последующая утилизация) теплоты, уходящей в окружающую среду из систем отопления, вентиляции, кондиционирования, горячего водоснабжения, выделяемой технологическими агрегатами (промышленные печи, генераторы), остывающей продукцией и др. Энергоактивные здания используют тепловую сбросную энергию ТЭЦ, промышленных предприятий. Могут быть утилизированы самые незначительные тепловыделения, например бытовых приборов, людей в здании. Для утилизации служат теплообменники, канаты с теплоносителями, тепловые насосы.

В биоэнергоактивных зданиях используется биомасса (деревья, трава, кустарники, водоросли, отходы сельскохозяйственного производства, в том числе животноводства, птицеводства, промышленные и бытовые отходы, бытовые сточные воды), представляющая собой мощный аккумулятор солнечной энергии. Биомасса служит исходным продуктом для образования биогаза (реже – жидкого топлива, получаемого сжижением). Для получения биогаза могут использоваться как продукты фотосинтеза (растения, водоросли и др.), так и бытовые отходы, сточные воды, органические отходы пищевой и текстильной промышленности и сельскохозяйственного комплекса. Биотехнологическое преобразование осуществляется ферментативным разложением биомассы микроорганизмами в анаэробных условиях (без доступа воздуха). Биогаз на 50–80% состоит из метана и на 50–20% из углекислого газа. Даже при низкой концентрации органических веществ в воде из нее рационально извлекать биогаз. Конверсия энергии при его получении очень велика (более 80%). В процессе получения биогаза минерализуются фосфор и азот

– основные компоненты удобрений, и эффективно очищается сточная вода.

Биогаз получают в установках, основной частью которых является реактор (матантенк), вместимостью от нескольких единиц до нескольких тысяч кубических метров. Реактор играет роль бродильной камеры, в которую ежедневно загружают свежий субстрат (биомассу), обеспечивая нужную температуру брожения, равномерное перемешивание массы и опорожнение от шлама (при этом оставляют небольшую часть затравочного шлама). Образующийся в реакторе газ поступает в газгольдер. Реакторы, изготавливаемые из железобетона, металла, пластмасс, должны быть герметичны, непроницаемы для жидкости, прочны, теплоизолированы, их внутреннее пространство должно быть доступно для обслуживания.

В реакторах жидкость и твердые вещества должны равномерно перемешиваться с помощью механических мешалок (в том числе с приводом от ветродвигателей), струй жидкости или газов брожения. Газ, поступающий в газгольдеры высокого или низкого давления, требуется очищать от сероводорода и при необходимости сжижать. Биогаз может использоваться в горелках систем отопления, стандартных водонагревателях, газовых плитах, двигателях внутреннего сгорания, холодильных машинах абсорбционного типа.

Комплекс, включающий в себя реакторы с системами загрузки биомассы, ее перемешивания, сепарации газа, удаления шлама, а также блок аккумуляирования газа (газгольдер), целесообразно проектировать с учетом совмещения функций несущих и техно.чогических конструкций. Эти комплексы лучше всего располагать в местах постоянного накопления биомассы – на предприятиях по переработке продуктов, древесины, в жилых микрорайонах, на очистных сооружениях, в агропромышленных комплексах. Они могут быть самыми разными по размерам – от небольших (на один-два индивидуальных дома) до крупных (на несколько домов). Наилучшей формой реактора с точки зрения прочности, отвода осадков, удобства перемешивания биомассы и разрушения плавающей корки признана яйцеобразная, однако при изготовлении резервуаров из железобетона ее получение весьма трудоемко. В цилиндрическом резервуаре условия перемешивания и разрушения плавающей корки хуже, но он более технологичен.

Система биоконверсии (конверсии биомассы в биогаз) может быть проточной (непрерывной или полунепрерывной) или прерывистой. Реакторы могут быть выполнены не только в виде бродильных камер, горизонтальных резервуаров, но и в виде траншей. Самая простая вырытая в грунте траншея с наклонным дном позволяет обрабатывать большое количество субстрата. Подаваемый субстрат следует подогревать в целях



обеспечения брожения, поэтому для исключения потерь теплоты надо хорошо теплоизолировать реактор. В зимнее время подогрев обеспечивается подачей через теплообменники горячей воды с температурой не выше 60°C, может использоваться отходящая теплота технологических установок (теплота удаляемого дыма, сбросовых вод ТЭЦ, воздуха из систем вытяжной вентиляции горячих цехов, энергетических агрегатов) или гелиоколлекторов.

Ввиду эффективности конверсии биомассы в биогаз и необходимости строительства комплексов с реакторами и газгольдерами в местах сооружения зданий различного назначения рекомендуется совмещать эти сооружения в единое биоэнергетическое здание – обычное здание сельскохозяйственного, лесохозяйственного, производственного, социального, жилого назначения со встроенным в него комплексом по конверсии биомассы в биогаз и установками по использованию биогаза для снабжения здания теплотой и энергией.

#### **8.6.4 Практические вопросы и решения**

1. Какие конструктивные решения могут повысить энергоэффективность жилых зданий?
2. Что такое энергоактивные здания?
3. В чем суть концепции пассивного дома?
4. В чем различия зданий с нулевым энергопотреблением и пассивных зданий?
5. Какие виды энергии могут использоваться в энергоактивных зданиях?
6. В каких регионах наиболее эффективны ветроэнергоэффективные здания?
7. Какова роль биоэнергетики в застроенной среде?
8. Почему купольный дом высоко энергоэффективен?

#### **8.6.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)**

Castle S. (2013a). Where Is ‘Big Data’ for Building Energy Headed? [Accessed 24 April, 2013]. <http://greentechadvocates.com/>

Castle S. (2013b). Using Data Analytics in Zero-Touch Building Energy Assessments. [Accessed 24 April, 2013]. <http://greentechadvocates.com/>

Castle S. (2013c). Personalization is Key to Energy Savings. [Accessed 24 April, 2013]. <http://greentechadvocates.com/>



Dakwale V.A., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S. (2011). Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review // Sustainable Cities and Society. Vol. 1, Iss. 4, PP 211–218.

Pelenur M. and Cruickshank H., 2011. The subjective view of energy in the urban built environment: what are the social factors that affect our interaction with energy? Proceedings of the 6th UNESCO Dubrovnik conference on sustainable development of energy, water, and environment systems (SDEWES), Dubrovnik, Croatia, 25-29 September 2011, University of Dubrovnik, SDEWES11-0078.

Tronchin L, Fabbri K. Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation// Energy and Buildings. – 2008. – V. 40(7). – P. 1176–1187.

Бадьин Г.М., Сычев С.А. (2013). Современные технологии строительства и реконструкции зданий. СПб.:БХВ-Петербург. 288 с.

Смирнова С.Н. Типология энергоэффективных жилых зданий средней этажности для климатических условий Среднего Поволжья. // Известия КГАСУ. – 2013. – № 2(24). – С. 84–90 [Smirnova S.N. Typology of mid-rise energy efficient residential buildings for the climatic condition of the Middle Volga]

Тетиор А.Н. (2008). Городская экология: уч. пособие для студ. высш. уч. зав. – 3-е изд. М.: Изд. Центр «Академия». 336 с.

## **8.7 Тема лекции 7: Энергосберегающие инженерные системы. Концепция «умного» дома.**

### **8.7.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с понятием «умный» дом и его роли в энергосбережении.

### **8.7.2 Цель и основные результаты обучения**

Целью обучения по этой теме является анализ возможностей умного дома в энергосбережении:

- Концепция «умного дома»;
- Технологии умного дома;
- Возможности широкополосных беспроводных технологий;
- Риски современных «облачных» технологий управления умного дома.

Предполагаемые основные результаты обучения соответствуют выше предусмотренным целям.

### 8.7.3 Конспект лекции и раздаточные материалы

#### Тема лекции 7: Энергосберегающие инженерные системы. Концепция «умного» дома.

- Концепция «умного дома»;
- Технологии умного дома;

#### Энергосберегающие инженерные системы. Концепция «умного» дома

- Концепция «умного дома»;
- Технологии умного дома;

#### Концепция «умного дома»

В настоящее время наметился постепенный переход к возведению так называемых «умных» или «интеллектуальных» зданий для повышения качества среды, экономии материалов и энергии. Понятие «интеллектуальное здание» было сформулировано Институтом интеллектуального (США) как здание, «обеспечивающее продуктивное и эффективное использование рабочего пространства». Умный дом – это система обеспечения комфортного и безопасного проживания и ресурсосбережения для всех пользователей, основанная на высокотехнологических устройствах. Умный Дом объединяет в себе все инженерные системы здания и обеспечивает их полный контроль и мониторинг. Основными факторами востребованности на рынке «умных домов» являются проблемы энергосбережение, повышение старение населения, нормативные инициативы правительств и др. По оценкам аналитиков в ближайшие годы ожидается среднегодовой темп роста рынка «умных домов» 17,74% на расчетный период с 2013 по 2020 годы.

Еще в 1995 году разработчики технологий Java предрекали, что одним из основных назначений для этой технологии будет увеличение интеллекта бытовых приборов, например, холодильник сам будет заказывать продукты из магазина. Промышленного распространения эта идея не получила, но такие компании, как Miele и Siemens, уже выпускают бытовую технику с возможностью включения в «умный дом». Так, в 2012 году компания Panasonic анонсировала полномасштабное производство систем управления энергией SMARTHEMS, предназначенных для «умных домов» и обещает совместимость с системой HEMS во всю линейку своих бытовых приборов (кондиционеры, «умная» кухонная техника и системы горячего водоснабжения EcoCute).

Элементы «умных» систем зданий известны уже давно, но системы обеспечения комфортных условий для жителей и быстрого реагирования

на изменение потребностей с помощью встроенных управляющих устройств появились недавно.

Под термином «умный дом» обычно понимают интеграцию следующих систем в единую систему управления зданием:

- системы управления и связи;
- система отопления, вентиляции и кондиционирования;
- система освещения;
- система электропитания здания;
- система безопасности и мониторинга.

«Умными» могут быть любые здания – жилые дома, учреждения, производственные объекты и др. Как правило, такие здания оборудуются следующими системами:

- энергоснабжения, освещения, отопления, водоснабжения, кондиционирования и служб безопасности (противопожарной, антисейсмической, охраны дома и др.);
- телекоммуникационными (сети связи, в том числе спутниковой, оптико-волоконные кабельные сети, сети подключения к банкам данных). Эти системы позволяют получать информацию в соответствии с профилем организации – владельца интеллектуального здания;
- автоматизации учреждений (офисов), в том числе автоматизации системы контроля качества внутренней среды здания и некоторого объема внешнего пространства;
- автоматизации внутреннего транспорта (например, лифтов);
- централизованного сбора и утилизации отходов.
- В некоторых проектах предлагается также использовать машины церебральной релаксации, посылающие через наушники и очки звуковые и световые сигналы с комбинацией различных частот в соответствии со специальными программами против бессонницы, стресса, невроза и др.

Отдельные элементы этих систем уже сейчас пользуются большим спросом и присутствуют практически во всех зданиях: видеокамеры, датчики контроля доступа, управление вентиляцией и кондиционированием, информационные системы, но в большинстве своем все они спроектированы независимо друг от друга. Интеллектуальные технологии уже нашли масштабное применение в единых системах диспетчеризации, автоматизации и безопасности крупных объектов: рентабельность и удобство эксплуатации зданий неоднократно были отмечены инвесторами и девелоперами. В итоге потребитель получает:

- снижение эксплуатационных расходов в среднем на 30%,
- снижение платежей за электроэнергию в среднем на 30%,

- снижение платежей за воду в среднем на 40%,
- снижение платежей за тепло в среднем на 50%,
- уменьшение выбросов CO<sub>2</sub> в среднем на 30%.

Функции «умных» зданий могут быть очень широкими – от контроля среды и состояния жителей до контроля состояния самого здания. В сейсмических районах могут использоваться «умные» здания с автоматическим реагированием на землетрясение. Они снабжены системой зеркал на фундаменте на некотором расстоянии от здания и оптических датчиков, которые фиксируют отклонение светового луча от исходного положения при начале колебаний грунта. Микропроцессор анализирует параметры колебаний грунта при землетрясении с помощью заложенной в него экспертной системы и подает своевременные команды на эффекторы – линейные двигатели, перемещающие, например, большую массу на верхнем этаже здания в противофазе с колебаниями здания. Такое мероприятие позволяет в самом начале колебаний верха здания относительно фундамента снизить их амплитуду и тем самым предотвратить недопустимые деформации.

Новым типом «умного» здания широкого назначения может стать здание с автоматическим слежением за состоянием своих конструкций, а также за качеством внутренней и, частично, окружающей сред. Такое здание с помощью систем датчиков (рецепторов) следит за деформациями и состоянием конструкций, основания и фундаментов, гидроизоляции, теплозащитными свойствами стен. Оно анализирует внутреннюю среду помещений и состав воздуха снаружи здания.

В нем могут быть следующие системы контроля:

- напряженно-деформированного состояния конструкций;
- степени изношенности (коррозии) конструкций;
- качества воздуха внутри здания и питьевой воды;
- вибрации и других физических параметров;
- качества воздуха и физических полей вблизи здания;
- состояния и деформаций грунта в основании здания;
- вибрационных и сейсмических воздействий.

Если параметры среды отличаются от допустимых, включаются соответствующие экспертная система и система реагирования (изменяющая, например, напряжения в напряженной арматуре, оказывающая сейсмоизолирующие воздействия и т.д.).

## **Технологии умного дома**

Технология «умного дома» предполагает создание комплекса инженерно-технических систем, интегрированных в единое информационное пространство. Подобные комплексы обычно включают в

себя охранные и пожарные извещатели, релейные исполнительные модули, функциональные и системные контроллеры, блоки индикации, источники бесперебойного питания, электронные считыватели и ряд преобразователей интерфейсов для подключения создаваемых систем к управляющим компьютерам, локальным сетям и сетям беспроводной передачи данных.

Система «умного дома» поддерживает дистанционное управление всеми возможными средствами управления: пульты и панели управления, сенсорные панели, компьютер и мобильный телефон. Умным Домом можно управлять как на больших расстояниях, так и из любого помещения в доме. Управление «умным домом» можно осуществлять через сенсорные панели и пульты управления, iPad, iPhone и iPod, компьютер, мобильного телефона. Система «умного дома» представляет собой иерархическую структуру, в которой посредством сетей (LonWork, BacNet) объединено интеллектуальное оборудование: процессоры, интеграторы и полевые контроллеры, управляющие работой отдельных систем и устройств. С них информация о работе систем поступает на центральный процессор системы управления зданием.

#### *Система управления умного дома*

- Управление с одного места аудио-, видеотехникой, домашним кинотеатром, мультимедиа
- Удаленное управление электроприборами, приводами механизмов и всеми системами автоматизации. Электронные бытовые приборы в умном доме могут быть объединены в домашнюю Universal Plug'n'Play – сеть с возможностью выхода в сети общего пользования.
- Механизация здания (открытие/закрытие ворот, шлагбаумов, электроподогрев ступеней и т.п.)

#### *Система связи умного дома*

Сюда относятся телефонная связь и локальная сеть здания. Существует несколько платформ и протоколов, с помощью которых связываются подсистемы умного дома:

**AiSEG** (Smart Energy Gateway) – система позволяет связать все оборудование и домашние устройства в единую сеть, организовав отображение информации о работе солнечных батарей, расходе электричества, газа и воды, и автоматически контролируя работу бытовых приборов с помощью протокола ECHONET Lite.

**LanDrive** – наиболее доступная на сегодняшний день платформа для построения шинных распределённых систем управления внутренним и уличным освещением, силовыми нагрузками, электроприборами, а также такими системами, как отопление, кондиционирование, вентиляция, охранная сигнализация, контроль доступа и протечек воды. Также

возможно управление аудио- и видеотехникой, домашними кинотеатрами, жалюзи, рольставнями, шторами, воротами, насосами, двигателями. В основном ориентирована на применение в составе «умного дома», но в последнее время всё чаще применяется в системах учёта и сбережения энергоресурсов, контроля доступа, охранно-пожарных системах.

**TELETASK** (шина/протокол AUTOBUS) – система домашней автоматизации для зданий и помещений, где человек находится продолжительное время (квартира, коттедж, офис, гостиница и т.д.)

**EIB/KNX** (European Installation Bus – «Европейская инсталляционная шина»). Технологии автоматизации зданий единого европейского стандарта-преемника - KNX. В состав оборудования входят KNX датчики физических величин (температуры, влажности и т.д.; датчики движения, таймеры и др.).

**Smart-bus** – бюджетные распределенные системы Умного дома. Открытый протокол на основе RS-485 интерфейса разработанный и запатентованный международной корпорацией Smart Home Group.

**LON** (LonWorks) – сетевая платформа для достижения производительности, гибкости, соответствия инсталляционным и эксплуатационным потребностям в задачах активного мониторинга и управления. LonWorks широко используется для автоматизации различных процессов и функций зданий, например, управление освещением, отоплением, вентиляцией и кондиционированием

**Helvar** – для систем управления освещением использует протокол DALI и DSI.

**X10** – протокол управления электроприборами. Сигнал передается по электрическим проводам либо в радиодиапазоне. Недостатки — низкая скорость передачи информации и помехозащищенность, проблема ложного срабатывания, отсутствие обратной связи приёмника с передатчиком, возможны конфликты устройств X10 разных производителей и несанкционированный доступ к устройствам X10 по электросети.

**Z-Wave** – запатентованный беспроводный протокол связи, разработанный для домашней автоматизации, в частности для контроля и управления на жилых и коммерческих объектах. Технология использует маломощные и миниатюрные радиочастотные модули, которые встраиваются в бытовую электронику и различные устройства, такие как освещение, отопление, контроль доступа, развлекательные системы и бытовую технику.

**ONE-NET** – открытый протокол беспроводной сети передачи данных, разработанный для целей автоматизации зданий и управления распределёнными объектами.



**1-Wire** – технология, которая позволяет связать многие датчики и приборы в одну сеть, управление в которой на себя берёт персональный компьютер. Для передачи данных в такой сети используется всего один провод. Отличается дешевизной и простотой установки.

Важно отметить, что все инженерные подсистемы «умного дома» должны иметь возможность работать в автономном режиме. В случае, если какая-то из подсистем вышла из строя, то и вся система не сможет исправить проблему, поскольку «умный дом» является надстройкой над остальными инженерными системами.

#### *Система отопления, вентиляции и кондиционирования*

Система отопления, вентиляции и кондиционирования (Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC) обеспечивает регулировку температуры, влажности и поступление свежего воздуха. Кроме этого, HVAC экономит энергию за счет рационального использования температуры среды. Некоторые подсистемы:

- управляемый через сеть кондиционер;
- механизмы автоматического открытия/закрытия окон для поступления холодного или теплого воздуха в подходящее время суток.

#### *Система электропитания здания*

Системы электропитания обеспечивают бесперебойное питание, в том числе за счет автоматического переключения на альтернативные источники электропитания. Некоторые подсистемы:

- автоматическое включение резервного питания;
- источники бесперебойного питания;
- дизель-генераторы.

#### *Система безопасности и мониторинга*

В систему безопасности и мониторинга входят следующие подсистемы:

- система видеонаблюдения;
- система контроля доступа в помещения;
- охранно-пожарная сигнализация (в том числе контроль утечек газа);
- телеметрия – удалённое слежение за системами;
- система защиты от протечек – автоматическая блокировка водоснабжения при протечке и заливе помещения. Состоит из контролирующего устройства, специальных кранов и датчиков, детектирующих затопление (Аквасторож, Neptun, Гидролок и другие);
- GSM-мониторинг – удалённое информирование об инцидентах в доме (квартире, офисе, объекте) и управление системами дома через телефон. В некоторых системах при этом можно получать голосовые

инструкции по планируемыми управляющим воздействиям, а также голосовые отчеты по результатам выполнения действий;

– IP-мониторинг объекта.

«Умное» биопозитивное здание создает наиболее благоприятные условия для находящихся в нем людей. К известным устройствам для кондиционирования воздуха, автоматического включения и выключения света, автоматического затенения окон, слежения здания (его поворота) за солнцем в будущем в нем добавлены автоматические устройства для поддержания нормального физического и психофизиологического состояния людей. «Умное» здание более широкого назначения может содержать устройства (датчики, преобразователи), расположенные в местах наилучшего отбора информации о показателях физического и психофизиологического состояния людей (определяющие кровяное давление, частоту дыхания и работу сердца, тембр и громкость голоса, состояние и цвет радужной оболочки глаз, вес и рост человека и т.д.) и передавать эти показатели в базу данных. С помощью медицинских экспертных систем (МЭС) компьютер анализирует нормальные и текущие (периодически замеряемые) показатели и при отклонении каких-либо из них от нормы, сигнализировать о начале заболевания. На основании заложенных в память данных компьютер выдает сигналы на исполнительные механизмы, подающие лекарственные добавки в питьевую воду, воду для душа или ванны, создающие необходимые температуру и влажность внутри помещения, выдающие на мониторе рекомендации по питанию, и, при необходимости, в медицинские учреждения для последующего вызова врача на дом или госпитализации.

Тепловое поле человека будет определяться термовизионной установкой; высокочастотное поле – по методике Кирлиан; масса – датчиками различной конструкции; рост – фоторезисторами в паре с источниками света в дверных проемах; частота дыхания – высокочувствительным остроориентированным микрофоном типа течеискателя, направленным налицо; частота сокращений сердца, кровяное давление – электродами и датчиками, постоянно прикрепленными к ручкам кресла; спектральная характеристика голоса – микрофоном; состояние и цвет радужной оболочки глаз – передающей камерой в ванной комнате; параметры выдыхаемого воздуха – датчиком, находящимся в спинке кровати; данные о белке и сахаре – датчиками в туалете; качество походки (соотношение между нормальной и касательной составляющими давления ноги на пол) – тензорезисторами на одной из ступенек лестницы или половицы пола.

«Умное» здание не должно быть перенасыщено новыми сетями, создающими электромагнитные поля, которые воздействуют на жильцов. Интеллектуальные системы избавляют человека от выполнения многих

функций, но человек обязан физически трудиться, чтобы поддерживать нормальное состояние, поэтому всегда будут существовать экологически обоснованные пределы использования таких систем. Они должны рассматриваться с учетом углубленного экологического анализа, который должен быть направлен на экологичное ограничение степени интеллектуальности зданий.

#### *Возможности широкополосных беспроводных технологий.*

Важнейшим технологическим условием построения глобального информационного общества, являющегося одной из основ технологий «умного дома» является создание и развитие адекватных сетей широкополосного доступа к ресурсам мультисервисных сетей. Под термином «широкополосный доступ» понимается организация высокоскоростного канала от абонента к интернету, организованный по беспроводной технологии. Широкополосные беспроводные сети обеспечивают обмен данными с пропускной способностью до 100 Мбит/сек. По скорости работы ШБД уступает лишь оптоволоконным технологиям. Важно то, что широкополосный доступ обеспечивает абоненту интеграцию всевозможных услуг (интернет, специализированные данные, видео, голос и т.д.).

В последние годы спектр технологий широкополосного доступа, использующих традиционные и нетрадиционные линии связи в различных средах распространения (медь, алюминий, эфир, оптоволокно), существенно расширился. Высоким требованиям по широкополосности в большей степени отвечают спутниковые технологии на частотах дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов либо оптические диапазоны на земле (FTTx, FSO и др.). Если же брать за основу стоимость предоставления услуг, то перспективными представляются технологии на базе уже построенной инфраструктуры с использованием телефонных и радиотрансляционных линий, линий электропередачи и кабельного телевидения, различных систем радиодоступа (xDSL, PLC, Wi-Fi, WiMAX и др.). Беспроводной широкополосный доступ обеспечивает непрерывное подключение к Интернету и так называемую двустороннюю связь в любом месте.

Начало бурного развития широкополосных технологий пришлось на середину 90-х годов. Практически все аналитики оценивают ежегодный прирост широкополосных пользователей в 30–40%.

#### *Принципы проектирования систем умного дома*

Использование открытых протоколов (LonWork или BacNet), обеспечивает «бесшовную» интеграцию инженерного оборудования различных производителей. Избыточность, заложенная на этапе проектирования, дает возможность при необходимости расширять систему управления зданием, подключать к ней новое оборудование и системы с

минимальными временными и финансовыми затратами. Принцип распределенного интеллекта, реализованный в контроллерах автоматизированной системы управления зданием, обеспечивает надежность работы системы, при которой даже при выходе из строя одного из элементов управления его функции передаются другому узлу.

Чтобы называться «умным», здание должно не только управляться автоматизированной системой, но и включать определенное количество информационных точек (датчиков, сенсоров), с которых поступают данные о состоянии оборудования и окружающей среды. По американским нормам информационных точек должно быть не менее 15 тысяч, а согласно российским реалиям – не менее 2–3 тысяч. Поскольку площади интеллектуальных зданий сильно разнятся, разумнее было бы говорить не об абсолютном, а об «удельном» количестве информационных точек – из расчета на единицу площади.

#### **8.7.4 Практические вопросы и решения**

1. Какие основные цели концепции умный дом?
2. Каковы основные преимущества концепции умного дома в энергосбережении?
3. Какие функции могут быть реализованы в умных домах?
4. Какое оборудование, предметы или устройства применяются в умных домах?
5. Какие технологии используются для контроля датчиков в умных домах?

#### **8.7.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)**

Ahmad Jalal, Md. Zia Uddin, Jeong Tai Kim, Tae-Seong Kim (2012). Recognition of Human Home Activities via Depth Silhouettes and R Transformation for Smart Homes //Indoor and Built Environment. Vol. 21; Iss.1: PP. 184–190.

Al-Ali A.R., El-Hag A., Bahadiri M., Harbaji M., El Haj Y.A. (2011). Smart Home Renewable Energy Management System // Energy Procedia. Vol. 12, PP. 120–126.

Arkhipov O.P., O.A. Ivaschuk, I.S. Konstantinov, O.A. Savina (2011). Ways of Creation of the Automated Control System by Innovative «Smart City» //Information Systems and Technologies (Scientific and technical journal). Orel: State University – ESPC № 6 (68). P.85–94.

Caragliu A., Del Bo C., Nijkamp P. (2011) Smart cities in Europe.// Journal of Urban Technology, Vol. 18, No. 2, PP. 65–82.

Chan M., Estève D., Escriba Ch., Campo E. (2008). A review of smart homes—Present state and future challenges // Computer Methods and Programs in Biomedicine. Vol. 91, Iss. 1, PP. 55–81.

Ding D., Cooper R.A., Pasquina P.F., Fici-Pasquina L. (2011). Sensor technology for smart homes // Maturitas. Vol. 69, Iss. 2, PP. 131–136.

Kofler M.J., Reinisch Ch., Kastner W. (2012). A semantic representation of energy-related information in future smart homes // Energy and Buildings. Vol. 47, PP. 169–179.

Li B., Yu J. (2011). Research and Application on the Smart Home Based on Component Technologies and Internet of Things // Procedia Engineering. Vol. 15, PP. 2087–2092.

Missaoui R., Joumaa H., Ploix S., Bacha S. (2014). Managing energy Smart Homes according to energy prices: Analysis of a Building Energy Management System. // Energy and Buildings. Vol. 71, PP. 155–167.

Stefanov, D.H., Zeungnam Bien; Won-Chul Bang (2004). The smart house for older persons and persons with physical disabilities: structure, technology arrangements, and perspectives // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering focuses on the rehabilitative and neural aspects of biomedical engineering. Volume:12 , Issue: 2. PP. 228–250.

Yang R., Wang L. (2013). Multi-zone building energy management using intelligent control and optimization// Sustainable Cities and Society. Vol. 6, PP. 16–21.

Харке В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве М.:Техносфера, 2006. 288 с. ISBN 978-5-94836-093-5.

Smarter Buildings. Website of IBM Inc.: Smarter Planet. [http://www.ibm.com/smarterplanet/uk/en/green\\_buildings/ideas/index.html?re=spf](http://www.ibm.com/smarterplanet/uk/en/green_buildings/ideas/index.html?re=spf)

## **8.8 Тема лекции 8: Мониторинг теплопотерь методами дистанционного зондирования Земли.**

### **8.8.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с основами дистанционных методов зондирования Земли и их возможностями в мониторинге теплопотерь.

### 8.8.2 Цель и основные результаты обучения

Целью обучения по этой теме является получение теоретических знаний и освоение практических методик:

- оценки энергоэффективности и потерь тепла застроенной окружающей среды при помощи спутниковых систем;
- геометрической привязки данных дистанционного зондирования;
- построения картограмм температуры поверхности;
- анализа точности картограмм температуры поверхности.

Предполагаемые основные результаты обучения соответствуют выше предусмотренным целям.

### 8.8.3 Конспект лекции и раздаточные материалы

**Тема лекции 8: Мониторинг теплотерь методами дистанционного зондирования Земли.**

- Особенности радиационного и теплового балансов в городе
- Оценка потерь тепла застроенной среды при помощи спутниковых систем;
- Построение картограмм температуры поверхности;
- Анализ точности картограмм температуры поверхности.

#### **Мониторинг теплотерь методами дистанционного зондирования Земли**

- Особенности радиационного и теплового балансов в городе
- Оценка потерь тепла застроенной среды при помощи спутниковых систем;
- Построение картограмм температуры поверхности;
- Анализ точности картограмм температуры поверхности.

#### **Особенности радиационного и теплового балансов в городе**

Аномалии в структуре теплового баланса подстилающей поверхности являются основными причинами формирования специфических мезо- и микроклиматических условий. На территории городов такие изменения выражены особенно сильно и имеют свою специфику по сравнению с естественными природными ландшафтами. Количественные характеристики этих изменений зависят от размера города, преобладающих морфотипов застройки и природно-климатических условий, в которых город расположен. Поскольку для различных городов



упомянутые характеристики могут различаться, ведущие причины изменения теплового баланса также могут быть различными.

Наиболее ярко влияние урбанизации на климат прослеживается в тенденции к возрастанию температуры воздуха. Образующиеся на территории городов устойчивые положительные аномалии температуры воздуха получили название «островов тепла». Это явление, впервые описанное еще в XIX веке, возникает по нижеследующим основным причинам:

- Поступающие в атмосферный воздух различные примеси от производственных объектов, транспорта и других источников загрязнения атмосферы снижают прозрачность атмосферы, что приводит к уменьшению прямой солнечной радиации. В то же время увеличивается рассеянная радиация, что в сочетании с техногенной эмиссией тепла приводит к появлению местного «парникового эффекта».
- В результате застройки интегральное альbedo территории городов, как правило, уменьшается и, следовательно, увеличивается доля поглощенной солнечной радиации по сравнению с естественными ландшафтами.
- За счет сокращения площадей с открытым почвенным покровом и зелеными насаждениями снижается расход тепла на испарение, что приводит к росту теплового баланса.
- В городах на нужды теплоснабжения, транспортное обслуживание и технологические процессы расходуется большое количество энергоресурсов. Большая часть вырабатываемой тепловой энергии на территории города диссипируется в окружающее воздушное пространство и почвы, приводя к их нагреванию.
- Внутри застроенных территорий формируются зоны застоя воздуха, которые препятствуют турбулентному перемешиванию приземного слоя атмосферы и выносу избыточного тепла в ее вышележащие слои. За счет ухудшения условий турбулентного перемешивания теплоотдача застройки уменьшается по сравнению с незастроенными территориями.

Интенсивность островов тепла, образующихся над городами, зависит от их размеров, количества жителей, плотности застройки и естественных природно-климатических условий местности, на которой расположены эти города. В общем случае, чем больше город, тем значительнее в нем положительные аномалии температуры воздуха.

Радиационный баланс подстилающей поверхности (сумма прихода и расхода поглощаемой и излучаемой лучистой энергии) на территории города изменяется под воздействием как естественных причин (рельефа, характера зеленых насаждений), так и хозяйственной деятельности.

Прямая солнечная радиация ослабляется за счет увеличения содержания в воздухе аэрозолей, химического загрязнения атмосферы и увеличения общей облачности. Рассеянная солнечная радиация, напротив, увеличивается за счет тех же факторов. Альbedo поверхности изменяется в результате строительства искусственных поверхностей, применения отделочных и кровельных материалов с поглощающими и отражающими свойствами, отличающимися от естественных поверхностей. Радиационный баланс является составной частью теплового баланса подстилающей поверхности.

Тепловой баланс всех потоков на поверхности деятельного слоя складывается из нескольких параметров. В среднем за год его величину для участка суши в естественных условиях можно считать равной нулю, т.е. количество накопленного за год тепла в теплый период равно количеству тепла, переданного в окружающее пространство в холодный период года. В границах территорий, вовлеченных в хозяйственную деятельность, поступление тепла происходит не только за счет притока солнечной радиации, но и за счет антропогенного фактора – использования энергоресурсов. В городах это использование тепла, электроэнергии и моторного топлива на отопление и горячее водоснабжение.

Для целей проектирования городской среды анализ радиационно-теплового режима предполагает оценку тепловых условий с позиции повышенного и пониженного теплового фона. При таком анализе оценивается воздействие солнечной радиации на фасады зданий с точки зрения обеспечения комфортности их внутренней среды при совместном воздействии солнечной радиации и температуры воздуха. После этого выполняется оценка территории по тепловому воздействию этих фасадов на прилегающую к ним территорию и других поверхностей, излучающих тепловую энергию в городскую среду.

Солнечная радиация регламентирует ориентацию зданий по сторонам горизонта и их внутреннюю планировку. По условиям инсоляции регламентируется также планировка дворовых пространств, детских площадок и плоскостных спортивных сооружений. Эта регламентация направлена на предотвращение перегрева людей и обеспечение территорий достаточным количеством ультрафиолетовой радиации.

### **Оценка потерь тепла застроенной среды при помощи спутниковых систем**

Не менее важным являются задачи мониторинга потерь тепла системами городского теплоснабжения. Космические снимки в тепловом инфракрасном диапазоне являются ценным источником информации о пространственно-временных особенностях этого явления.

Картографические материалы, создаваемые на основе тепловых снимков, могут служить для планирования развития городских территорий, проведения мероприятий по благоустройству городов и энергосбережению.

В основе теплового инфракрасного дистанционного зондирования лежит регистрация излучения в диапазоне электромагнитных волн от 1,3 до 1000 мкм. Это излучение является невидимым для человеческого зрения, но его можно ощутить через температурные свойства окружающих объектов.

Все объекты земной поверхности излучают в широком диапазоне спектра. Согласно закону смещения Вина, длина волны максимума излучения обратно пропорциональна абсолютной температуре объекта. Для большинства земных объектов длина волны собственного излучения максимальной интенсивности находится в пределах 10–12 мкм.

Тепловое дистанционное зондирование земной поверхности позволяет наблюдать объекты при отсутствии прямого солнечного излучения. Однако оно не свободно от помех, вносимых погодными условиями. Атмосфера оказывается непрозрачной для большей части длин волн теплового диапазона. Окна прозрачности существуют в интервалах 3–5 мкм, 8–14 мкм, а также 30–80 мкм. В интервалах 3–5 мкм и 8–14 мкм в основном и производится съёмка в тепловом диапазоне, съёмку в окне прозрачности 30–80 мкм часто называют радиотепловой съёмкой.

На тепловых снимках регистрируется интенсивность теплового излучения объектов земной поверхности, которая связана с их температурой нелинейно. Интенсивность теплового излучения некоторого объекта зависит от его излучательной способности, которая, в свою очередь, является функцией физических свойств объекта, таких как цвет, влажность, конгломерированность и т.д. Нельзя также не учитывать погрешности, вносимые в регистрируемые значения интенсивности теплового излучения атмосферой.

На сегодняшний день основными системами, осуществляющими (или осуществлявшими до недавнего времени) тепловую космическую съёмку, являются:

- низкого пространственного разрешения – AVHRR/NOAA и MODIS/Terra
- с пространственным разрешением, обычным для ресурсных съёмок - ASTER/Terra, TM/Landsat-5 и ETM+/Landsat-7.

Последние три характеризуются значениями пространственного разрешения в тепловом канале соответственно 90, 120 и 60 метров. 60 метров сегодня является наилучшим пространственным разрешением среди доступных тепловых космических снимков.

Все большую актуальность приобретает исследование «тепловых островов» современных городов – явления, заключающегося в повышении температуры воздуха и земной поверхности в пределах урбанизированных территорий по сравнению с окружающей территорией. В климатическом выражении для крупных городов умеренной зоны контрасты температур город-пригород составляет 1–3°C. Однако в отдельные дни и часы при соответствующих погодных условиях «остров тепла» может отличаться от пригорода на 10°C и более. На снимках с метеорологических спутников «тепловые острова» крупных городов четко заметны как зоны повышенной яркости.

Важной особенностью тепловых снимков является возможность изучения по ним не только пространственных, но и временных характеристик теплового острова. Для этого необходимо иметь ряд снимков с желаемым временным интервалом съемки. Так, снимки, сделанные в течение одних суток (например, в светлое и в темное время суток) позволяют изучить особенности внутрисуточной динамики интенсивности теплового излучения городских объектов. Отметим, что наиболее эффективными снимками для изучения особенностей интенсивности теплового излучения различных объектов являются ночные снимки, т.к. на них отсутствует влияние прямого солнечного излучения.

Не менее информативными являются наборы снимков, иллюстрирующие сезонную динамику теплового излучения городских объектов. Так, в зимний период четко выделяются повышенной яркостью водные объекты, подверженные тепловому загрязнению. Поскольку зимой в умеренных широтах существенные расходы тепла связаны с функционированием центрального отопления, крупными тепловыми аномалиями зимой являются теплоэлектроцентрали; жилые кварталы, обслуживаемые ими, также отличаются повышенной интенсивностью теплового излучения. Весной пространственное распределение тепловых аномалий существенно меняется – значительными положительными тепловыми аномалиями становятся промышленные зоны разного назначения, происходит формирование отрицательных тепловых аномалий, связанных с лесными и парковыми массивами, участки безлесных территорий, которые ещё не достаточно покрыты растительностью, также являются положительными тепловыми аномалиями. Летом происходит окончательное формирование мощных отрицательных тепловых аномалий, связанных с лесными и парковыми массивами и мощных положительных – связанных с промышленными зонами. Осенью «охлаждающий» эффект растительности ослабевает, в связи с общим понижением температуры воздуха земная поверхность быстро теряет тепло, в результате чего формируется иное пространственное распределение тепловых контрастов, роль

положительных тепловых аномалий в котором играют водные объекты. Это связано с тем, что на фоне быстрого снижения температуры твёрдых объектов (почва, строения) вода, в связи с высокой теплоёмкостью, теряет накопленное за лето тепло гораздо медленнее. Поэтому водные объекты характеризуются осенью уровнем интенсивности теплового излучения, повышенным по сравнению со многими другими городскими объектами.

Интенсивность теплового излучения жилых кварталов, как правило, существенно зависит от степени их озелененности и может приближаться к интенсивности теплового излучения парков при высокой озелененности или к интенсивности теплового излучения плотной городской застройки при низкой озелененности. Максимальные температуры воздуха обычно фиксируются в центре города, максимальные температуры земной поверхности (или поверхности строений) могут быть зафиксированы в пределах локальных тепловых аномалий.

Информация, полученная в результате обработки тепловых космических снимков, может быть использована для создания картографических материалов. Наиболее часто по тепловым снимкам получают карты температур поверхности. Их создают с использованием специально разработанных алгоритмов восстановления абсолютных температур. Существует множество таких алгоритмов, часто они дают только приближенные результаты.

### **Построение картограмм температуры поверхности**

Результаты дистанционного определения температуры поверхности суши могут использоваться при моделировании процессов передачи тепла между поверхностью и атмосферой и др. исследованиях. Необходимость получения регулярных спутниковых данных о температуре подстилающей поверхности диктуется тем, что сеть наземных наблюдений достаточно редкая и спутниковые данные могут существенно ее дополнить.

Космический снимок на интересующую территорию возможно получить из электронной библиотеки снимков EROS при USGS – Обсерватории Земных ресурсов и Научного Центра при Геологической службе Соединенных штатов Америки ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)).

За основу можно брать летние снимки LANDSAT 5, LANDSAT 7, сделанные днем в ясную погоду, так как именно в это время на городских территориях особенно явно проявляется эффект острова тепла, либо летние ночные снимки, т.к. на них отсутствует влияние прямого солнечного излучения. Температурные данные получают при работе со снимками, сделанными в инфракрасном диапазоне, в котором регистрируется тепловое излучение земли (канал № 6, длина 10,40–12,5 мкм).



Обработка снимка может проводиться в программе с открытым кодом SAGA-GIS. За счет того, что при съемке 6-м тепловым каналом камеры Landsat ETM+ каждому пикселю на космическом снимке соответствует определенная интенсивность теплового излучения, используя данную программу, возможно перевести значения интенсивности в числовые величины. В результате снимок преобразуется в поверхность различных значений теплового излучения. Затем полученные тепловые данные пересчитываются по методике конвертации данных Landsat TM/ETM+ в значения температуры. На следующем этапе работы полученные значения температур можно импортировать в ГИС-пакет (MapInfo, ArcGis и др. или программы с открытым кодом – Quntum-GIS) и на их основе построить изолинейные картограммы температуры поверхности на территорию.

### **Анализ точности картограмм температуры поверхности**

Для расчета точности метода возможно использовать указанные выше ГИС-пакеты. На картограмме распределения температуры выбирают ключевые участки, которые явно выделяются высокими значениями температуры на относительно прохладном фоне территории (например, городские теплосети под участками лесопарковых зон), а также наиболее типичные. На эти же участки подбираются космические снимки высокого разрешения в видимом диапазоне. Проводится векторизация территории выбранных участков с выделением зданий, асфальто-бетонных покрытий, лесопарковых зон и газонов. Для каждого полученного контура рассчитывается площадь, а затем определяют суммарную площадь, занятую строениями и асфальто-бетонными покрытиями («запечатанные» участки) и общую площадь ключевого участка. Подсчитав соотношение площади абсолютно запечатанных объектов (строений и дорог) к общей площади участка с высокими значениями температуры, можно получить данные о доле площади, повышенные значения температуры которой не связаны с запечатанностью.

Низкая связь запечатанности с повышенными значениями температуры может быть объяснено рядом причин.

Во-первых, неточности в оценке температуры поверхности возникают из-за низкого пространственного разрешения тепловых снимков (6-ой канал Landsat снимает с разрешением 120 метров, тогда как много объекты в городских условиях имеют более мелкие размеры). Таким образом, в один пиксель теплового канала попадают узкие полосы (16 м) запечатанной асфальтовым покрытием проезжей части, ближайшие строения и прилегающие незапечатанные территории.

Во-вторых, на оценку температуры поверхности Земли по данным дистанционного зондирования сильно влияет состояние атмосферы



(прозрачность, влажность атмосферного воздуха, температурная инверсия над территорией города, образующаяся в результате эффекта «острова тепла», тоже влечет за собой погрешности в оценке абсолютной температуры поверхности).

В-третьих, на территории города существуют участки поверхности, излучающие дополнительную тепловую энергию за счет проходящих под ними теплотрасс. Потери в тепловых сетях при системе централизованного отопления могут достигать 30%. В местах прохождения теплотрасс температура почвогрунтов увеличивается на десятки градусов Цельсия.

#### **8.8.4 Практические вопросы и решения**

1. Какие данные дистанционного зондирования используются при измерении температуры приповерхностного воздушного слоя?
2. Какие каналы и диапазоны используются для измерения температуры приповерхности?
3. В чем заключается подготовка данных Landsat-7 в среде ScanEx Image Processor для измерения температуры приповерхностного воздушного слоя?
4. Как оценивается точность полученной картограммы температуры поверхности?
5. Какие внешние параметры влияют на точность оценки энергопотерь методами дистанционного зондирования?

#### **8.8.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)**

Chander G., Markham B.L., Helder D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors // Remote Sensing of Environment. – 2009. – V. 113. – P. 893–903.

Ermakova E.V., Martynenko I.A. (2011). Estimation of influence of sealing of the soil surface on the surface temperature distribution in the city as an example South-East district of Moscow //Vestnik Orenburg State University. Iss.12. PP. 68-70 [http://vestnik.osu.ru/2011\\_12/23.pdf](http://vestnik.osu.ru/2011_12/23.pdf)

Ghulam A. (2010). Calculating surface temperature using Landsat thermal imagery. Department of Earth & Atmospheric Sciences, and Center for Environmental Sciences Saint Louis University. 9 p.

Khaikine M.N., Kuznetsova I.N., Kadygrov E.N., Miller E.A. Investigation of thermal-spatial parameters of an urban heat island on the basis of passive microwave remote sensing//Theor. and Appl. Climatol. – 2006. – V. 84. – № 1–3. – P. 161–169.

Nichol J., To P.H. Temporal Characteristics of Thermal Satellite Sensors for Urban Heat Island Analysis // <http://www.earthzine.org/2011/07/08/temporal-characteristics-of-thermal-satellite-sensors-for-urban-heat-island-analysis/>

ScanEx Image Processor v.3.6 (Программа обработки данных дистанционного зондирования Земли. Руководство пользователя). М.: ИТЦ СканЭкс – 2012. – 314 С.

Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера. – 2005. – 1072 С. [Digital Image Processing (3rd Ed.). By Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. Published by Prentice Hall. – 2008. – 954 P.]

Горный В.И. Космические измерительные методы инфракрасного теплового диапазона при мониторинге потенциально опасных явлений и объектов // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. – 2004. – № 1. – С. 10–16.

Грищенко М.Ю. Изучение городских островов тепла по космическим снимкам. // Материалы Всеросс. научно-практич. конф. «Картография и геоинформатика в исследованиях изменений природной среды и общества», посв. 80-летию кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ 1-6 ноября 2012 г. Москва. <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/anniversary/docs/grischenko.pdf>

Кадыгров Е.Н., Кузнецова И.Н., Голицын Г.С. Остров тепла в пограничном слое атмосферы над большим городом: новые результаты на основе дистанционных данных//Докл. РАН. – 2002. – Т. 385. – № 4. – С. 541–548.

Каримов К.М., Онегов В.Л., Кокутин С.Н., Соколов В.Н., Васев В.Ф. Дистанционное тепловизионное зондирование земли при решении геологических задач // Георесурсы. – 2009. – № 1(29). – С. 38–42. [K.M.Karimov, V.L.Onegov, S.N.Kokutin, V.N.Sokolov, V.F.Vasev. Remote thermal image sensing of the earth in geological exploration]

Полежаев Ю.В. Теплоснабжение: проблемы и перспективы // Энергонадзор и Энергобезопасность. – 2008. – № 4. – С. 62–63.

СНиП 23-01-99 Строительная климатология. ГОССТРОЙ РОССИИ. ФГУП ЦПП. 2000. [SNiP 23-01-99 Building Climatology. Gosstroy Rossii. FGUP TSPP. 2000].

## **8.9 Тема лекции 9: Концепция доступной среды в умном городе.**

### **8.9.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с возможностями умной застроенной среды в области организации комфортного и безопасного пространства для пожилых людей и инвалидов как на уровне города, так и на уровне дома.

### **8.9.2 Цель и основные результаты обучения**

Целью обучения по этой теме является изучение возможностей умного дома и перспектив развития умной застроенной среды с точки зрения безопасности пожилых людей и инвалидов:

- Концепция «доступной среды»;
- Технологические требования безопасности и жизнедеятельности пожилых людей и инвалидов;
- Технологические возможности умного дома.

### **8.9.3 Конспект лекции и раздаточные материалы**

**Тема лекции 9: Концепция доступной среды в умном городе.**

- Концепция «доступной среды»;
- Технологические требования безопасности и жизнедеятельности пожилых людей и инвалидов;

#### **Концепция доступной среды в умном городе**

- Концепция «доступной среды»;
- Технологические возможности обеспечения безопасности и жизнедеятельности пожилых людей и инвалидов;

#### **Концепция «доступной среды»**

Доступная среда – это понятие, которое включает доступность услуги, возможности пользования вещами, предметами и доступность информации.

Отдел народонаселения Департамента ООН по экономическим и социальным вопросам предсказывает, что во всем мире средняя продолжительность жизни, как ожидается, увеличится в 21-м веке с диапазона 46–89 лет до 66–93 лет. Между 2100 и 2300 доля мирового населения в возрастной группе старше 65 лет (возраст выхода на пенсию в большинстве стран) по оценкам увеличится с 24% до 32%, а в группе старше 80 лет удвоится (с 8,5% до 17%). Одновременно с этим, ООН прогнозирует всемирное снижение числа детей и общей рождаемости; будет больше пожилых людей, чем детей, особенно в Европе.

Следовательно, соотношение 15-летних к 65-летним по оценкам снизится с текущего 9:1 до 4:01 к 2050 году.

Таким образом, поддержка от молодых работающих лиц и здравоохранения для пожилых людей резко сократятся. Промышленно развитые страны, следовательно, стоят перед следующими вопросами:

- болезни и инвалидность растут: Ассоциация США болезни Альцгеймера рассчитала рост годовой стоимости, вызванной болезнью Альцгеймера от \$ 33 млрд. в 1998 году до \$ 61 млрд. в 2002 году.
- требования здравоохранения и расходы стремительно растут: в 2002 году США и Германия перевели около 13% своего национального дохода на здравоохранение; в США это представляет наибольшую часть государственных расходов.
- Спрос на «telehomescare» чтобы избежать долгосрочной госпитализации или домашнего ухода растет. Значительные исследования были проведены в медицинской информатике и смежных областях, чтобы разработать соответствующие технологии для поддержки этого сдвига в здравоохранении.
- Здравоохранение требует повышения эффективности, так как количество вспомогательных рабочих падает.
- Последние достижения в области электроники, информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) приводят к миниатюризации и улучшению производительности компьютеров, датчиков и сетевых технологий. В сочетании с активными исследованиями и разработкой смарт-тканей, новых текстильных изделий, интеллектуальной бумаги, источников питания, носимых устройств, цифровых изображений, и т.д., позволит людям быть обслуженными на дому и произведет революцию в медицинской практике, позволяя удаленные взаимодействия между врачами и пациентами.

Технологическая зрелость и увеличение расходов на здравоохранение приведет к децентрализации здравоохранения и его «перехода» из больницы в дом. В домашних условиях уход может быть предусмотрен более эффективно. Проблема состоит в том, что люди имеют разные потребности и обеспечение в этой децентрализованной системе должно быть приспособлено к физическим лицам. Устройства для контроля здоровья и ежедневной активности и оказания помощи в доме должны быть ненавязчивыми и приемлемыми для пользователей. Сотрудничество и коммуникация между всеми учреждениями, осуществляющих уход должен быть сохранен. Безопасность и конфиденциальность должны уважаться. Наконец, этические и правовые вопросы «контролируемой» жизни должны быть созданы для повышения приемлемости прежде чем технология становится широко пропагандироваться.

Поскольку технологии продолжают развиваться, нет необходимости определения аналогичных систем или терминов, используемых в связи с «умным домом», таких как «вспомогательные технологии» или «телемедицины» или «е-здравоохранение» или «телемедицина» или «геронттехнологии». Термины могут быть взаимозаменяемыми.

Поскольку разные люди имеют разные потребности, оказание помощи должно быть приспособлено для каждого человека. Во всем мире было проведено большое число исследований в этой области. В США (Технологический институт штата Джорджия) разработал «Aware Home» на основе распределенных вычислений, которые чувствуют и распознают потенциальные кризисы, чтобы помочь снижению памяти пожилых и найти поведенческие тенденции. Университет Флориды (США) разработал «Gator Tech» - «умный дом» для пожилых людей и инвалидов. Он основан на экологических датчиках комфорта и энергоэффективности, безопасности и сохранности, контроля деятельности, мобильности, технологий напоминания/подсказок, системы обнаружения падения, смарт-устройств и приборов (умный телефон, умный почтовый ящик и т.д.) и биометрических технологиях для физиологического мониторинга (вес, температура и др.). «PlaceLab» является частью «House n» проекта MIT или «дома будущего». Он контролирует деятельность и жизненно важные признаки жителей, контролирует расход энергии и предлагает развлечения, обучение и общение с помощью повсеместных датчиков и носимых систем.

Многие системы были разработаны в Европе. В Великобритании поддерживающий интерактивный жилой дом был разработан для ослабленных пожилых людей и инвалидов. Система датчиков оценивает жизненно важные функции и деятельности и обеспечивает мониторинг безопасности и реагирование. Она включает в себя технологии экологического управления (двери, окна, и занавески). Университет Остравы в Чешской Республике разработал смарт-квартиру для изучения отдельных видов деятельности с инфракрасными (ИК) датчиками. Во Франции проект «PROSAFE» в Тулузе направлен на поддержку автономной жизни и подает сигналы тревоги в чрезвычайных ситуациях. Инфракрасные датчики, встроенные в потолок, квартиры позволяют оценивать мобильность и активность. В Гренобльском проекте «HIS» представлена квартира с инфракрасными датчиками для оценки деятельности. Датчики веса и жизненно важных функций подключаются через сеть CAN для обработки данных, и сигнал тревоги передается в чрезвычайных ситуациях. В 1994 году в Эйндрховене была построена модель дома в соответствии с требованиями стандарта голландских пенсионеров. В 1995 году несколько моделей домов были построены в Нидерландах. Они оснащены технологией мониторинга и

вспомогательными функциями. Цель состоит в том, чтобы использовать информационные технологии (ИТ) для облегчения связи между пожилыми людьми и их опекунами.

В Японии несколько проектов направлено на максимальное использование вспомогательных технологий, что позволяет пожилым людям жить автономно дома, создавая смарт-комфортную среду. Японское министерство международной торговли и промышленности построило 13 «ТЕХНО-Домов благоденствия». Исследователи собирают данные о деятельности и жизненно важных функциях резидентов при помощи оснащения комнаты инфракрасными датчиками, дверями с магнитными переключателями, а также ванными комнатами с полностью автоматизированными биомедицинскими устройствами. В Осаке, Мацуока (Matsuoka) разработала смарт-дом, который автоматически определяет необычные события, вызванные болезнью или несчастным случаем через свои 167 датчиков. Семнадцать электроприборов также оснащены датчиками (плита, кондиционер, холодильник, телевизор и т.д.). Каждый датчик, связан с одним или несколькими видами деятельности: работой на территории, приемом или приготовлением пищи, мытьем и т.д. Matsuoka использует математические модели, чтобы перевести исходные данные в поведенческие данные. Эти модели позволяют обнаруживать необычные ситуации. «Ubiquitous Home» проект служит испытательной базой для создания полезных услуг подключения устройств, датчиков и приборов через сети передачи данных. Система датчиков контролирует деятельность человека. В каждой комнате достаточно камер, чтобы определить и следовать за пользователем, и микрофонов, чтобы собрать полные аудиовизуальные данные. Датчики давления в полу отслеживают движение резидентов и расположение (наличие) мебели. Две радиочастотных идентификационных системы (одна активная и одна пассивная) используются для идентификации жителей. Видимый робот выступает в качестве посредника между жителями и бессознательным роботом (то есть системой «умного дома»). Это может помочь, например, встать с постели.

### **Технологические возможности обеспечения безопасности и жизнедеятельности пожилых людей и инвалидов**

Для сохранения и развития здорового образа жизни пожилых людей, технологии «умных» домов в настоящее время рассматриваются в качестве потенциального решения. В умных домах Система «умный дом» будет предоставлять различные услуги: например, для поддержки жизнеобеспечения пользователей с ограниченными возможностями через специализированные интерфейсы и чувствительное дистанционное



управление; мониторинг образа жизни резидента через носимые системы и инфракрасные датчики; поставлять терапию для лучшего медицинского обслуживания и эмоционального комфорта людей, живущих в одиночку с помощью интерактивного робота.

Появление в последнее время повсеместно таких сред, как «умный» дом, позволило облегчить помощь и мониторинг пациентов с хроническими заболеваниями, лиц с особыми потребностями или пожилых людей в их собственных домашних условиях в целях содействия их самостоятельности в повседневной жизни путем предоставления требуемого сервиса, когда и где это необходимо. Используя такие технологии, можно значительно сократить расходы и облегчить систему здравоохранения. Тем не менее, многие вопросы, связанные с такими технологиями были подняты в научной литературе (такие как распознавание деятельности, идентификация личности, помощь и мониторинг).

Технологии распознавания активности в смарт-среде набирает все больший интерес среди исследователей в областях компьютерных технологий и здравоохранения. Автоматическое распознавание деятельности является важной и сложной задачей. Один из типичных применений в системах здравоохранения является содействие и мониторинг «ежедневной жизненной активности» престарелых и людей с особыми потребностями и обеспечение их соответствующими службами.

Несколько научно-исследовательских работ были сделаны в этой области, в результате были предложены несколько моделей распознавания деятельности для умных сред. В одной из них предложен подход, основанный на принципе частых картин для извлечения данных, собранных с различных датчиков, распространяемых в интеллектуальных средах. Такой подход принимает иерархическое представление деятельности и генерирует шаблоны для модели каждого вида деятельности. Для того, чтобы распознать конкретный вид деятельности, используется функция отображения между частыми узорами и моделей деятельности.

Чтобы сделать эти услуги возможными, одной из ключевых технологий является технология распознавание различных видов деятельности человека в домах, т.е. распознающие деятельности человека системы (РДС), которые могут распознавать повседневную деятельность жителей, включая пожилых людей. Видеосистемы РДС могут извлечь некоторые существенные особенности поведения или деятельности из видеоматериалов и использовать эти возможности для обучения классификатора и выполнения распознавания. Система РДС может вести непрерывное наблюдение за основными аспектами человеческой повседневной деятельности, что позволяет реализовывать различные

услуги, такие как обеспечение безопасности от физических повреждений, уход, реабилитацию и медико-санитарную помощь. В последние годы РДС стала ключевым компонентом системы «умного» дома, обеспечивая различные приложения, такие как мониторинг домашней деятельности и электронное здравоохранение.

В видео на основе РДС для представления о человеческой деятельности как правило, используются бинарные силуэты. Тем не менее, они производят неоднозначности среди тех же силуэтов и различных поз при различных мероприятиях из-за ограниченного значения пикселя (т.е. 0 или 1 в двоичном коде). Чтобы извлечь особенности формы активности (деятельности резидента), были использованы принцип компонентного анализа и анализа независимых компонентов при подготовке пространственных функций, глобального и локального, соответственно. Тем не менее, эти пространственные особенности чувствительны к масштабированию. Если тело силуэта не выровнено, удовлетворительный уровень распознавания может быть не достигнут.

Чтобы преодолеть эти ограничения в двойных силуэтах и их особенностей, система РДС использует глубину силуэта и вводятся R-преобразование. Преимущества этого подхода включают в себя: глубина силуэта предоставляет дополнительную информацию о частях тела в значениях оттенках глубины серого; R-преобразования профиля глубины силуэта инвариантны для включения масштабирования и перевода; R-преобразование будет производить высоко компактное представление силуэта в 1D и R-трансформация будет уменьшать необходимость выравнивания силуэта тела благодаря своим свойствам инвариантности.

Результаты использования таких технологий продемонстрировали, что скорость распознавания повысилась до 96,55% по сравнению с традиционными системами. Методология используется в проектировании и разработке компактных систем РДС, которые практически применяются в смарт-средах, включая системы «умного дома».

Еще одна технология распознавания ежедневной активности резидентов, которая обнаруживает и контролирует закономерности ежедневной активности резидентов при помощи сенсорного оборудования умных домов, основана на OWL онтологии. Распознавание ежедневной активности резидентов состоит из двух компонентов: мониторинг интеллектуального управления дома и мониторинг рисунка ежедневной активности резидентов. В результате прототип Системы распознавания ежедневной активности резидентов был реализован с помощью Protégé и Jess Tools. Онтология была проверена через OntoCheck.

Конвергенция системы здравоохранения, датчиков и коммуникационных технологий является результатом развития «умной» среды. Все действия резидента в смарт-среде могут быть сохранены и

проанализированы. Технология Ambient Intelligence («окружающий разум»), предложенная компанией Philips – новая парадигма в информационных технологиях, цифровое окружение которой способно отвечать на нужды и привычки пользователей. Умные дома, предназначенные под парадигму Ambient Intelligence могут улучшить качество жизни пожилых людей и инвалидов, увеличивая поддержку, полученную из окружающей среды.

#### 8.9.4 Практические вопросы и решения

1. Каковы особенности создания доступной среды для разных категорий инвалидов и маломобильных групп населения?
2. Что входит в понятие «доступная» (безбарьерная) среда?
3. В чем специфика информационного сопровождения зданий и сооружений различных групп инвалидов?
4. Какова роль умного дома в организации комфортного и безопасного пространства для пожилых людей и инвалидов?
5. Каковы перспективы развития возможностей умного дома с точки зрения «доступной среды»?

Студент может также найти вопросы самоконтроля по видео (см.: электронные бизнес видео) и задачи, которые должны быть решены с помощью калькуляторов (см.: электронные бизнес-калькуляторы) по ссылке: <http://iti.vgtu.lt/ilearning/tempus.aspx>.

#### 8.9.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)

Bae I.-N. (2014). An ontology-based approach to ADL recognition in smart homes // *Future Generation Computer Systems*. Vol. 33, PP. 32–41.

Chan M., Campo E., Estève D., Fourniols J.-Y. (2009). Smart homes – Current features and future perspectives // *Maturitas*. Vol. 64, Iss. 2, PP. 90–97.

Chan M., Estève D., Escriba Ch., Campo E. (2008). A review of smart homes—Present state and future challenges // *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. Vol. 91, Iss. 1, PP. 55–81.

Guillet S., Bouchard B., Bouzouane A.. (2013). Correct by Construction Security Approach to Design Fault Tolerant Smart Homes for Disabled People // *Procedia Computer Science*. Vol. 21, PP. 257–264.

Jalal A., Uddin M.Z., Kim J.T., Kim T.-S. (2012). Recognition of Human Home Activities via Depth Silhouettes and R Transformation for Smart Homes //Indoor and Built Environment.Vol. 21; Iss.1: PP. 184–190.

Lapalu J., Bouchard K., Bouzouane A., Bouchard B., Giroux S. (2013). Unsupervised Mining of Activities for Smart Home Prediction // Procedia Computer Science. Vol. 19. PP. 503–510.

Reeder B., Meyer E., Lazar A., Chaudhuri Sh., Thompson H.J. (2013). Framing the evidence for health smart homes and home-based consumer health technologies as a public health intervention for independent aging: A systematic review // International Journal of Medical Informatics.Vol. 82, Iss. 7, PP. 565–579.

Stefanov, D.H., Zeungnam B.; Bang W.-Ch. (2004). The smart house for older persons and persons with physical disabilities: structure, technology arrangements, and perspectives // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering focuses on the rehabilitative and neural aspects of biomedical engineering. Vol.:12, Iss.: 2. PP. 228–250.

Suryadevara N.K., Mukhopadhyay S.C., Wang R., Rayudu R.K. (2013). Forecasting the behavior of an elderly using wireless sensors data in a smart home. // Engineering Applications of Artificial Intelligence. Vol. 26, Iss. 10, PP. 2641–2652.

Леонтьева Е. Доступная среда и универсальный дизайн глазами инвалида. Базовый курс. Екатеринбург. TATLIN, 2013, 128 с.

## **8.10 Тема лекции 10: Достоинства, недостатки и перспективы концепции умной застроенной среды**

### **8.10.1 Введение в лекцию**

Тема знакомит с проблемами и перспективами развития умной застроенной среды.

### **8.10.2 Цель и основные результаты обучения**

Целью обучения по этой теме является анализ проблем развития умной застроенной среды и ее перспектив в будущем:

- Проблемы социальной адаптации концепции умной застроенной среды;
- Экономические и финансовые сдерживающие факторы;
- Проблемы безопасности технологий
- Перспективы развития умной застроенной среды;

Предполагаемые основные результаты обучения соответствуют выше предусмотренным целям.

### **8.10.3 Конспект лекции и раздаточные материалы**

#### **Тема лекции 10: Достоинства, недостатки и перспективы концепции умной застроенной среды**

- Проблемы безопасности технологий
- Перспективы развития умной застроенной среды;

#### **Достоинства, недостатки и перспективы концепции умной застроенной среды**

- Достоинства и недостатки современных технологий управления умного дома;
- Перспективы развития умной застроенной среды;

В последние годы идеи безопасности и устойчивости становятся все более встроены в области городского планирования и проектной практике, и в национальной безопасности и энергетической политики, а попытки сделать антропогенной среды и жизненно важной энергетической инфраструктуры более устойчивы к разрушительным проблем.

Проблема применения этанола заключается в том, что в основном его производят из сельскохозяйственных культур (таких как кукуруза, пшеница). В процессе выращивания этих культур потребляется такое количество ископаемого топлива (на производство удобрений, для сельскохозяйственной техники и пр.), что экономический и экологический эффект практически сводится на нет. Если бы не субсидии правительства США, производство этанола было бы не оправдано и не выгодно. Ученые видят выход в переходе от использования сельскохозяйственных культур как сырья для этанола к применению различных отходов сельского хозяйства и деревообработки (например, щепы). Широкому применению отходов как сырья для этанола сегодня мешает высокая стоимость ферментов, задействованных в процессе. И здесь ученые придумали интересное и экологичное решение. Они предложили использовать термитов. Оказалось, что пищевой тракт термитов содержит особые бактерии, которые преобразуют целлюлозу в углеводы (carbohydrates), из которых уже и производится этанол.

#### **Достоинства и недостатки современных технологий управления умного дома**

Концепция «умного дома» предусматривает организацию взаимодействия всех элементов по единому интерфейсу управления. При этом необходимо обеспечить обмен информацией как в сети абонента

(CPN), так и с Интернет. Основная нагрузка по обмену информацией внутри помещения абонента должна обеспечиваться единой беспроводной технологией. Интересное решение в этой области предложено фирмой Nokia, которая объявила о создании Nokia Home Control Center (NHCC) – системы, позволяющей объединить мобильные телефоны и системы автоматизации дома. Устройство способно производить полный спектр домашнего управления – от координации работы кондиционеров до системы безопасности. При помощи телефона пользователи и домовладельцы смогут удаленно или локально управлять своим жилищем, управлять потреблением электроэнергии, включением/выключением устройств. Можно проверить температуру, картинку на камере слежения и датчики движения, системы безопасности, отопление и вентиляция.

В основе разработки находится NHCC-маршрутизатор Wi-Fi draft-n, оснащенный передатчиком стандарта Z-Wave и накопителем объемом в 6 гигабайт для хранения данных с основных датчиков: температура, освещение и отопление. В качестве клиентского устройства используется мобильный телефон, либо компьютер, оснащенный браузером. Телефоны общаются с NHCC через любой доступный вид связи с интернетом – Wi-Fi или 3G-сети. Со стороны мобильного телефона для управления всем этим требуется только браузер, поэтому телефон может быть практически любым. В качестве достоинства этих технологий можно отметить легкость расширения и мобильность управляемых элементов системы. Недостаток – функциональность ограничена только управлением систем автоматизации дома. Необходимо учитывать, что в помещениях абонента используются как элементы, требующие небольших пропускных способностей для передачи сигналов управления (освещение, системы отопления), так и элементы, требующие высокой скорости передачи данных – это терминалы мультимедийных служб (телевидение высокой четкости, видеотелефоны и др.). Пример: типичный поток видео с качеством SDTV/DVD составляет 3–7 Мбит/с и порядка 19–24 Мбит/с в стандарте HDTV.

Применяемая беспроводная технология связи в помещениях абонента, должна поддерживать различные низкоскоростные и высокоскоростные интерфейсы. Все внешние информационные потоки должны направляться через шлюз на уровне сети в помещении абонента. При этом шлюз в помещении абонента будет коммутировать с внутренним информационным обменом элементов «умного дома».

Одним из перспективных направлений развития сетей доступа на основе беспроводной связи является переход к сверхширокополосным сигналам, что обеспечивают максимальную на сегодняшний день скорость передачи данных в радиоканале, скрытность передачи данных, высокую помехоустойчивость в условиях многолучевого распространения и воздействия помех.



Основными направлениями организации безопасности сенсорных сетей при этом являются: защита от атак по радиоканалу, защита от помех в радиоканале, защита от погодных условий, защита от вандализма.

Применение общей UWB-радиоплатформы уменьшит используемые ресурсы беспроводных систем связи, улучшит характеристики ЭМС и биологической безопасности на территории «умного дома».

Разделение спектра сверхширокополосных сигналов на поддиапазоны предоставит возможность:

- управлять спектром сигнала, исключая те поддиапазоны, в которых возможна нежелательная интерференция с мощными узкополосными сигналами;
- удовлетворять ограничениям, накладываемым на излучаемый спектр сигнала правилами, действующими в определенной стране или регионе.

Одновременное использование множества частотных поддиапазонов может применяться для увеличения информационной скорости передачи и для решения проблемы множественного доступа – все определяется конкретной задачей.

Использование в помещении абонента шлюза Multiple Play - RGW, способного интегрировать внешние и внутренние информационные потоки, при дополнении его интерфейсами на основе общей UWB-радиоплатформы обеспечит передачу мультимедийного трафика и организацию взаимодействия всех элементов «умного дома» по единому интерфейсу управления. В состав шлюза Multiple Play – RGW должны входить интерфейсы Wireless USB и Z-Wave на общей UWB-радиоплатформе.

## **Перспективы развития умной застроенной среды**

До недавнего времени центральной и наиболее емкой проблемой урбанизации была проблема жилищного строительства. Именно здесь были сосредоточены требования общественности, усилия правительств многих стран. Сегодня, можно сказать, эта проблема в значительной степени решена. Определенные сдвиги в этой области достигнуты, но с большой остротой обозначились давно известные проблемы урбанизации и появились новые.

### *Каковы перспективы развития больших городов*

Некоторое время назад в мире еще шла дискуссия – по какому пути пойдет развитие градостроения: по пути дальнейшего роста и формирования больших городов (главным образом развития их «вверх») или по пути развития их вширь, т.е. по пути расширения коттеджного строительства пригородных зон. И хотя второй путь четко обозначился

почти повсеместно, жизнь однозначно дала позитивный ответ и на первый вопрос. Иными словами еще недавние надежды на то, что перемещение части населения в пригородные зоны снимет остроту проблем больших городов, оказались неосновательными. Мегалополисы продолжают притягивать население и будут расти, как и их роль в жизни общества, а с этим будет расти и острота их проблем.

#### *Проблема продовольственного обеспечения городов*

Сегодня эта проблема скорее техническая, чем экономическая. Но в ближайшие 2-3 десятилетия она может превратиться в одну из острейших социально-экономических проблем общества, поскольку многие города сегодня на 50-65% зависят от импорта продовольствия.

#### *Проблемы безопасности*

В условиях большого скопления людей, стремительного развития средств связи, ускорения общения и сделок, в обстановке все большего разрыва между производителями и потребителями потоки информации становятся все более важным фактором жизни общества.

Применительно к задачам обеспечения безопасности системами видеонаблюдения ясно, что уже сегодня это вполне традиционное и достаточно детально проработанное в городском управлении. При всей универсальности самого процесса видеонаблюдения «разумная безопасность» в условиях плотно насыщенной событиями жизни города и его важнейших объектов предполагает очень серьезный акцент на автоматизации действий рядового персонала, т.е. автоматизация здесь идет куда дальше получения видеоизображения на экране, пусть даже расположенном в самом современном ситуационном центре. Такие тривиальные решения как локализация оставленного без присмотра багажа, фиксация номеров машин, подсчет количества проходящих людей и др. полностью отдаются информационным системам. Именно такова идеология развития программной платформы Smart Vision Suite, предлагаемой IBM.

В случае аналитических решений IBM в сфере «умной безопасности» делается заметный шаг вперед. Так, решение Criminal Information Warehouse, которое IBM использует для автоматизации деятельности полиции Нью-Йорка, позволяет вовлекать в процесс оперативного анализа весьма разнообразную информацию, имеющую отношение к криминогенной обстановке, включая неструктурированные данные о телефонных обращениях граждан, поданных жалобах и т.д. В таком же режиме обрабатывает информацию и так называемый Intelligent Operation Center в Рио-Де-Жанейро, также построенный на программных решениях IBM. Здесь, в отличие от ситуации в Нью-Йорке, власти имеют дело с проблемами безопасности в широком смысле, пытаясь помимо прямой борьбы с преступностью оперативно решать такие задачи, как

минимизация ущерба от стихийных бедствий (в основном регулярно возникающих оползней), готовить систему инженерных коммуникаций и т.д. Интеграция разнородных источников информации в данном случае еще более актуальна.

Исторически большие города формировались как центры промышленного, торгового, научного развития, что сохраняется и сегодня. Но наряду с этим, большие города во все более заметной мере превращаются в центры притяжения и оседлости людей пенсионного возраста. С этими проблемами власти города уже не могут не считаться. Их решение требует внесения корректив практически во все сферы городской деятельности – от архитектурно-технических деталей градостроительства и организации сферы услуг до решения проблем общественного питания, медицинского обслуживания, условий досуга и отдыха жителей города.

В последующие десятилетия на повестку дня выходят вопросы устойчивости и наиболее подходящей политики для достижения устойчивости. Проблемы безопасности рассматриваются как важный элемент корпоративной и организационной ответственности наряду с экономическими, экологическими и социальными проблемами.

В конечном счете задача обеспечения устойчивости встроена в системы проектирования и управления и будет включать в себя меры по управлению рисками. Но акцент на вопросах безопасности через призму проблем энергосбережения также необходим в частности для того, чтобы обеспечить более эффективную интеграцию безопасности и устойчивости. Основными достижениями в этой области, которые можно было бы ожидать к 2050 году являются:

- Существует широкий спектр взаимосвязанных проблем риска и отказоустойчивости, связанных с устойчивым управлением энергией. Стратегические успехи политики в этой области, скорее всего, продолжают подчеркивать связь между обеспечением стабильного энергоснабжения, изменения климата и выбросов парниковых газов, сокращения энергопотребления, развития возобновляемых источников энергии, а также более широкую политику безопасности, сосредоточенную на антропогенных опасностях и стихийных бедствиях.
- Вполне вероятно, что недостаток энергии будет одной из основных причин глобального конфликта. Это будет означать, что необходимо связывать вопросы энергетической безопасности и политику безопасности на национальном и международном уровне.
- В городском масштабе большая интеграция и балансировка устойчивости и безопасности в качестве ключевых

основополагающих принципов необходимы в области планирования, проектирования и строительства архитектурной среды. Это ключевой вопрос будущего и большой потенциал для «зеленых зданий», способных внести свой вклад в смягчение последствий изменения климата.

- Кроме того, вероятно, возрастет частота и интенсивность стихийных бедствий, активизируется война с терроризмом, что уже сейчас рассматривается как один из долгосрочных конфликтов.

Эти цели безопасности и устойчивости традиционно были предприняты отдельными политическими кругами. Они должны будут изменить свои методы работы для достижения большей интеграции. Существует возрастающая потребность того, чтобы они гибридизировались в систему «упругого планирования», а не рассматривались как полярные противоположности. Устойчивое планирование охватывает проектирование, изменение и дополнение в системах управления и менеджмента.

Также важно выявление барьеров, которые ограничивают возможности для интеграции мер безопасности и энергоэффективных в искусственной застроенной среде. В будущем более всеобъемлющий подход к интеграции безопасности и экологической устойчивости следует развивать за счет повышения координации между широким кругом заинтересованных сторон.

Именно для строительства новых сооружений имеет наибольшую возможность существующие «зеленые» технологии и функции как решение проблем безопасности в архитектурной среде. Проектирование таких мер на этапе подготовки к строительству жизненно необходимо, как как модернизация будет гораздо более дорогостоящим решением и снизит эффективность этих мер.

Существующий потенциал для будущих подходов не сосредотачивается только на ключевых целевых рисках (например, зданий правительства или военных, или критической инфраструктуры), но дополняет основные потоки интегрированных решений во всех проблемах развития городской среды. Поэтому условие принципов безопасности в настоящее время является ключевой проблемой. Она существует в рамках общей парадигмы устойчивости, с помощью которой политики могут рассмотреть несколько видов рисков в запланированных или существующих разработках. Они могут рассматривать его в контексте общих вопросов, таких как обеспечение общественной безопасности, или путем анализа крупномасштабных опасностей и рисков.

На национальном уровне, вероятно, будет происходить дальнейшая интеграция политики безопасности и энергосбережения, изменения

климата и политики пространственного планирования. Это даст стратегическую направленность на защиту критической городской инфраструктуры, в том числе энергетических ресурсов, с точки зрения национальной безопасности и также на международном уровне.

В связи с смягчения последствий изменения климата технологии, вероятно, будут одним из ключевых факторов.

#### **8.10.4 Практические вопросы и решения**

1. Какие финансовые факторы сдерживают активное развитие концепции умная застроенная среда?
2. Какие экономические причины сдерживают активное развитие концепции умная застроенная среда?
3. В чем социальная причина проблем активного развития умной застроенной среды?
4. В чем роль политических решений в развитии концепции умная застроенная среда?
5. В чем проблема безопасности беспроводных технологий?
6. Каковы перспективы энергосберегающей политики?
7. Каковы перспективы умной застроенной среды?

#### **8.10.5 Рекомендуемая литература (интеллектуальная библиотека)**

Al-Hader, M.; Rodzi, A.; Sharif, A.R.; Ahmad, N. (2009). SOA of Smart City Geospatial Management // 2009 Third UK European Symposium on Computer Modeling and Simulation (EMS 2009) Athens, Greece 25–27 November 2009 IEEE. PP. 6–10.

A Handbook of Sustainable Building Design and Engineering: an Integrated Approach to Energy, Health and Operational Performance of Buildings (Edited by D.Mumovic & M.Santamouris). – Routledge – 2009 – 474 P.

Alcorta L., Bazilian M., De Simone G., Pedersen A. (2012). Return on investment from industrial energy efficiency: evidence from developing countries // Energy Efficiency. Vol. 7, Iss. 1. PP.43–53 / <http://link.springer.com/article/10.1007/s12053-013-9198-6>

Balta-Ozkan N., Davidson R., Bicket M., Whitmarsh L. (2013) Social barriers to the adoption of smart homes // Energy Policy. Vol. 63, PP. 363–374.

Chan M., Estève D., Escriba Ch., Campo E. (2008). A review of smart homes—Present state and future challenges // *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. Vol. 91, Iss. 1, PP. 55–81.

Harmsen R, Eichhammer W, Wesselink B. (2014) An exploration of possible design options for a binding energy savings target in Europe // *Energy Efficiency* Vol. 7, Iss. 1, pp 97–113  
<http://link.springer.com/article/10.1007/s12053-013-9202-1>

Krassimira Antonova Paskaleva (2009). Enabling the smart city: the progress of city e-governance in Europe // *International Journal of Innovation and Regional Development*. Inderscience Publishers. Volume 1, Number 4. PP. 405–422.

Joseph A. Clarke, Cameron M. Johnstone, Nicolas J. Kelly, Paul A. Strachan, Paul Tuohy (2008). The role of built environment energy efficiency in a sustainable UK energy economy // *Energy Policy*. Volume 36, Issue 12, PP. 4605–4609

Dagoumas A. (2014) Modelling socio-economic and energy aspects of urban systems// *Sustainable Cities and Society*. Available online 12 November 2013.

Khare A., Beckman T., Crouse N. (2011). Cities addressing climate change: Introducing a tripartite model for sustainable partnership // *Sustainable Cities and Society*. Vol. 1, Iss. 4, PP. 227–235.

Kirkham T., Armstrong D., Djemame K., Jiang M. (2013). Risk driven Smart Home resource management using cloud services. // *Future Generation Computer Systems*. Available online 21 August 2013.

Kok N., McGraw M., Quigley J.M. (2012). The diffusion over time and space of energy efficiency in building // *The Annals of Regional Science*. Vol. 48, Iss. 2, pp. 541–564.

Mallaburn P.S., Eyre N. (2014). Lessons from energy efficiency policy and programmes in the UK from 1973 to 2013 // *Energy Efficiency* February. Vol. 7, Iss. 1, pp. 23–41.

Pelenur M., Cruickshank H. (2011). The subjective view of energy in the urban built environment: what are the social factors that affect our interaction with energy? Proceedings of the 6th UNESCO Dubrovnik conference on sustainable development of energy, water, and environment systems (SDEWES), Dubrovnik, Croatia, 25–29 September 2011, University of Dubrovnik, SDEWES11-0078.

Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M. (2004). Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms // *Landscape and Urban Planning*. Vol. 69, PP. 369–384.



Robert G. Hollands (2008). Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial? //City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action. Volume 12, Issue 3, PP. 303–320.

Tronchin L, Fabbri K. (2008). Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation// Energy and Buildings. Vol. 40. Iss. 7. PP. 1176–1187.

Wilkinson P., Smith K.R., Beevers S., Tonne C., Oreszczyn T. (2007). Energy, energy efficiency, and the built environment// The Lancet. Vol. 370, Iss. 9593, PP. 1175–1187.

Zero carbon for new non-domestic buildings consultation on policy options: summary of responses. 2010. 93 p.  
<https://www.gov.uk/government/consultations/zero-carbon-for-new-non-domestic-buildings>

Zero carbon for new non-domestic buildings. Impact Assessment. Department for Communities and Local Government. London. Crown copyright. 2009. 131 p.  
<https://www.gov.uk/government/consultations/zero-carbon-for-new-non-domestic-buildings>

Полежаев Ю.В. Теплоснабжение: проблемы и перспективы // Энергонадзор и Энергобезопасность. – 2008.– № 4. – С. 62–63.

*Справочное издание*

**А.И. Мартыненко, И.А. Мартыненко, А.Л. Сафонов**

**УМНАЯ ЗАСТРОЕННАЯ СРЕДА**

Справочник модуля

Под общей редакцией А.Л. Сафонова

Компьютерная верстка: *В.В. Кулик*

Санитарно-эпидемиологическое заключение  
№ 77.99.60.953.Д.006314.05.07 от 31.05.2007.

Подписано в печать 25.05.15

Формат бумаги 60×84/16.

Усл. печ. л. 9,0. Уч.-изд. л. 9,75. Тираж 500. Заказ № 125

Издательство МГИУ, 115280, Москва, Автозаводская, 16  
www.izdat.msiu.ru; e-mail: izdat@msiu.ru; тел. (495) 276-33-67

ISBN 978-5-2760-2354-0



9 785276 023540