

## **Лекция 21. РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫХ ГОРОДСКИХ РАЙОНОВ. КОНЦЕПЦИИ И ПРИМЕРЫ УСТОЙЧИВОГО ГОРОДСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ (NET ZERO ENERGY BUILDINGS).**

1. Концепция и принципы устойчивого городского планирования
2. Определение устойчивого городского планирования
3. Устойчивое развитие городской инфраструктуры
4. Определение и принципы Net Zero Energy Buildings
5. Важность интеграции устойчивых подходов в городское планирование

### **21.1. Технологии и инновации в устойчивом городском планировании и управление устойчивостью**

Устойчивое городское планирование активно использует **технологии и инновации** для повышения своей эффективности и достижения целей устойчивого развития. Важнейшим направлением является интеграция **умных технологий** и концепции **умного города**. В этом контексте, **Интернет вещей (IoT)** играет ключевую роль в оптимизации управления ресурсами и услугами. Умные сети, основанные на IoT, позволяют **мониторинг и управление энергопотреблением в реальном времени**, что способствует значительному снижению энергозатрат и повышению общей эффективности использования ресурсов. К примеру, системы умного управления энергией могут автоматически регулировать потребление на основе текущих потребностей и погодных условий, минимизируя потери энергии и обеспечивая оптимальное распределение ресурсов.

**Умные транспортные системы** также играют важную роль в устойчивом городском планировании. Эти системы используют данные в

реальном времени для оптимизации движения транспорта, что помогает **снижать уровень загрязнения воздуха и улучшать общую экологическую обстановку**. Технологии умного управления трафиком могут включать **системы синхронизации светофоров, информационные панели для водителей и анализатор движения**, что делает транспортные потоки более эффективными и безопасными.

Кроме того, значительное внимание уделяется **энергоэффективным строительным технологиям**, которые способствуют созданию более устойчивых и эффективных зданий. Новые строительные материалы, такие как **аэрогели и фотоэлектрические краски**, предоставляют возможности для создания конструкций с улучшенными теплоизоляционными и энергетическими характеристиками. Аэрогели, обладая низкой теплопроводностью, позволяют создавать здания с высокой теплоизоляцией, а фотоэлектрические краски могут преобразовывать солнечную энергию в электричество, что снижает потребность в внешних источниках энергии.

Технологии **пассивного солнечного отопления** также являются важной частью энергоэффективного проектирования. Эти технологии позволяют проектировать здания таким образом, чтобы они использовали солнечную энергию для обогрева без необходимости активных систем отопления. Это достигается за счет **оптимального расположения окон, использования теплоаккумулирующих материалов и максимального использования солнечного света** в течение дня.

Для обеспечения эффективного **управления и мониторинга устойчивости** необходимо использовать современные инструменты и методы. Разработка и использование **индикаторов устойчивости** позволяют оценивать эффективность внедренных решений и мониторить их воздействие на окружающую среду и качество жизни жителей. Эти индикаторы могут включать показатели энергоэффективности, уровень

загрязнения воздуха, потребление воды и другие ключевые параметры. **Системы управления устойчивостью** обеспечивают комплексный подход к мониторингу и контролю устойчивости на уровне города или района, что позволяет своевременно выявлять и устранять проблемы. Эти системы могут включать **платформы для анализа данных, инструменты для визуализации и методы прогнозирования.**

Таблица 21.1

**Основные принципы устойчивого городского планирования**

Принцип	Описание	Примеры и Инновации
Энергетическая эффективность	Оптимизация потребления энергии, внедрение возобновляемых источников	Солнечные панели, тепловые насосы
Устойчивый транспорт	Развитие экологически чистого транспорта и инфраструктуры для пешеходов и велосипедистов	Электробусы, велосипедные дорожки
Управление водными ресурсами	Эффективное использование и очистка водных ресурсов	Умные системы водоснабжения, дождевые сады
Зеленая инфраструктура	Создание и поддержание зеленых пространств для улучшения качества воздуха и микроклимата	Зеленые крыши, парки, городские леса
Циклическая экономика	Минимизация отходов и повторное использование ресурсов	Компостирование, переработка стройматериалов

**Сертификация и стандарты** играют важную роль в обеспечении качества устойчивых решений. Программы сертификации, такие как **LEED** и **BREEAM**, предоставляют стандарты для оценки экологических характеристик зданий и районов, что способствует поддержанию высоких стандартов устойчивости. Эти программы оценивают такие аспекты, как **эффективность использования энергии, качество внутренней среды и влияние на окружающую среду.** Соответствие местным и национальным стандартам обеспечивает интеграцию устойчивых

практик в рамках правовых и нормативных требований на уровне страны. Это может включать **национальные строительные нормы, экологические законы и городские планировочные регламенты.**

Таким образом, интеграция технологий и инноваций, эффективное управление и мониторинг устойчивости, а также соблюдение высоких стандартов и сертификаций являются ключевыми элементами успешного устойчивого городского планирования. Эти аспекты способствуют созданию городских пространств, которые не только удовлетворяют потребности современных жителей, но и обеспечивают долгосрочную устойчивость и экологическую гармонию.

## **21.2. Энергетическая эффективность в устойчивом развитии городской инфраструктуры**

**Энергетическая эффективность** является основополагающим аспектом устойчивого развития городской инфраструктуры. Этот компонент направлен на оптимизацию использования энергии с целью минимизации потребления, снижения затрат и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. В данной сфере выявляются несколько ключевых проблем, а также разрабатываются новейшие технологии и решения, направленные на их устранение.

**Высокое потребление энергии в зданиях и инфраструктуре** представляет собой одну из главных проблем. Множество старых зданий и инфраструктурных объектов применяют устаревшее отопительное, вентиляционное и кондиционерное оборудование (HVAC), которое обладает низкой энергоэффективностью. Это приводит к значительным потерям энергии и повышенному потреблению. Старое оборудование, например, **конвекторы и радиаторы**, не может обеспечить эффективное распределение тепла, что ведет к дополнительным расходам энергии. Плохая теплоизоляция также способствует этим потерям. Недостаточная теплоизоляция зданий приводит к утечкам тепла и холодного воздуха, что

увеличивает потребность в отоплении и кондиционировании. Неоптимизированное освещение, где традиционные лампы накаливания и флуоресцентные лампы используются вместо более современных решений, также ведет к большому потреблению электроэнергии.

Кроме того, **зависимость от ископаемых источников энергии** является серьезной проблемой. Использование ископаемого топлива, такого как уголь, нефть и газ, приводит к высоким выбросам углерода и других загрязняющих веществ. Эти выбросы усугубляют проблему изменения климата и загрязнения воздуха. Добыча и сжигание ископаемых ресурсов также имеет ограниченные запасы и может оказывать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения.

**Неэффективное управление энергией** в городской инфраструктуре также является значительной проблемой. Отсутствие современных систем мониторинга и управления энергией затрудняет контроль за потреблением и выявление источников потерь. Многие здания и инфраструктурные объекты не оснащены системами управления энергией, что приводит к неэффективному использованию ресурсов и дополнительным затратам.

Для решения этих проблем разрабатываются и внедряются новейшие технологии и решения. Одним из важных направлений является **интеграция энергоэффективных технологий**. Умные системы отопления и кондиционирования, такие как **умные термостаты** и автоматизированные системы управления HVAC, позволяют оптимизировать потребление энергии, адаптируя работу систем под реальные потребности. Например, термостаты, такие как **Nest** и **Ecobee**, могут снижать потребление энергии на 20% за счет обучения поведенческих привычек пользователей и автоматического регулирования температуры. Использование светодиодного освещения (LED) в зданиях и на улицах также способствует значительному снижению потребления

электроэнергии. LED-лампы имеют гораздо более низкое энергопотребление по сравнению с традиционными лампами и обладают более длительным сроком службы, что снижает затраты на обслуживание. Современные **энергосберегающие окна** и **инновационные изоляционные материалы** помогают улучшить теплоизоляцию зданий, минимизируя теплопотери и снижая потребление энергии на отопление и охлаждение.

Важным шагом к повышению энергетической эффективности является **использование возобновляемых источников энергии**. Установка **фотоэлектрических панелей** на крышах зданий позволяет производить электричество из солнечной энергии. Новые технологии, такие как **концентрирующие солнечные элементы (CPV)** и **солнечные пленки**, обеспечивают более эффективное использование солнечной энергии даже в условиях ограниченного пространства. Малые ветровые турбины для генерации энергии могут быть эффективными в городских районах с постоянными ветровыми потоками. Новые разработки в области **вытяжных вентиляторов** и **вертикальных ветряков** позволяют интегрировать ветряные турбины в городские ландшафты. Инсталлирование **геотермальных систем отопления и охлаждения** позволяет использовать теплоту земли для обогрева и охлаждения зданий. Новые технологии **глубинных геотермальных систем** обеспечивают более эффективное использование геотермальной энергии в условиях городской среды.

Развитие **систем управления энергией** также играет ключевую роль. Интеграция **систем управления энергией зданий (BEMS)** позволяет мониторить и управлять потреблением энергии на уровне зданий. Эти системы помогают оптимизировать использование энергии, проводя анализ данных о потреблении и предоставляя рекомендации по улучшению эффективности. Внедрение **умных электросчетчиков** и

**интеллектуальных сетей** позволяет более точно отслеживать потребление энергии и интегрировать данные для более эффективного управления ресурсами. **Интерфейсы пользовательских приложений** могут позволить жителям и предприятиям контролировать свои энергетические расходы и получать рекомендации по улучшению энергоэффективности. Использование **анализаторов больших данных** для обработки информации о потреблении энергии позволяет выявлять тренды, предсказывать потребности и оптимизировать энергетические стратегии. Применение **машинного обучения и искусственного интеллекта** помогает в создании прогнозов и автоматизации управления энергией.

**Системы накопления энергии** также становятся все более актуальными. Развитие технологий хранения энергии, таких как **солнечные батареи и аккумуляторы на основе литий-ионных технологий**, позволяет эффективно хранить избыточную энергию, произведенную из возобновляемых источников, и использовать её в периоды пикового потребления. Новые разработки в области **пауэр-электроники и систем управления зарядом** способствуют улучшению эффективности и надежности накопителей энергии, обеспечивая более гибкое управление и распределение ресурсов.

Таким образом, решение проблем энергетической эффективности в городской инфраструктуре требует комплексного подхода и внедрения передовых технологий. Оптимизация потребления энергии, использование возобновляемых источников и развитие систем управления энергией способствуют созданию более устойчивых и энергоэффективных городских пространств.

### **21.3. Управление водными ресурсами в устойчивом развитии городской инфраструктуры**

**Управление водными ресурсами** представляет собой критически важный аспект устойчивого развития городской инфраструктуры. Оно охватывает не только оптимизацию использования воды, но и минимизацию потерь, защиту водных экосистем и источников. Это включает в себя ряд ключевых проблем и инновационных решений, направленных на их преодоление.

### **Проблемы**

**Неэффективное использование воды** является одной из главных проблем в управлении водными ресурсами. **Старые и изношенные водопроводные сети** представляют собой серьезное препятствие для эффективного водоснабжения. В старых трубопроводах часто возникают **протечки и утечки**, что ведет к значительным потерям воды и увеличению затрат на ее добычу и обработку. Также наблюдаются **неоптимальные системы водоснабжения**, которые не могут эффективно распределять воду в зависимости от потребностей различных районов, что приводит к неравномерному снабжению.

**Загрязнение источников воды** представляет собой еще одну серьезную проблему. Промышленные выбросы и сточные воды содержат **загрязняющие вещества**, такие как **тяжелые металлы** и **химические соединения**, которые ухудшают качество воды и требуют дорогостоящей очистки. В дополнение к этому, **бытовые сточные воды** часто содержат **органические загрязнители**, такие как **жиры, масла и моющие средства**, которые попадают в водоемы и загрязняют источники воды.

**Недостаток водных ресурсов** также является значимой проблемой. Растущее население и увеличение спроса на воду ведут к **дефициту водных ресурсов** в некоторых регионах. Это требует разработки новых источников воды и более эффективного управления существующими ресурсами. Изменения климата, такие как **засухи** и **экстремальные**



**осадки**, оказывают дополнительное давление на водные ресурсы и усложняют их управление.

**Климатические и экологические изменения** также оказывают влияние на управление водными ресурсами. Увеличение частоты **экстремальных погодных явлений**, таких как **дожди и наводнения**, создаёт дополнительную нагрузку на системы управления дождевыми водами. Кроме того, **понижение уровня грунтовых вод** из-за перепотребления и недостатка естественного пополнения влияет на доступность воды и здоровье экосистем.

### **Современные разработки и решения**

**Интеллектуальные системы мониторинга и управления** представляют собой современное решение для управления водными ресурсами. Эти системы включают **датчики и аналитические инструменты**, которые позволяют отслеживать потребление воды в реальном времени, выявлять утечки и оптимизировать распределение ресурсов. Использование **интеллектуальных систем** помогает оперативно реагировать на проблемы и улучшать управление водоснабжением.

**Системы автоматического регулирования** также играют важную роль в эффективном управлении водными ресурсами. **Умные насосы и клапаны**, которые автоматически регулируют поток воды в зависимости от потребностей, позволяют сократить потери воды и улучшить распределение. Эти системы адаптируются к изменениям в потреблении и автоматически настраивают параметры работы.

**Анализ больших данных и машинное обучение** используются для прогнозирования потребления воды и оптимизации распределения ресурсов. Платформы для анализа данных позволяют выявлять тренды и предсказывать потребности, что помогает в планировании инфраструктуры и управлении водоснабжением.

**Современные технологии очистки воды** включают **ультрафиолетовую стерилизацию, мембранные технологии** (например, обратный осмос) и **биологическую фильтрацию**. Эти методы обеспечивают высокую степень очистки сточных вод и делают их безопасными для повторного использования. Использование передовых технологий очистки позволяет эффективно удалять загрязнители и соответствовать экологическим стандартам.

**Системы повторного использования воды** являются важным элементом управления водными ресурсами. Внедрение таких систем в жилых и коммерческих зданиях позволяет использовать сточные воды для технических нужд, таких как полив и смывание. Эти системы включают **очистные сооружения, системы хранения и трубопроводы для повторного использования воды**.

**Системы сбора дождевой воды** помогают собирать осадки для последующего использования. Эти системы включают **резервуары для хранения дождевой воды и фильтрационные установки** для очистки перед использованием. Сбор дождевой воды помогает снизить нагрузку на централизованное водоснабжение и уменьшить потребление пресной воды.

**Инновационные системы управления дождевыми водами** включают **проникающие покрытия, дождевые сады и инфильтрационные лотки**. Эти решения способствуют **инфильтрации дождевых вод** в грунт, что помогает предотвратить их избыточное накопление и снизить риск наводнений. Развитие **зеленой инфраструктуры**, такой как **зеленые крыши и фасады**, также способствует улучшению управления дождевыми водами и улучшению микроклимата.

**Проекты восстановления экосистем** играют важную роль в поддержании экологического баланса. Инвестиции в восстановление

**прибрежных зон и водно-болотных угодий** способствуют улучшению качества воды и поддержанию здоровья водных экосистем. Эти проекты могут включать **восстановление водных растений** и улучшение среды обитания для водных животных.

**Устойчивое землевладение** в сельском хозяйстве и строительстве помогает уменьшить загрязнение воды и поддерживать здоровье экосистем. Применение **устойчивых методов землевладения**, таких как **управление стоками удобрений и пестицидов**, помогает минимизировать влияние на водные ресурсы и улучшать их состояние.

Эффективное управление водными ресурсами требует комплексного подхода, включающего передовые технологии, системы очистки и повторного использования воды, управление дождевыми водами и восстановление экосистем. Эти меры способствуют обеспечению надежного водоснабжения, снижению загрязнения и поддержанию экологического баланса, что является ключевым аспектом устойчивого развития городской инфраструктуры.

#### **21.4. Устойчивый транспорт и мобильность в устойчивом развитии городской инфраструктуры**

**Устойчивый транспорт и мобильность** играют ключевую роль в обеспечении эффективного и экологически чистого передвижения в городских районах. Они включают в себя как снижение воздействия транспортных систем на окружающую среду, так и повышение их эффективности и безопасности. Разработка и внедрение инновационных решений для устойчивого транспорта направлены на решение целого ряда проблем, связанных с традиционными транспортными системами.

##### **Проблемы**

###### **1. Загрязнение воздуха и шум**

**Транспортные выбросы** являются одной из основных проблем, способствующих ухудшению качества воздуха в городах. Традиционные

транспортные средства, работающие на ископаемом топливе, выделяют значительные количества **оксидов азота, углекислого газа и твердых частиц** (Particulate matter). Эти загрязняющие вещества негативно воздействуют на здоровье населения, способствуя развитию респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, выбросы парниковых газов способствуют **глобальному потеплению**.

**Шумовое загрязнение** от транспортных средств также представляет собой серьезную проблему. Непрерывный шум от автомобильного, железнодорожного и авиационного транспорта влияет на **качество жизни** и здоровье граждан, вызывая **стресс, снижение качества сна** и другие негативные последствия.

## **2. Перегруженность транспортной сети**

**Дорожные пробки** в густонаселенных городах приводят к **увеличению времени в пути, повышению затрат на топливо и снижению общей эффективности транспортной системы**. Перенаселенность дорог также ведет к **повышению уровня стресса** у водителей и увеличивает загрязнение окружающей среды.

**Недостаток общественного транспорта** в некоторых городах делает его менее привлекательным. **Неэффективные маршруты и недостаточное покрытие** создают пробелы в транспортной сети, что способствует повышенному использованию личных автомобилей и усугубляет проблему дорожных пробок.

## **3. Нехватка инфраструктуры для альтернативных видов транспорта**

**Отсутствие развитой инфраструктуры для велосипедистов и пешеходов** является серьезным препятствием для использования экологически чистых видов транспорта. **Неправильно спроектированные велодорожки, их ограниченное количество и низкое качество** делают передвижение на велосипеде менее безопасным

и удобным. То же самое касается **пешеходных зон**, которые должны обеспечивать комфортное и безопасное перемещение пешеходов.

**Ограниченная доступность зарядных станций для электромобилей** является проблемой для владельцев электромобилей. **Нехватка зарядных точек** и недостаточное количество **публичных зарядных станций** создают трудности для пользователей и замедляют процесс перехода на электромобили.

#### **4. Энергетические затраты и эффективность**

**Высокие затраты на топливо** для транспортных средств, работающих на ископаемом топливе, оказывают значительное влияние на экономику. Эти затраты также способствуют общему **негативному воздействию на окружающую среду**.

**Низкая энергоэффективность традиционных двигателей внутреннего сгорания** ведет к **неэффективному использованию энергии** и **увеличению выбросов загрязняющих веществ**. Традиционные двигатели имеют **невысокий коэффициент полезного действия**, что приводит к большому потреблению топлива и увеличению загрязнения.

#### **Современные разработки и решения**

##### **1. Электрификация транспорта**

**Электромобили** представляют собой одно из наиболее значимых решений для сокращения **выбросов загрязняющих веществ** и улучшения качества воздуха. Современные электромобили обладают **высокой энергоэффективностью** и предлагают **низкие эксплуатационные расходы**. Развитие **аккумуляторов**, таких как **твердотельные батареи** и **натрий-ионные батареи**, способствует увеличению дальности поездок и снижению времени зарядки.

**Электробусы** и **электropоезда** также представляют собой экологически чистые альтернативы традиционным дизельным автобусам и

поездам. Эти транспортные средства снижают уровень **загрязнения** и способствуют улучшению **экологической устойчивости** общественного транспорта.

## **2. Инфраструктура зарядных станций**

**Развитие сети зарядных станций** для электромобилей является критически важным для поддержки перехода на электрический транспорт. Создание **широкой сети зарядных станций** в городах и на магистралях обеспечивает **доступность и удобство** для пользователей электромобилей. **Инновационные решения**, такие как **быстрая зарядка** и **беспроводная зарядка**, ускоряют процесс зарядки и улучшают пользовательский опыт.

**Интеграция зарядных станций** в городскую инфраструктуру, включая **общественные парковки, жилые комплексы и рабочие места**, способствует увеличению доступности зарядных точек и поддерживает переход на электромобили.

## **3. Интеллектуальные транспортные системы**

**Интеллектуальные системы управления движением (ITS)** включают **умные светофоры** и **платформы для мониторинга трафика**, которые позволяют **эффективно управлять потоком транспорта**, уменьшать пробки и повышать **качество движения**. Эти системы помогают в **оптимизации маршрутов** и **управлении нагрузками на дороги**.

**Платформы для каршеринга и совместного использования автомобилей** способствуют снижению количества частных автомобилей на дорогах, что помогает **уменьшить пробки** и **снизить потребление ресурсов**.

## **4. Развитие альтернативных видов транспорта**

**Велосипеды и электросамокаты** являются экологически чистыми видами транспорта, способствующими снижению загрязнения. Создание **развивающейся инфраструктуры** для велосипедистов и пользователей

электросамокатов делает передвижение на этих видах транспорта более безопасным и удобным. **Системы общественного проката велосипедов и электросамокатов** способствуют их более широкому использованию.

**Развитие пешеходных зон и зеленых улиц** помогает создать более приятную и безопасную среду для пеших прогулок. Это может **уменьшить зависимость от автомобилей** и улучшить общее **качество городской среды**.

## **5. Устойчивые строительные практики и энергоэффективность**

**Энергетически эффективные здания**, такие как **Net Zero Energy Buildings**, потребляют минимальное количество энергии и производят ее из возобновляемых источников. Эти здания способствуют **снижению потребности в энергоемком транспорте** и улучшают устойчивость городской инфраструктуры.

**Интеграция возобновляемых источников энергии**, таких как **солнечные панели и ветровые турбины**, в зданиях и на транспортной инфраструктуре способствует снижению зависимости от традиционных источников энергии и уменьшению общего **углеродного следа**.

Таким образом, эффективное управление устойчивым транспортом и мобильностью требует комплексного подхода, включающего **электрификацию транспорта, развитие инфраструктуры зарядных станций, внедрение интеллектуальных транспортных систем, развитие альтернативных видов транспорта и применение устойчивых строительных практик**. Эти меры способствуют **уменьшению загрязнения, улучшению качества жизни** и созданию более **устойчивых городских систем**, что является неотъемлемой частью устойчивого развития городской инфраструктуры.

### **21.5. Net Zero Energy Buildings (ZEB)**

**Net Zero Energy Buildings (ZEB)** представляют собой здания, которые в течение года потребляют столько же энергии, сколько они

производят на месте с использованием возобновляемых источников энергии. Основной целью таких зданий является создание эффективных и устойчивых строительных решений, которые минимизируют воздействие на окружающую среду и способствуют устойчивому развитию.

**1. Основные характеристики и цели. Net Zero Energy Buildings** характеризуются тем, что их ежегодное энергетическое потребление полностью компенсируется за счет энергии, произведенной на месте. Это достигается путем интеграции различных стратегий энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии. Основные характеристики ZEB включают:

- **Высокий уровень энергоэффективности,** здания ZEB проектируются с использованием современных технологий и методов, направленных на **минимизацию потребления энергии.** Это включает в себя использование **высококачественной теплоизоляции, энергосберегающих окон и эффективных систем освещения и отопления.**

- **Производство энергии на месте,** для достижения нулевого потребления энергии здания используют **возобновляемые источники энергии** такие как **солнечные панели, ветровые турбины и геотермальные системы.** Эти технологии обеспечивают создание необходимого количества энергии для покрытия потребностей здания.

- **Интеграция с окружающей средой.** ZEB стремятся максимально использовать **преимущества местного климата и природных ресурсов.** Это может включать **оптимальную ориентацию здания, пассивное солнечное отопление и естественное освещение.**

- **Устойчивое управление ресурсами,** в зданиях ZEB используются **устойчивые строительные материалы и технологии,** которые способствуют снижению влияния на окружающую среду и снижению углеродного следа.



**2. Подходы к достижению нулевого потребления энергии.** Достижение статуса Net Zero Energy Building требует комплексного подхода, включающего как **повышение энергоэффективности**, так и **интеграцию возобновляемых источников энергии**. Основные подходы включают:

**Энергетическая эффективность.** Снижение потребления энергии является основополагающим принципом для достижения ZEB. Для этого применяются **современные технологии и методы проектирования**, направленные на повышение энергоэффективности. Это может включать в себя:

- **Высококачественная теплоизоляция.** Обеспечивает минимальные теплопотери и снижает потребность в отоплении и кондиционировании.

- **Энергоэффективные окна и двери.** Использование окон с низким коэффициентом теплопередачи и специальных дверей снижает потери тепла.

- **Энергоэффективные системы отопления, вентиляции и кондиционирования (HVAC).** Современные системы HVAC обеспечивают оптимальный микроклимат при минимальных энергетических затратах.

- **Системы освещения с низким энергопотреблением.** Включение светодиодного освещения и автоматизированных систем управления освещением.

**Производство энергии на месте.** После снижения потребления энергии необходимо компенсировать оставшееся потребление за счет возобновляемых источников энергии. Основные технологии включают:

- **Солнечные панели.** Преобразуют солнечную энергию в электричество. Современные разработки включают **тонкопленочные**

**солнечные панели**, которые имеют гибкость и низкий вес, а также **первоклассные панели** с высокой эффективностью.

- **Ветровые турбины.** Используются для генерации электричества за счет энергии ветра. Современные турбины могут быть **гибридными** и **достаточно компактными** для установки на крышах зданий.

- **Геотермальные системы.** Используют тепло земли для отопления и охлаждения зданий. Эти системы эффективно работают в различных климатических условиях и могут обеспечивать стабильное энергоснабжение.

- **Системы хранения энергии.** Включают **аккумуляторные батареи** и **технологии хранения в виде водорода** для хранения избытка энергии, произведенной в периоды высокой активности источников возобновляемой энергии, и ее использования в периоды низкой активности.

**Пассивные солнечные технологии** направлены на максимальное использование солнечного света для отопления и освещения зданий. Это включает в себя **оптимальную ориентацию зданий**, **использование солнечных тепловых окон** и **применение термических накопителей** для хранения солнечного тепла.

Таблица 21.2

**Основные характеристики Net Zero Energy Buildings (ZEB)**

Характеристика	Описание	Примеры и Инновации
Энергетическая автономия	Здания производят столько энергии, сколько потребляют	Солнечные дома, здания с системами хранения энергии
Инновационные материалы	Использование умных и энергоэффективных строительных материалов	Самовосстанавливающийся бетон, термохромные покрытия
Устойчивый дизайн	Архитектурные решения, способствующие	Пассивные солнечные технологии,

	минимальному потреблению энергии	естественное освещение
Интеграция возобновляемых источников	Внедрение различных технологий для производства чистой энергии	Ветровые турбины, геотермальные системы
Умные технологии управления	Автоматизация и управление энергопотреблением с помощью интеллектуальных систем	Умные термостаты, системы управления освещением

**Умные технологии управления энергией** позволяют оптимизировать потребление и производство энергии. Это может включать в себя **интеллектуальные термостаты, автоматизированные системы освещения и интернет вещей (IoT)** для мониторинга и управления энергопотреблением.

**Интеграция с городской инфраструктурой.** Net Zero Energy Buildings должны быть частью более широкой стратегии устойчивого городского развития. Это включает:

- **Интеграция в городской планировке.** ZEB следует проектировать таким образом, чтобы они гармонично вписывались в существующую городскую инфраструктуру и способствовали созданию устойчивых кварталов и микрорайонов. Это может включать в себя создание **зеленых коридоров, общественных пространств и транспортной инфраструктуры.**

- **Синергия с другими устойчивыми зданиями.** Сбор и использование избыточной энергии между зданиями или кварталами могут создать **умные микросети**, которые эффективно управляют производством и потреблением энергии на уровне всего района.

**Энергетическая сертификация и стандарты.** Для достижения и подтверждения статуса ZEB, здания могут получать различные **сертификаты и сертификации**, которые подтверждают их соответствие стандартам:

- **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).**

Международная система сертификации, оценивающая экологические и энергетические характеристики зданий.

- **BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).** Оценка экологических характеристик зданий и их устойчивости.

- **Passive House (Passivhaus).** Стандарт, ориентированный на высочайшую энергоэффективность и комфорт.

**Экономические аспекты и финансирование.** Инвестиции в ZEB требуют анализа экономической целесообразности:

- **Капитальные затраты.** Внедрение энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии может потребовать значительных начальных инвестиций. Однако, благодаря **долгосрочной экономии на эксплуатационных расходах и государственным субсидиям**, эти затраты могут быть компенсированы.

- **Возврат инвестиций (ROI).** Оценка срока окупаемости инвестиций и потенциальной экономии от снижения затрат на энергоснабжение. Важно учитывать как **экономические выгоды**, так и **экологические преимущества**.

**Образование и повышение осведомленности.** Для успешного внедрения ZEB необходима работа с различными заинтересованными сторонами:

- **Образование и тренинг.** Обучение архитекторов, инженеров и строителей современным методам проектирования и строительства ZEB.

- **Осведомленность общественности.** Информационные кампании и проекты по повышению осведомленности о преимуществах и возможностях ZEB для конечных пользователей и владельцев.

**Построение и управление.** Эффективное управление и эксплуатация ZEB важны для достижения их заявленных целей:

- **Мониторинг и управление.** Постоянный мониторинг энергопотребления и производительности зданий с использованием интеллектуальных систем управления и анализаторов данных для обеспечения соответствия проектным показателям.

- **Обслуживание и адаптация.** Регулярное техническое обслуживание и модернизация систем, а также адаптация к изменяющимся условиям и требованиям.

**Инновационные технологии и тренды.** Современные и будущие технологии, которые могут способствовать достижению и улучшению концепции ZEB:

- **Динамические фасады.** Инновационные фасадные системы, которые адаптируются к условиям окружающей среды для оптимизации солнечного освещения и теплоизоляции.

- **Технологии зеленых крыш.** Использование зеленых крыш для улучшения теплоизоляции, поглощения дождевой воды и создания зеленых пространств.

- **Автономные системы управления.** Продвинутое системы искусственного интеллекта и машинного обучения для оптимизации потребления энергии и повышения общей эффективности здания.

## **Современные новшества и тренды в Net Zero Energy Buildings**

### **1. Энергетические материалы нового поколения**

- **Суперизоляционные материалы.** Включение **аэрогелей** и **фазовых сменных материалов (PCM)** в строительные конструкции может существенно повысить теплоизоляцию зданий. Аэрогели обладают низкой теплопроводностью и могут использоваться для создания тонких, но эффективных изоляционных слоев. PCM позволяют эффективно регулировать внутреннюю температуру, поглощая и высвобождая тепло в зависимости от температуры.

- **Фотовольтаические окна.** Разработка технологий интегрированных фотовольтаических окон, которые преобразуют солнечный свет в электричество, пока выполняют функции обычных окон. Эти окна могут быть установлены в фасадах зданий и обеспечивать дополнительное производство энергии без увеличения площади застройки.

Таблица 21.3.

**Инновационные технологии и разработки в устойчивом городском планировании**

Технология	Описание	Примеры и Применение
Виртуальные модели городов	Создание цифровых двойников для планирования и управления	Цифровые модели для симуляции сценариев
Умные материалы	Материалы, изменяющие свои свойства в зависимости от внешних условий	Термохромные покрытия, самовосстанавливающиеся материалы
Интеллектуальные транспортные системы	Технологии для оптимизации управления транспортом и улучшения передвижения	Автономные транспортные средства, умные светофоры
Циклическая экономика	Принципы повторного использования и переработки ресурсов	Компостируемые материалы, умные системы сортировки
Умные системы управления данными	Использование ИТ-технологий для анализа и управления городской инфраструктурой	Большие данные, когнитивные системы управления

## 2. Умные и гибкие энергосистемы

- **Адаптивные системы управления энергией.** Современные интеллектуальные системы управления могут использовать алгоритмы машинного обучения для прогнозирования и оптимизации потребления энергии на основе поведения пользователей, погодных условий и других факторов. Это позволяет динамически адаптироваться к изменяющимся условиям и улучшать общую эффективность здания.

- **Гибридные системы хранения энергии.** Новые технологии хранения, такие как **солевые аккумуляторы** и технологии хранения энергии в виде **водорода**, могут быть интегрированы в ZEB для более эффективного управления накопленной энергией. Эти системы могут хранить избыток энергии, произведенной солнечными панелями или ветрогенераторами, и использовать ее в периоды низкой выработки.

### **3. Устойчивое строительство и умные материалы**

- **3D-печать зданий** позволяет создавать строительные элементы с высокой точностью и минимальными отходами. Это также открывает возможности для использования **экологически чистых строительных материалов** и создания сложных структур с улучшенными теплоизоляционными свойствами.

- **Карбон-отрицательные материалы.** Новые строительные материалы, такие как **конкретные смеси с углеродным захватом**, способны не только уменьшать выбросы углерода в процессе производства, но и активно захватывать углерод из атмосферы в течение всего жизненного цикла материала.

### **4. Внедрение водородных технологий**

- **Топливные элементы на водороде** могут обеспечивать здание чистой энергией и водой в процессе генерации. Это особенно актуально для удаленных районов, где доступ к традиционным источникам энергии может быть ограничен.

- **Системы генерации и хранения водорода.** Разработка технологий генерации водорода с использованием солнечной или ветряной энергии, а также **инновационные системы хранения** водорода, такие как **сжиженные или химически связаны формы**, могут способствовать устойчивому и автономному энергетическому обеспечению ZEB.

### **5. Интеграция экосистем и биомиметика**

- **Живые здания.** Интеграция **живых систем** в здания, таких как **растительные фасады** или **внутренние сады**, помогает улучшить качество воздуха, снижает потребление энергии на охлаждение и способствует повышению общего комфорта. Эти системы могут использовать **биомиметику**, имитируя природные процессы для повышения устойчивости и эффективности.

- **Биомиметические конструкции.** Вдохновение от природных форм и процессов для создания новых строительных решений. Например, использование принципов, наблюдаемых в структуре пчелиных сот, для создания эффективных и устойчивых архитектурных форм.

## **6. Автоматизация и роботизация**

- **Роботизированное строительство.** Применение **роботов** для автоматизации строительных процессов, таких как укладка материалов или монтаж конструкций, может снизить затраты и повысить точность. Эти технологии также способствуют снижению отходов и улучшению качества строительства.

- **Дроны для мониторинга** могут использоваться для мониторинга состояния здания, сбора данных о его энергоэффективности и инспекции сложных конструкций. Это позволяет оперативно выявлять и устранять проблемы, связанные с энергией и эксплуатацией.

Эти новшества и тренды отражают текущие достижения в области устойчивого строительства и могут значительно улучшить реализацию концепции Net Zero Energy Buildings. Внедрение передовых технологий и методов позволяет создавать более эффективные, устойчивые и инновационные здания, которые способствуют более экологичному и комфортному образу жизни.

## **21.6. Новые технологии и разработки в области устойчивого городского планирования**

### **Развитие технологий и подходов**



Современные технологии адаптации к изменению климата становятся ключевыми элементами устойчивого городского планирования. В условиях усиливающегося климатического воздействия, растет интерес к **резильентным инфраструктурным решениям**, которые обеспечивают устойчивость городских систем. Это включает использование **умных дренажных систем**, способных адаптироваться к интенсивным осадкам, и **зеленой инфраструктуры**, такой как **биофильтры и поглощающие осадки покрытия**, которые помогают уменьшить риск наводнений и эрозии. **Адаптивные фасады** зданий, которые изменяют свои свойства в зависимости от климатических условий, также представляют собой важное направление. Эти фасады могут автоматизированно регулировать теплоизоляцию и вентиляцию в зависимости от температуры и солнечного света, что способствует оптимизации внутреннего климата и снижению энергозатрат.

В контексте **интеграции городской экосистемы** новые **геопространственные платформы** и специализированные программные обеспечения позволяют объединить различные аспекты городской инфраструктуры в единую систему управления. Эти платформы помогают лучше управлять **земельным использованием, транспортными потоками и экологическими системами**, предоставляя данные для принятия более обоснованных решений. Растет также интерес к **городским экосистемным сервисам**, которые оценивают влияние различных проектов на экосистемные услуги, такие как очистка воздуха и поддержание биоразнообразия, что позволяет лучше планировать и реализовывать проекты с учетом экологических факторов.

**Энергетическая автономия и декарбонизация** становятся важными аспектами городского планирования. В последние годы наблюдается активное использование **локальных энергетических систем**, включая **малые ветряные турбины и солнечные панели на**

крышах, в сочетании с блокчейн-технологиями для управления распределением энергии. Это обеспечивает более гибкое и прозрачное управление энергетическими потоками. **Углеродно-нейтральные и углеродно-отрицательные строительные материалы**, такие как **блоки на основе углерода** и **изолирующие панели**, помогают сократить углеродный след зданий и способствуют снижению общего уровня выбросов.

**Дизайн с учётом круговой экономики** приобретает все большую популярность. Внедрение **принципов круговой экономики** в строительство и городское планирование включает **повторное использование строительных материалов** и **модульное строительство**, что помогает минимизировать отходы и максимизировать использование ресурсов. Принципы **проектирования для разборки** позволяют создавать здания, которые легко разбираются и перерабатываются в конце их жизненного цикла, поддерживая циклические процессы и снижая количество строительных отходов.

### **Прогнозы и будущее устойчивого развития городов**

Будущее устойчивого развития городов связано с несколькими ключевыми направлениями. **Автономные города** становятся реальностью благодаря использованию **искусственного интеллекта** для управления всеми аспектами городской жизни, включая транспорт, энергоснабжение и безопасность. **Автономные транспортные системы** и **интеллектуальное управление инфраструктурой** будут активно внедряться, что обеспечит более эффективное и безопасное функционирование городов.

В области **гармонии с природой** ожидается развитие **концепций городских лесов** и **паркоподобных городов**, которые интегрируют природные элементы в инфраструктуру и планирование. Это включает создание **зеленых коридоров** и **интеллектуальных экосистем**, которые

способствуют улучшению качества жизни и поддержанию биоразнообразия в урбанистической среде.

**Новые формы транспортной инфраструктуры** также будут играть важную роль в будущем. Прогнозируется рост интереса к **подземным транспортным системам**, таким как **гиперлупы** и **пассажирские туннели**, а также к **надземным транспортным системам**, таким как **вертикальные транспортные решения** и **дроновые такси**. Эти системы будут интегрированы с существующей инфраструктурой и обеспечат более удобные и быстрые транспортные решения.

В будущем также ожидается развитие **технологий для устойчивого использования ресурсов**. **Биоинженерия** и **синтетическая биология** будут использоваться для создания **устойчивых источников пищи** и **энергетических ресурсов** в городских условиях, что поможет снизить зависимость от традиционных источников ресурсов. **Квантовые технологии** будут применяться для решения задач, связанных с **оптимизацией энергетических систем** и **управлением городскими данными**, что может привести к значительным улучшениям в планировании и управлении.

Эти новые технологии и подходы обеспечивают передовые решения для устойчивого развития городов, способствуя созданию более умных, устойчивых и эффективных урбанистических систем. Их внедрение будет способствовать улучшению качества жизни в городах, снижению экологического следа и обеспечению более эффективного использования ресурсов.

**Важность интеграции устойчивых подходов в городское планирование**

**1. Переход к виртуальным и гибридным городам.** Современные тенденции показывают, что **виртуальные и гибридные города** становятся важной частью устойчивого планирования. **Виртуальные**

**города** используют цифровые технологии для создания **виртуальных моделей** реальных городов, которые помогают в планировании и управлении городской инфраструктурой. Эти модели позволяют проводить **симуляции** различных сценариев и оценивать их влияние на устойчивость города. В свою очередь, **гибридные города** интегрируют как физические, так и цифровые компоненты, создавая **интерактивные и адаптивные urban environments**, где данные и технологии используются для оптимизации городской жизни в реальном времени.

**2. Развитие умных материалов и конструкций** становятся все более важными в контексте устойчивого городского планирования. **Интерактивные строительные материалы** могут изменять свои свойства в зависимости от внешних условий, таких как температура и влажность, что способствует улучшению **энергетической эффективности** и **долговечности зданий**. Например, **термохромные покрытия** изменяют цвет в зависимости от температуры, помогая регулировать тепловую нагрузку на здания. **Самовосстанавливающиеся материалы**, такие как **бетон с микроорганизмами**, могут самостоятельно заполнять трещины и дефекты, увеличивая срок службы конструкций и снижая потребность в ремонте.

**3. Энергетические компоненты городских экосистем.** Интеграция **энергетических компонентов** в городские экосистемы становится важной частью планирования. **Энергетически активные города** включают в себя **энергетические хабы**, которые позволяют эффективно распределять и использовать энергию на местном уровне. **Энергетические острова**, такие как **солнечные и ветряные фермы**, интегрированные в городские районы, позволяют снижать зависимость от централизованных источников энергии и повышать устойчивость к перебоям в энергоснабжении.

**4. Инновации в урбанистической экологии** включают в себя создание экологически активных пространств и функциональных экосистем. Например, биоактивные зоны могут быть интегрированы в городские ландшафты, способствуя улучшению качества воздуха и снижению температуры. Экосистемные здания, которые включают зеленые стены и водные элементы, способствуют созданию здорового микроклимата и улучшению биологического разнообразия.

**5. Эволюция технологий управления данными.** Управление данными в городском планировании становится более комплексным благодаря инновационным технологиям. Когнитивные системы управления используют машинное обучение и искусственный интеллект для анализа больших объемов данных и прогнозирования потребностей городской инфраструктуры. Аналитика данных в реальном времени позволяет городским службам оперативно реагировать на изменения и предсказывать проблемы до их возникновения.

**6. Внедрение технологий устойчивого строительства.** Устойчивое строительство продолжает развиваться благодаря новым технологиям. Модульное строительство и промышленные методы строительства позволяют снижать затраты и время на возведение зданий, а также улучшать их энергетическую эффективность. Принципы устойчивого дизайна включают использование материалов с низким углеродным следом и модульных систем, которые способствуют созданию адаптивных и перерабатываемых зданий.

**7. Устойчивое управление водными ресурсами.** Инновационные технологии управления водными ресурсами включают в себя умные системы мониторинга и интегрированные водные циклы. Системы умного водоснабжения позволяют отслеживать и управлять потреблением воды в реальном времени, предотвращая утечки и оптимизируя использование ресурсов. Водоразделы и управляемые

**экосистемы** обеспечивают эффективное распределение и очистку воды, способствуя устойчивому управлению водными ресурсами в городских условиях.

Интеграция устойчивых подходов в городское планирование требует внедрения передовых технологий и инновационных решений, способных адаптироваться к меняющимся условиям и потребностям. **Виртуальные и гибридные города, умные материалы, энергетические компоненты, экологически активные пространства, инновации в управлении данными, технологии устойчивого строительства и управление водными ресурсами** формируют основу для создания устойчивых и адаптивных урбанистических систем. Эти новые подходы и технологии помогают строить города будущего, которые будут не только функциональными и экономически эффективными, но и устойчивыми к экологическим и климатическим вызовам.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие ключевые принципы лежат в основе устойчивого городского планирования?
2. Каковы основные цели и характеристики Net Zero Energy Buildings (ZEB)?
3. Какие подходы используются для достижения нулевого потребления энергии в зданиях?
4. Какие новейшие технологии в области умных материалов и конструкций способствуют улучшению энергетической эффективности зданий?
5. Как виртуальные модели городов и цифровые двойники помогают в устойчивом планировании?
6. В чем заключаются основные вызовы и решения в управлении водными ресурсами в городских условиях?

7. Какие инновационные подходы существуют в области устойчивого транспорта и мобильности?

8. Какие современные технологии и методы используются для достижения целей устойчивого развития в городских экосистемах?

9. Как циклическая экономика способствует устойчивому городскому планированию и что из себя представляет?

10. Какие прогнозы на будущее существуют для развития устойчивых городов и какие направления технологий наиболее перспективны?