

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ЗЕЛЁНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

Ш.З. Усмонов

Политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими в г. Худжанде

В данной статье рассмотрены принципы «зелёного» строительства и их влияние на энергопотребление жилых зданий. Приведён обзор современных энергоэффективных технологий – от улучшенной теплоизоляции и возобновляемых источников энергии до пассивных архитектурных решений – с опорой на эмпирические данные и конкретные кейсы. Результаты исследований показывают, что применение зелёных технологий позволяет существенно снизить энергозатраты: по различным оценкам, на 20–40% в типовых проектах, а в идеальных случаях – вплоть до 60–75% и более. Обсуждаются примеры успешной реализации энергоэффективных жилых домов (включая passive house и проекты с интеграцией возобновляемых источников) и анализируется их экономическая эффективность. Сделаны выводы о важности комплексного применения принципов зелёного строительства для снижения энергопотребления в жилом секторе при одновременном повышении экологической устойчивости и комфорта зданий.

Ключевые слова: зелёное строительство, энергоэффективность, жилые здания, пассивный дом, возобновляемые источники энергии, солнечные панели, теплоизоляция, устойчивое развитие, автоматизация зданий, рекуперация тепла, энергосбережение, экологичный дом, климатическая адаптация, архитектурные решения, жизненный цикл здания.

ИСТИФОДАИ ПРИНСИПҲОИ СОҲТМОНИ САБЗ БАРОИ КАМ КАРДАНИ ХАРОЧОТИ ЭНЕРГИЯ ДАР БИНОҲОИ ИСТИҚОМАТӢ.

Ш.З. Усмонов

Дар макола маъсалаи татбики принципҳои соҳтмони сабз бо максади коҳиши истеъмоли энергия дар биноҳои истиқоматӣ баррасӣ мешавад. Шарҳи умумии технологияҳои мусоири сарфай энергия — аз гармимадҳудкунии беҳтар, истифодаи манбаъҳои барқароршаванди энергия то ҳалли меъмории ғайрифаъол — бо истифода аз маълумоти эмпирикӣ ва таҳлили мисолҳои воқеӣ пешниҳод мегардад. Натиҷаҳои тадқиқот нишон медиҳанд, ки технологияҳои сабз метавонанд истеъмоли энергияро ба таври назаррас коҳиши диганд: дар лоиҳаҳои стандартӣ 20–40% ва дар ҳолатҳои идеалий то 60–75% ва бештар. Дар макола намунаҳои муваффақи биноҳои истиқоматии аз ҷиҳати энергия каммасраф, аз ҷумла биноҳои ғайрифаъол бо истифодаи манбаъҳои барқароршаванди энергия таҳлил карда шуданд. Ҳулоса бароварда шудааст, ки татбики ҳамаҷонибии принципҳои соҳтмони сабз барои коҳиши сарфи энергия дар бахши манзил ва баланд бардоштани устувории экологӣ ва сатҳи бароҳатии доҳилии биноҳо мухим мебошад.

Калимаҳои қалидӣ: соҳтмони сабз, самаранокии энергетикӣ, биноҳои истиқоматӣ, манбаъҳои барқароршаванди энергия, панелҳои офтобӣ, гармимадҳудкун, рушди устувор, автоматиқунонии бино, бозёфти гармӣ (рекуператсия), сарфай энергия, хонаи экологӣ, мутобиқсозӣ ба иқтим, ҳалли меъморӣ, давраи ҳаётӣ бино.

APPLICATION OF GREEN BUILDING PRINCIPLES FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Sh.Z. Usmonov

This paper explores the application of green building principles to reduce energy consumption in residential buildings. It presents an overview of modern energy-efficient technologies — from improved thermal insulation and renewable energy sources to passive architectural strategies — supported by empirical data and case studies. Research findings demonstrate that green technologies can significantly reduce energy use: by 20–40% in standard projects and up to 60–75% or more in optimal cases. The paper discusses successful examples of energy-efficient housing projects, including passive houses and buildings equipped with renewable energy systems, and analyzes their economic feasibility. The study concludes that a comprehensive application of green building principles is essential for reducing energy consumption in the housing sector while enhancing sustainability and indoor comfort.

Keywords: green building, energy efficiency, residential buildings, passive house, renewable energy sources, solar panels, thermal insulation, sustainable development, building automation, heat recovery, energy saving, eco-friendly home, climate adaptation, architectural solutions, building life cycle.

Введение

Строительный сектор является одним из крупнейших потребителей энергии: на эксплуатацию зданий приходится порядка 30% мирового конечного энергопотребления [1]. Значительная доля этой энергии расходуется на отопление, вентиляцию, кондиционирование и освещение жилых домов. В условиях роста цен на энергоресурсы и необходимости борьбы с изменением климата остро встает задача повышения энергоэффективности зданий. Зелёное строительство (экологическое или устойчивое строительство) представляет собой подход к проектированию, возведению и эксплуатации зданий, который минимизирует негативное воздействие на окружающую среду. Основной его целью является снижение потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания – от выбора участка и строительства до эксплуатации и сноса [2].

Применение принципов зелёного строительства особенно актуально для жилых зданий, так как жилищный фонд характеризуется большим сроком службы и регулярными затратами энергии в процессе эксплуатации. В традиционных зданиях значительные потери тепла происходят через ограждающие конструкции и вентиляцию, а также затрачивается много электроэнергии на искусственное освещение и

бытовые приборы. Зеленые технологии призваны решать эти проблемы за счёт оптимизации строительных решений и применения возобновляемых источников энергии. В ряде стран разработаны стандарты экологичного строительства (например, международные системы сертификации LEED, BREEAM, а в России – национальный стандарт зелёного строительства жилых зданий ГОСТ Р 2022, стимулирующие внедрение энергоэффективных решений). На этом фоне возникает необходимость обобщить доказательную базу: каких реальных показателей экономии энергии удаётся достичь в жилых домах при использовании принципов зелёного строительства, и какими методами это достигается.

Целью настоящего исследования является анализ влияния основных технологий зелёного строительства на снижение энергопотребления в жилых зданиях. Для её достижения последовательно рассмотрены: (1) современные энергоэффективные материалы и инженерные системы, (2) архитектурно-планировочные решения, снижающие потребность здания в энергии, (3) использование возобновляемых источников энергии в жилищном секторе, а также (4) количественные результаты – данные измерений, расчетов и моделирования – демонстрирующие эффективность указанных мер.

Материалы и методы исследования

Исследование носит обзорный характер. В качестве материалов использованы данные новейших научных публикаций, отраслевых отчетов и нормативных источников (как на русском, так и на английском языках), посвящённых зелёному строительству и энергоэффективности зданий. При отборе источников упор сделан на работы, содержащие эмпирические показатели энергопотребления жилых домов и конкретные примеры внедрения зелёных технологий. В обзор включены как результаты вычислительного моделирования энергоэффективных сценариев, так и натурные измерения энергопотребления в уже эксплуатируемых зданиях.

Методология исследования заключалась в сравнительном анализе энергозатрат обычных и «зелёных» жилых зданий. На основе литературных данных сопоставлены показатели годового энергопотребления и экономии энергии для ряда кейсов: новое строительство (например, пассивные дома, сертифицированные зелёные многоэтажки) и реконструкция существующих домов с внедрением энергоэффективных мероприятий. Также рассмотрены результаты термомодернизации ограждающих конструкций, установки энергоэффективного оборудования и интеграции солнечных батарей. Для иллюстрации были отобраны показательные случаи – в том числе опыт зарубежных стран с развитым зелёным строительством (Германия, Финляндия, США, Китай и др.) и примеры из российской практики. Собранные данные стандартизированы для сопоставления (например, удельное энергопотребление в $\text{kVt}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, проценты экономии относительно базового варианта). В разделе результатов приводятся сводные количественные показатели по указанным кейсам, а в обсуждении – качественный анализ причин достигнутой экономии и сопутствующих факторов (затраты, климат, нормативная среда и пр.).

Результаты исследования

Общие эффекты внедрения зелёных технологий. Анализ литературы свидетельствует, что применение принципов зелёного строительства в среднем позволяет сократить энергопотребление здания на десятки процентов по сравнению с традиционными технологиями. Согласно обзору международного опыта, экологически устойчивые («зелёные») здания потребляют на 20–40% меньше энергии по сравнению с обычными зданиями аналогичного назначения [4]. Экономия достигается за счёт комплексных мер: улучшенной теплоизоляции и герметичности, энергоэффективного оборудования, оптимального проектирования и использования возобновляемой энергии. Например, энергоэффективные лампы и бытовые приборы позволяют снизить расход электроэнергии на освещение и технику на 20–80% по сравнению с устаревшими аналогами, а системы рекуперации тепла в вентиляции возвращают значительную часть тепловой энергии, которая ранее безвозвратно терялась с вытяжным воздухом [9]. В совокупности меры по энергоэффективности позволяют существенно уменьшить эксплуатационные издержки здания – по некоторым оценкам, жильцы «зелёных» домов экономят до ~50% расходов на коммунальные услуги за счёт сокращения потребления тепла и электричества [10].

Пассивные дома и архитектурные решения. Наиболее впечатляющих результатов удаётся достичь при реализации концепции пассивного дома (*Passive House*). Пассивные дома – это здания с чрезвычайно низким теплопотреблением, достигаемым благодаря совокупности решений: сверхэффективное утепление ограждающих конструкций, устранение тепловых мостиков, герметичный контур здания, теплообменники для вентиляции (рекуператоры), а также максимальное использование пассивных солнечных теплопоступлений и внутренних тепловыделений. В результате потребность в отоплении и охлаждении сокращается на порядок. Полевая проверка первых проектов показала, что фактическое годовое энергопотребление на отопление в пассивных домах составляет около 13–15 $\text{kVt}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, тогда как в обычных новых домах оно превышает 60–100

кВт·ч/м² [4]. Таким образом, снижение энергозатрат на климатизацию достигает ~75–90%. На рис. 1 приведено сравнение измеренного удельного отопительного потребления в посёлке низкоэнергетичных домов и трёх пассивных жилых комплексах в Германии: видно, что средние затраты тепла в пассивных домах (около 13 кВт·ч/м²·год) почти в 5 раз ниже, чем даже в энергосберегающих домах, построенных по обычным стандартам (~65 кВт·ч/м²·год) [4]. Такие результаты подтверждают надёжность пассивного стандарта на практике.

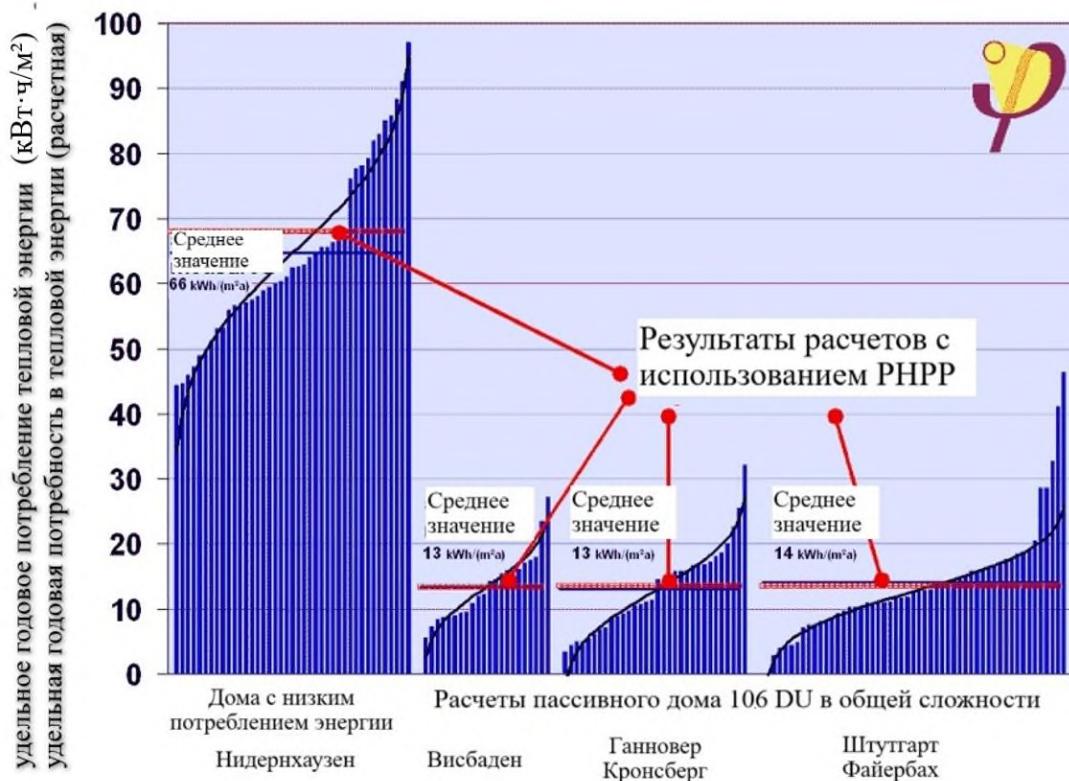


Рисунок 1 – Сравнение годового удельного потребления тепловой энергии (кВт·ч/м²) на отопление: слева – квартал энергоэффективных домов (Германия, 1990-е годы), справа – несколько жилых комплексов, построенных по стандарту пассивного дома. Пассивные дома демонстрируют снижение затрат тепла примерно на 80% относительно обычных энергоэффективных домов [4].

Помимо теплоизоляции, важную роль играет архитектурно-планировочное решение здания. Правильная ориентация дома по сторонам света, оптимальное соотношение площадей остекления и применение солнцезащитных устройств позволяют снизить потребность в искусственном отоплении зимой и кондиционировании летом. Например, моделирование показало, что использование внешних горизонтальных козырьков (навесов) над южными окнами способно уменьшить суммарный годовой расход энергии на кондиционирование здания на ~10% [7]. При этом подобная мера окупается достаточно быстро (порядка 4 лет за счёт экономии электроэнергии на охлаждение) [7]. Другой пассивный приём – компактная форма здания и рациональное зонирование – сокращает теплопотери через наружные стены. В энергоэффективных домах также широко применяются тёплые окна (двойное или тройное остекление с селективными покрытиями и заполнением инертным газом), которые снижают потери тепла через окна в 2–3 раза по сравнению с обычными стеклопакетами [2]. Все перечисленные решения совместно обеспечивают значительное сокращение потребности в тепловой энергии без ущерба для комфорта жителей.

Энергоэффективные инженерные системы и материалы. Зелёное строительство опирается на современные инженерные решения, уменьшающие потребление энергии зданиями. Одним из ключевых направлений является внедрение автоматизированных систем управления климатом и освещением («умный дом»), которые оптимизируют работу оборудования под фактические нужды. Например, датчики присутствия и интеллектуальные терmostаты позволяют избегать лишнего расхода энергии, автоматически снижая отопление и вентиляцию в пустующих помещениях. Освещение с помощью светодиодных ламп и автоматических датчиков освещённости экономит до 50–80% электроэнергии на свет [2]. Важную роль играют также энергоэффективные материалы. Использование инновационных теплоизоляционных материалов (например, вакуумная изоляция, отражающие теплоэкранны) позволяет снизить коэффициент теплопередачи ограждений при небольшой толщине стен. Применение локальных и экологически чистых материалов (дерево, бамбук, кирпич из вторичного сырья и пр.) снижает энергозатраты на их производство и

транспортировку [2], тем самым уменьшая косвенное энергетическое «воплощение» здания. В совокупности инженерные инновации и новые материалы обеспечивают более рациональное потребление энергии без снижения качества среды проживания.

Возобновляемые источники энергии в жилых домах. Одним из важнейших принципов зелёного строительства является переход от ископаемых источников энергии к возобновляемым. В жилых зданиях наибольшее распространение получили солнечные установки – фотоэлектрические панели (для выработки электроэнергии) и солнечные коллекторы (для нагрева воды). Интеграция солнечных батарей в здание позволяет покрыть значительную долю его энергопотребления. Так, расчёты для типового многоквартирного дома показывают, что установка ~ 20 м² солнечных панелей на крыше может обеспечить порядка 6–7% годовой потребности здания в электроэнергии [7]. При более высокой оснащённости солнечными модулями здание способно вырабатывать половину и более нужной энергии. Особенно эффективны интегрированные фотоэлементы – например, панели, встроенные в фасад или крышу здания (так называемая BIPV – *Building-Integrated Photovoltaics*). На рис. 2 показан пример жилого комплекса в Финляндии, где в архитектуру дома органично включены солнечные панели: они образуют часть навесных фасадных элементов. В условиях северного климата Хельсинки такая система генерирует электроэнергию, снижая зависимость квартир от городских сетей.



Рисунок 2 – Пример интеграции солнечных панелей в жилое здание (экологический квартал Viikki, Хельсинки, Финляндия, 2008 г.). Фотоэлектрические модули встроены в фасадный блок многоквартирного дома и обеспечивают децентрализованную генерацию электроэнергии на месте эксплуатации здания.

Помимо солнечной энергетики, в зелёных жилых домах применяются и другие возобновляемые источники: тепловые насосы, использующие тепло грунта или воздуха для отопления; микроВетрогенераторы на крышах; системы на биомассе (например, пеллетные котлы) и даже малые геотермальные установки [2]. Каждая из этих технологий покрывает часть потребностей здания в тепле и электричестве за счёт возобновляемой энергии, тем самым уменьшая объём энергии, получаемой из внешних (традиционных) сетей. Современной целью является достижение нулевого энергопотребления (*Net Zero Energy Building*), когда за год здание вырабатывает столько же энергии из возобновляемых источников, сколько потребляет. Пассивный дом, оснащённый солнечными панелями и тепловым насосом, уже способен приблизиться к балансу нулевого потребления [3]. Таким образом, сочетание агрессивного энергосбережения

с генерацией чистой энергии на месте позволяет радикально снизить внешние энергозатраты жилого дома вплоть до нуля.

Эмпирические кейсы и достигнутая экономия. Количественные данные из рассмотренных источников демонстрируют высокий потенциал зелёного строительства по сокращению потребляемой энергии. Обобщены результаты нескольких исследований и проектов, отражающие достигаемую экономию энергоресурсов в жилых зданиях за счёт внедрения различных технологий:

- **Кейс 1:** Реконструкция типового многоэтажного дома в холодном климате (Северный Китай) – проведён комплекс энергоэффективных мер: утепление фасада, модернизация системы отопления и установка солнечных панелей. Получено снижение совокупного годового энергопотребления здания на 63,8% относительно исходного уровня [6]. В том числе, только за счёт монтажа фотоэлектрических панелей энергопотребление удалось снизить почти на 20% [6], а остальной эффект достигнут улучшением теплотехники здания и систем отопления.

- **Кейс 2:** Новый жилой комплекс с пассивными домами (Германия) – сравнение с обычным современным жильём показало, что энергозатраты на отопление снизились на 80–90%, а общее потребление первичной энергии – примерно на 75% при переходе к стандарту *Passive House* [3]. Пассивные технологии (толстый слой изоляции, рекуперация и т.д.) позволили довести удельный расход тепла до ~ 15 кВт·ч/м²·год, тогда как в контрольных домах он составлял 100+ кВт·ч/м²·год.

- **Кейс 3:** Моделирование улучшений для существующего дома (Флорида, США) – было исследовано влияние пассивных приемов (добавление тени от навесов, утепление стен) и активных (установка солнечных батарей) на энергопотребление односемейного дома. Утепление стен и солнцезащита дали экономию порядка 200 кВт·ч в год на охлаждении [7], что составило около 10% от ежегодного энергопотребления здания [7]. В свою очередь, добавление солнечных панелей позволило достичь баланса потребления – проектируемый дом стал нулевым по годовому энергобалансу, покрывая свои нужды за счёт генерации [7].

Приведённые результаты подтверждают, что даже частичные улучшения (например, только пассивные меры или только возобновляемая энергия) дают заметный эффект, а максимального снижения энергозатрат достигают проекты, где комбинируются все принципы зелёного строительства.

Обсуждения

Полученные данные свидетельствуют о высоком потенциале зелёного строительства в снижении энергозатрат жилого фонда. Достигаемая экономия варьируется в широких пределах (от 10–20% до 60–80% и более) в зависимости от глубины применяемых мер и исходных характеристик здания. Так, наибольшая эффективность наблюдается в случаях комплексного подхода – когда ещё на этапе проектирования закладываются пассивные решения, а здание изначально строится по стандартам вроде пассивного дома. В таких случаях энергопотребление удается снизить кардинально, практически на порядок, что подтверждается как расчётами, так и многолетним мониторингом реальных объектов [3]. С другой стороны, при модернизации (реконструкции) существующих зданий потенциал экономии ограничен исходными условиями – однако и здесь примеры показывают возможность более чем двукратного снижения годовых затрат энергии после термомодернизации и установки ВИЭ [6]. Это особенно важно для старого жилого фонда, требующего обновления: инвестиции в энергоэффективность способны существенно улучшить показатели здания.

Следует отметить, что достижение заявленной экономии требует *системного подхода*. Невозможно получить пассивный дом, просто увеличив толщину утеплителя без внимания к остальным аспектам (герметичность, вентиляция, окна). Аналогично, эффект от солнечных панелей будет неполным, если дом по-прежнему транжирит тепло из-за утечек. Поэтому интеграция решений – ключ к успеху зелёных проектов. Опыт показывает, что комбинация пассивных и активных мер часто имеет синергетический эффект: например, высокоизоляционный дом меньшей площади крыши требует меньше панелей для достижения нулевого баланса, а эффективная вентиляция позволяет ставить теплогенератор меньшей мощности.

Другой важный аспект – экономическая оправданность зелёных технологий. Первоначально внедрение энергоэффективных решений может повысить стоимость строительства. По оценкам российских специалистов, строительство дома по принципам «активной энергетической архитектуры» (т.е. с полноценным набором зелёных технологий) приводит к удорожанию на ~ 10 –15% по сравнению с обычным проектом [9]. Тем не менее, долгосрочные выгоды зачастую перевешивают начальные затраты. Операционные расходы на энергию снижаются настолько, что за счёт экономии коммунальных платежей эти вложения окупаются в разумные сроки [8]. Мировой опыт подтверждает: «*energy savings*» в зелёных зданиях обычно превышают возможный «зелёный» ценовой премиум уже в течение первых лет эксплуатации [8]. Более того, возросшее качество жилья (комфорт, здоровье, микроклимат) и повышение рыночной ценности «зелёных» домов также относятся к непрямым экономическим преимуществам, делающим такие проекты выгодными для инвесторов и потребителей [8].

Нужно учитывать и внешние факторы, влияющие на эффективность зелёного строительства. Климатические условия играют значительную роль: в холодных регионах на первый план выходит утепление и сохранение тепла, тогда как в жарком климате – солнцезащита и охлаждение. Например, в скандинавских странах упор делается на сверхнизкие теплопотери (Passive House), тогда как в южных широтах больше внимания уделяется естественной вентиляции и солнцезащите. Кроме того, наличие развитой индустрии энергоэффективных материалов и оборудования в стране влияет на стоимость и доступность технологий. Например, в России, где зелёное строительство только набирает обороты, доля «зелёных» проектов пока невелика (по оценкам, около 5% новых жилых домов имеют экологические элементы [11]). Основные препятствия – нехватка информированности, отсутствие обязательных норм и относительно высокие первоначальные затраты [11]. Тем не менее, тенденции позитивные: ежегодно вводятся сотни сертифицированных объектов [2], создаются национальные стандарты и программы поддержки. Зарубежный опыт и продемонстрированные кейсы показывают, что по мере масштабирования зелёных технологий их стоимость снижается, а эффективность растёт.

Наконец, важно подчеркнуть, что снижение энергопотребления – лишь один из компонентов концепции устойчивого строительства. Помимо энергосбережения, «зелёные» здания обычно обеспечивают снижение водопотребления, более здоровый микроклимат, сокращение отходов и выбросов CO₂. Однако энергетический аспект наиболее легко измерим и экономически ощутим, поэтому именно через энергоэффективность зачастую обосновывается целесообразность зелёного строительства. Представленные результаты убедительно демонстрируют: энергоэффективные дома являются реальным и действенным инструментом для достижения как экологических (сокращение парниковых выбросов, ресурсосбережение), так и социально-экономических целей (уменьшение затрат населения на ЖКХ, повышение качества жилья).

Выводы

Применение принципов зелёного строительства в жилищном секторе доказало свою эффективность в снижении энергозатрат зданий. Проведённый обзор показал, что за счёт комплексных мер – высокоеффективной теплоизоляции, герметичности, пассивных архитектурных решений, энергоэффективных систем и интеграции возобновляемых источников – можно добиться сокращения энергопотребления жилых домов от 20–30% в типичных условиях до 60–80% в передовых проектах. Особо выдающихся результатов достигают пассивные дома, почти не нуждающиеся в отоплении за счёт продуманной конструкции, и «net-zero» здания, самостоятельно генерирующие всю необходимую энергию.

Внедрение зелёных технологий в жилых зданиях сопровождается не только энергетическими, но и экологическими и экономическими выгодами. Снижение потребления энергоресурсов ведёт к эквивалентному сокращению выбросов парниковых газов, улучшению экологической обстановки и повышению устойчивости городов. Одновременно снижаются расходы населения на энергию, повышается качество и комфорт жилья. Дополнительные капитальные затраты на энергоэффективные решения окупаются за счёт экономии эксплуатационных расходов в течение жизненного цикла здания [8].

Таким образом, зелёное строительство представляет собой перспективный и необходимый путь развития жилищной отрасли. Реальные примеры, рассмотренные в статье, подтверждают, что переход к энергоэффективным и экологичным домам – достижимая задача при условии применения комплексного подхода и поддержки на уровне стандартов и государственной политики. В дальнейшем широкое распространение принципов зелёного строительства в Таджикистане и мире позволит существенно сократить совокупное энергопотребление в городах, приблизив нас к целям устойчивого развития и энергетической безопасности.

Широкое внедрение принципов зелёного строительства требует государственной поддержки, информирования населения и стимулирования инвестиций. Особое значение принципы зелёного строительства имеют для Республики Таджикистан, где климатические условия отличаются высокой солнечной активностью, жарким летом и холодной зимой в ряде регионов. Применение пассивных архитектурных решений, использование местных строительных материалов с хорошими теплоизоляционными свойствами, а также внедрение солнечных энергетических систем может значительно сократить расходы на отопление и кондиционирование в жилых зданиях. Развитие зелёного строительства в Таджикистане также способствует улучшению экологической устойчивости, уменьшению зависимости от ископаемых энергоресурсов и снижению уровня энергетической бедности среди населения.

Рецензент: Хасанов Н.Н. – Доктор архитектуры, профессор кафедры «Архитектуры зданий и сооружений» ППГУ имени академика М.С. Осими.

Литература

1. International Energy Agency (IEA). Buildings – Tracking Clean Energy Progress. – IEA, 2022. – URL: iea.org (дата обращения: 30.05.2025).
2. Узбекова А. «Зелёное» строительство позволит экономить на оплате энергоресурсов // Российская газета – 2024. – 26 февраля. – URL: rg.rurg.ru.
3. New York Passive House. What is Passive House? – NYPH, 2021. – URL: nypassivehouse.org.

4. https://passipedia.org/operation/operation_and_experience/measurement_results/energy_use_measurement_results#:~:text=Fig,an%20three%20Passive%20House%20settlements (дата обращения: 30.05.2025)
5. Liu T. et al. Sustainability Considerations of Green Buildings: A Detailed Overview on Current Advancements and Future Considerations // Sustainability, 2022, 14(21):14393. – DOI: 10.3390/su142114393.
6. Liu Y. et al. Energy-Saving and Ecological Renovation of Existing Urban Buildings in Severe Cold Areas: A Case Study // Sustainability, 2023, 15(17):12985. – DOI: 10.3390/su151712985.
7. Shahee, A., Abdoos, M., Aslani, A. et al. Reducing the energy consumption of buildings by implementing insulation scenarios and using renewable energies. Energy Inform 7, 18 (2024). <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00311-9>
8. World Green Building Council. The Business Case for Green Building – WorldGBC Report, 2013. – URL: worldgbc.org
9. Бузало Н.А., Сафин Д.И. Особенности теплотехнического расчета энергоэффективных зданий // Строительство и архитектура, 2017, Т.5, №2. – С. 91–99.
10. Metropolis Group. Энергоэффективный дом: экономия энергии и денег жильцов. – 2021. – URL: metropolis-group.ru
11. Неупокоев Д.А., Лекомцев Д.А. РАЗВИТИЕ ЗЕЛЕНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ НА ОСНОВЕ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА // Вестник науки №3 (84) том 4. С. 399 - 407. 2025 г. ISSN 2712-8849 // Электронный ресурс: <https://www.вестник-науки.рф/article/21995> (дата обращения: 31.05.2025 г.)

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАЕ-INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Усмонов Шӯҳрат Заурович	Усмонов Шӯҳрат Заурович	Usmonov Shuhrat Zaurovich
Номзади илмҳои техникий	Кандидат технических наук	Candidate of Technical Sciences
Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими дар ш. Хӯҷанд	Политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими в г. Худжанде	Khujand Polytechnic institute of Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: usmonov.shuhrat@gmail.com		