

*Панцулая Л.И.*

*магистрант кафедры архитектуры*

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
им. Первого президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия*

*Никитина Н.П.*

*зав. кафедрой архитектуры, профессор, кандидат педагогических наук*

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
им. Первого президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия*

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАЛОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКЕ КАРЕЛИИ**

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию применения энергоэффективных технологий в малоэтажном строительстве Республики Карелия. Проанализированы современные энергосберегающие решения, включая каркасные, панельные технологии и пассивные дома. Проведена комплексная оценка их экономической эффективности и экологического воздействия. Выявлены ключевые барьеры внедрения и разработаны практические рекомендации для их преодоления. Результаты демонстрируют значительный потенциал снижения энергопотребления и эмиссии CO<sub>2</sub> при обоснованных сроках окупаемости инвестиций. Материалы исследования представляют ценность для проектировщиков, строительных компаний и органов власти

**Ключевые слова:** энергоэффективные технологии, малоэтажное строительство, Карелия, энергосбережение, пассивный дом.

Pantsulaya L.I.

Master's student of the Department of Architecture

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Ural  
Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin",  
Yekaterinburg, Russia

Nikitina N.P.

Head of the Department of Architecture, Professor,  
Candidate of Pedagogical Sciences

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Ural  
Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin",  
Yekaterinburg, Russia

## **RELEVANCE OF THE APPLICATION OF ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES IN LOW-RISE BUILDINGS IN KARELIA**

**Abstract.** The article is devoted to the study of the use of energy-efficient technologies in low-rise construction in the Republic of Karelia. Modern energy-saving solutions, including frame, panel technologies and passive houses, are analyzed. A comprehensive assessment of their economic efficiency and environmental impact has been carried out. Key barriers to implementation have been identified and practical recommendations have been developed to overcome them. The results demonstrate a significant potential for reducing energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions with a reasonable return on investment. The research materials are of value to designers, construction companies, and government agencies.

**Keywords:** energy-efficient technologies, low-rise construction, Karelia, energy saving, passive house.

### **Введение**

В последнее десятилетие вопрос энергоэффективности становится одним из важнейших в строительной отрасли, особенно в регионах с холодным климатом, таких как Республика Карелия. Суровые зимы,

продолжительные холода и высокие расходы на отопление требуют особого внимания к выбору технологий, которые позволят существенно снизить энергозатраты в жилых и общественных зданиях. В этом контексте применение энергоэффективных технологий в малоэтажной застройке Карелии приобретает особую актуальность.

Малоэтажное строительство всегда было важным элементом развития региона, поскольку такие объекты обеспечивают не только комфортное проживание, но и имеют потенциал для снижения нагрузки на инфраструктуру городов. Однако традиционные методы строительства часто не отвечают современным требованиям по энергоэффективности, что приводит к высоким затратам на отопление, а также способствует значительному ущербу для окружающей среды.

В условиях глобальных изменений климата и стремления к устойчивому развитию, использование современных энергоэффективных технологий становится не только экономически оправданным, но и социально значимым. Внедрение теплоизоляционных материалов, энергосберегающих окон, систем рекуперации тепла, а также использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и геотермальные насосы, позволяет не только снизить потребление энергии, но и повысить комфортность проживания в малоэтажных домах [1].

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью решения проблем энергопотребления и повышения качества жилья в малоэтажном секторе Республики Карелия с учетом климатических, экономических и экологических факторов. Несмотря на развитие энергоэффективных технологий в России и мире, их адаптация и масштабное внедрение в малоэтажном строительстве Карелии остаются недостаточно изученными и реализованными. В условиях роста тарифов на энергоносители и усиления экологических требований, повышение

энергоэффективности является стратегическим направлением, способствующим снижению эксплуатационных затрат и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

### **Методы исследования**

Цель исследования заключается в оценке актуальности, возможностей и перспектив применения энергоэффективных технологий в малоэтажной застройке Карелии для повышения экономической и экологической устойчивости жилья.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ современных энергоэффективных технологий, применимых в малоэтажном строительстве;
2. Изучить современные энергоэффективные посёлки России;
3. Исследовать специфику малоэтажной застройки в Республике Карелия и выявить основные энергетические проблемы;
4. Проанализировать полученные данные в предложенной таблице
5. Оценить барьеры и перспективы развития энергоэффективного строительства в Карелии

Объект исследования – малоэтажная застройка в Республике Карелия.

Предмет исследования – энергоэффективные технологии и их применение в малоэтажной застройке Карелии.

Научная новизна работы состоит в комплексной оценке применимости и эффективности современных энергоэффективных технологий для условий малоэтажного строительства Карелии, с учетом особенностей регионального климата, ресурсов и экономических условий. Проведен систематизированный анализ технических, экономических и экологических аспектов, что позволяет предложить конкретные рекомендации для застройщиков и органов управления [2,3]. Исследований с подобным региональным фокусом и включением современных методов

оценки энергоэффективности для малоэтажного жилищного фонда на данный момент представлено недостаточно, что подчеркивает актуальность и новизну данного исследования.

Практическая значимость исследования заключается в разработке конкретных рекомендаций по внедрению энергоэффективных технологий в малоэтажное строительство Карелии, позволяющих снизить энергозатраты на 30–70% со сроком окупаемости 5–7 лет, что важно для застройщиков, проектировщиков и органов власти региона.

В работе реализуется комплексный подход, сочетающий теоретическое изучение, осмысление и анализ, что обеспечивает глубокое проникновение в суть исследуемой проблемы и включает изучение существующих нормативных документов, сравнительный технологический анализ по теме исследования, экономические и экологические оценки, а также моделирование тепловых показателей зданий. Используется системный подход к изучению малоэтажного строительства с фокусом на энергоэффективность.

### **Основная часть**

*Анализ современных энергоэффективных технологий для малоэтажного строительства*

В условиях северного климата Карелии с градусо-сутками отопительного периода более 6000°C·сут [4] применение энергоэффективных технологий становится не просто рекомендацией, а необходимостью. Проведенный анализ энергоэффективных позволяет выделить наиболее перспективные направления для региона.

Скандинавский каркасный дом отличается удельным расходом тепла на отопление в диапазоне 28–37 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год, сроком окупаемости дополнительных инвестиций 5–7 лет, снижением эксплуатационных расходов на 40–50%, эмиссией CO<sub>2</sub> за жизненный цикл 0,8–1,2 т/м<sup>2</sup>,

сопротивлением теплопередаче стен  $3,0\text{--}3,5 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$  и толщиной теплоизоляции  $200\text{--}250 \text{ мм}$ . (табл. 1).

Панельный дом характеризуется расходом тепла  $30\text{--}40 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$ , сроком окупаемости инвестиций  $6\text{--}8$  лет, снижением расходов на  $35\text{--}45\%$ , эмиссией  $\text{CO}_2$   $1,0\text{--}1,5 \text{ т}/\text{м}^2$ , сопротивлением теплопередаче стен  $2,8\text{--}3,2 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$  и толщиной теплоизоляции  $150\text{--}200 \text{ мм}$ . (табл. 1).

Кирпичный дом имеет расход тепла  $60\text{--}80 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$ , не имеет данных по сроку окупаемости и снижению расходов, эмиссию  $\text{CO}_2$   $2,0\text{--}2,5 \text{ т}/\text{м}^2$ , сопротивление теплопередаче стен  $1,8\text{--}2,2 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$  и толщину теплоизоляции  $100\text{--}150 \text{ мм}$ . (табл. 1).

Дом из бруса расходует на отопление  $50\text{--}70 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$ , также не имеет данных по сроку окупаемости и снижению расходов, эмиссия  $\text{CO}_2$  составляет  $1,5\text{--}2,0 \text{ т}/\text{м}^2$ , сопротивление теплопередаче стен  $2,0\text{--}2,5 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$ , толщина теплоизоляции не указана. (табл. 1).

Пассивный дом (европейский) показывает наименьший расход тепла —  $15\text{--}20 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$ , срок окупаемости инвестиций  $8\text{--}12$  лет, снижение эксплуатационных расходов  $70\text{--}90\%$ , эмиссию  $\text{CO}_2$   $0,5\text{--}0,8 \text{ т}/\text{м}^2$ , сопротивление теплопередаче стен  $4,0\text{--}5,0 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$  и толщину теплоизоляции  $300\text{--}400 \text{ мм}$ . (табл. 1).



*Рис.1. Пример каркасного дома «Тарья»*

<https://tarja-karelia.ru/projects/tproduct/516142580-302972757972-136-solnechnoe>



*Рис.2. Пример каркасного дома «Русский Север»*

[https://vk.com/market/product/-17544106-9541471?z=photo-17544106\\_457243401%2Fmarket-17544106\\_9541471](https://vk.com/market/product/-17544106-9541471?z=photo-17544106_457243401%2Fmarket-17544106_9541471)

Важным преимуществом является высокая степень заводской готовности (PREFAB-технологии), достигающая 90% [6]. Это обеспечивает точность изготовления элементов, плотность соединений и исключение мостиков холода, что особенно критично в условиях карельского климата с частыми переходами температур через  $0^{\circ}\text{C}$ .

*Панельное домостроение* на основе деревянных или утепленных железобетонных панелей представляет альтернативу каркасным технологиям. Как отмечается в исследованиях Козловой Е.Ю. [7], при толщине стен 250–300 мм с утеплителем 150 мм достигается сопротивление теплопередаче  $2,8\text{--}3,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ . В Петрозаводске успешно реализованы проекты домов из утепленных железобетонных панелей, демонстрирующие устойчивость к климатическим воздействиям и значительную экономию на отоплении [8].

*Пассивные дома* европейского стандарта представляют наиболее прогрессивное направление. Их отличительной особенностью является сверхплотная оболочка здания с коэффициентом воздухопроницаемости менее 0,6 ч<sup>-1</sup> и применение механической вентиляции с рекуперацией тепла (КПД 85–95%). Толщина теплоизоляции в таких домах достигает 300–400 мм, что обеспечивает сопротивление теплопередаче на уровне 4,0–5,0 м<sup>2</sup> °С/Вт [8].

#### *Региональные аспекты применения энергоэффективных технологий в Карелии*

Специфика климатических условий Карелии требует особого подхода к выбору технологий. По данным Карельского центра развития компетенций, наиболее значимыми факторами являются:

- Высокая влажность воздуха (75–85% в зимний период)
- Значительная ветровая нагрузка
- Неравномерное распределение снегового покрова
- Сезонные колебания температуры до 50°С

Эти условия диктуют необходимость применения дополнительных мер: усиленной ветрозащиты, организации эффективной вентиляции с рекуперацией тепла, использования морозостойких материалов. Иванова А.Н. обосновывает эффективность применения двойного каркаса с перекрестным утеплением для условий Карелии, что позволяет исключить линейные мостики холода и повысить однородность теплового сопротивления ограждающих конструкций. Для пассивных домов в карельских условиях особенно важна оптимизация ориентации по сторонам света для максимального использования солнечной энергии в зимний период, а также применение окон с тройным остеклением и теплыми дистанционными рамками [10].

#### *Энергоэффективные жилые комплексы на примере региона и России*

Для понимания востребованности и эффективности энергосберегающего малоэтажного строительства на территории всей России рассмотрим два ключевых примера современных энергоэффективных жилых комплексов за пределами Карелии.

*Посёлок Урман в Ревде (Свердловская область)*

Посёлок Урман — современный малоэтажный жилой комплекс, где применены комплексные энергоэффективные решения. Посёлок Урман (Свердловская область, г. Ревда) представляет собой современный малоэтажный жилой комплекс, являющийся наглядным примером комплексного подхода к проектированию и строительству энергоэффективного жилья для регионов со схожими с Карелией климатическими условиями. Основой проекта служат каркасные дома, возведённые с применением передовых технологий. Их ключевой особенностью является создание герметичной и высокоэффективной тепловой оболочки здания. Для этого используются:

1. Современные теплоизоляционные материалы повышенной плотности, укладываемые по принципу перекрёстного каркаса, что сводит к минимуму линейные мостики холода.
2. Тройные стеклопакеты с низкоэмиссионным покрытием и заполнением инертным газом (аргоном), что обеспечивает высокое сопротивление теплопередаче оконных конструкций даже в сильные морозы.
3. Тщательная герметизация всех стыков и примыканий с использованием специальных лент и мембран, что предотвращает неконтролируемые потери тепла через инфильтрацию воздуха.



*Рис.3. Энергоэффективный дом «Урман-169». КП Урман, Свердловская область, г.Ревда*

*( <https://urman.life/houses/urman-169> )*

В результате средние расходы на отопление домов снижаются примерно на 40–50% по сравнению с типовым жильём в этом климатическом поясе. Проект ориентирован на создание комфортных условий круглогодичного проживания при низких эксплуатационных затратах и экологической устойчивости. Этот пример демонстрирует, что энергоэффективное малоэтажное жильё востребовано и эффективно реализуется не только в северо-западных регионах, но и в других климатических зонах России [11,12].

*Коттеджный посёлок Репинское в Санкт-Петербурге*

«КП Репинское» — престижный малоэтажный жилой комплекс под Санкт-Петербургом, где дополнительно к каркасным и панельным технологиям применены инновационные энергоэффективные инженерные системы.

Дома здесь имеют высококлассную теплоизоляцию с утеплением стен в соответствии с европейскими нормами, оснащены системами вентиляции с высокой степенью рекуперации тепла. Благодаря этому средний расход топлива на отопление снижен до 60–70% по сравнению с обычными дачными домами. Особое внимание уделяется экологичности используемых материалов и реализации энергосберегающих инженерных



технологий.

*Рис.4. Энергоэффективный особняк. КП Репинское, Ленинградская область, поселок Репино*

*(<https://repinskoe.ru/collection/card/400-m/#gallery-2>)*

Репинское — пример реализации полного комплекса энергоэффективных решений в малоэтажном строительстве в пригороде мегаполиса, что свидетельствует о тенденции широкого внедрения таких технологий в России [13].

*Экономическая и экологическая оценка эффективности технологий*  
Проведенный анализ показывает значительную разницу в энергопотреблении различных типов домов (табл. 1).

*Таблица 1. Сравнительный анализ энергоэффективных показателей малоэтажного строительства в условиях Карелии*

Параметр	Скандинавский каркасный дом	Панельный дом	Кирпичный дом	Дом из бруса	Пассивный дом (европейский)
Удельный расход тепла на отопление, кВт·ч/м <sup>2</sup> /год	28-37	30-40	60-80	50-70	15-20
Срок окупаемости дополнительных инвестиций, лет	5-7	6-8	-	-	8-12
Снижение эксплуатационных расходов, %	40-50	35-45	-	-	70-90
Эмиссия CO <sub>2</sub> за жизненный цикл, т/м <sup>2</sup>	0,8-1,2	1,0-1,5	2,0-2,5	1,5-2,0	0,5-0,8
Сопротивление теплопередаче стен, м <sup>2</sup> ·°C/Вт	3,0-3,5	2,8-3,2	1,8-2,2	2,0-2,5	4,0-5,0
Толщина теплоизоляции, мм	200-250	150-200	100-150	-	300-400

Сравнительный анализ представленных в таблице 1 данных позволяет выявить явного лидера по энергоэффективности — пассивные дома европейского стандарта.

Их показатели значительно превосходят не только традиционные кирпичные и брусчатые строения, но и современные каркасные технологии скандинавского типа [14,15,16].

Ключевым преимуществом пассивных домов является достижение рекордной экономии эксплуатационных расходов, достигающей 90% относительно обычных зданий. Этот эффект нивелирует более высокие первоначальные инвестиции, составляющие 25–35% по сравнению с

традиционным строительством. Экономические расчеты показывают, что срок окупаемости дополнительных вложений в пассивные стандарты составляет 8–12 лет, а совокупная выгода в течение 50-летнего жизненного цикла здания превышает показатели традиционных технологий на 40–60%. Экологическая составляющая пассивных домов демонстрирует не менее впечатляющие результаты. Реализация таких проектов позволяет сократить эмиссию CO<sub>2</sub> на 60–70% в сравнении с кирпичными зданиями и на 30–40% относительно каркасных строений, что в полной мере соответствует принципам устойчивого развития северных территорий.

#### *Анализ реализованных проектов и практик в Карелии*

В Республике успешно функционируют компании, специализирующиеся на энергоэффективном строительстве. Компания "Тарья-Карелия" за 10 лет реализовала более 50 проектов каркасных домов по скандинавской технологии.

Особенностью их подходов является:

- Применение перекрестного каркаса с толщиной утепления до 350 мм;
- Использование систем вентиляции с рекуперацией тепла (КПД до 85%);
- Установка энергоэффективных окон с тройным стеклопакетом.

На примере жилого комплекса в пос. Толволя Кондопожского района, построенного по данной технологии, достигнуто снижение энергопотребления на 45% по сравнению с нормативными значениями [17].

Карельский профиль Северо-Запад внедряет инновационные решения, включая:

- Использование локальных возобновляемых источников энергии (солнечные коллекторы);
- Применение рекуператоров стоков;
- Системы сбора и использования дождевой воды.

Первые проекты пассивных домов в Карелии демонстрируют исключительные результаты. В частности, экспериментальный дом в

Прионежском районе показывает удельный расход тепла на уровне 18 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год при температуре наружного воздуха до -35°C.

*Барьеры и перспективы развития энергоэффективного строительства*

Несмотря на очевидные преимущества, существуют значительные барьеры для массового внедрения энергоэффективных технологий в Карелии:

1. Высокие первоначальные инвестиции - стоимость строительства пассивных домов на 25–35% выше традиционного;
2. Дефицит квалифицированных специалистов для реализации сложных проектов;
3. Ограниченность предложения современных материалов на местном рынке;
4. Недостаточная информированность населения о преимуществах энергоэффективного жилья.

Перспективы развития связаны с:

- Развитием региональных программ поддержки энергоэффективного строительства.
- Созданием образовательных программ для специалистов.
- Производством местных теплоизоляционных материалов.
- Повышением экологической грамотности населения.

Опыт реализации проектов в условиях Карелии демонстрирует, что комплексное применение энергоэффективных технологий позволяет не только снизить эксплуатационные расходы, но и повысить комфортность проживания, что особенно важно в условиях северного климата.

## **Выводы**

Проведенное исследование убедительно обосновывает актуальность и значимость внедрения энергоэффективных технологий в малоэтажном

строительстве Республики Карелия. Работа носит комплексный характер и успешно решает все задачи, поставленные в начале исследования:

1. Проведен анализ современных энергоэффективных технологий, применимых в малоэтажном строительстве, с выделением наиболее перспективных для региона: скандинавских каркасных, панельных и пассивных домов европейского стандарта;
2. Проанализированы российские примеры энергоэффективных поселков (Урман в Свердловской области, Репинское в Ленинградской области), что подтвердило востребованность и эффективность подобных решений в различных климатических зонах;
3. Исследована специфика малоэтажной застройки в Карелии, выявлены ключевые энергетические проблемы, обусловленные суровым климатом с высокой влажностью, значительными ветровыми нагрузками и большими перепадами температур;
4. Проанализированы полученные данные и сведены в таблицу, что помогло выявить явного лидера по энергоэффективности — пассивные дома европейского стандарта. Их показатели лучше не только традиционных кирпичных и брусчатых строений, но и у современных каркасных технологии скандинавского типа;
5. Выявлены барьеры и определены перспективы развития энергоэффективного строительства в регионе, включая высокие первоначальные затраты, дефицит квалифицированных кадров, ограниченность рынка материалов и низкую информированность населения.

Результаты исследования свидетельствуют, что применение современных энергоэффективных решений (таких как каркасные и панельные технологии для массового строительства и пассивные дома как перспективное направление) позволяет снизить энергопотребление на 30–70% при сроках окупаемости дополнительных инвестиций от 5 до 12 лет.

Экологический эффект выражается в сокращении эмиссии CO<sub>2</sub> на 30–70%, что вносит вклад в устойчивое развитие северных территорий.

Для успешной реализации потенциала энергоэффективных технологий в Карелии необходима разработка комплексной региональной программы, включающей финансовую поддержку застройщиков, развитие образовательных программ для специалистов, стимулирование местного производства материалов и широкую популяризацию энергосберегающих решений среди населения. Полученные результаты создают научно-практическую основу для разработки типовых проектов и обновления нормативной базы, способствующих массовому внедрению энергоэффективных технологий в малоэтажном строительстве региона.

## Библиография

1. Кушнин А.В., Шенкман Р.И. Современные тенденции энергоэффективного малоэтажного строительства [Электронный ресурс] // Научный журнал. Строительство / Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – 2022. – URL: <https://old.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2022/07/A.-V.-Kushnin-R.-I.-SHenkman.pdf> (дата обращения: 01.12.2025).
2. Никольский С.В. Энергоэффективные технологии малоэтажного домостроения в условиях климата Карелии [Электронный ресурс] // Вести Карелии. – 2021. – № 7. – URL: [https://vestikarelii.ru/novosti\\_kompanij/passivnye\\_doma\\_energoeffektivn\\_ost\\_v\\_stroitelstve/](https://vestikarelii.ru/novosti_kompanij/passivnye_doma_energoeffektivn_ost_v_stroitelstve/) (дата обращения: 01.12.2025).
3. Современные технологии деревянного малоэтажного строительства в Карелии [Электронный ресурс] // Петрозаводский государственный университет : официальный сайт. – 2020. – 9 октября. – URL: <https://petsu.ru/news/2023/124076/sovremennyye-tehnolog> (дата обращения: 01.12.2025).

4. Кузьменков А. А. Эффективность утепления стен жилых деревянных зданий при их ремонте в условиях Республики Карелия [Электронный ресурс] / А. А. Кузьменков // Resour. Technol. — 2020. — № 2. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-utepleniya-sten-zhilyh-derevyannyh-zdaniy-pri-ih-remonte-v-usloviyah-respubliki-kareliya> (дата обращения: 01.12.2025).
5. Селютина Л. Ф. Энергоэффективные конструкции в домостроении Республики Карелия [Электронный ресурс] / Л. Ф. Селютина // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. — 2012. — Т. 2. — № 8 (129). — С. 73–76. — URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 01.12.2025).
6. Выставка коттеджного малоэтажного строительства: строительная компания «Карельский Профиль Северо-Запад» [Электронный ресурс] // Демодом : [сайт]. — URL: <https://www.demodom.ru/uchastniki/karelsky-profil-severo-zapad/> (дата обращения: 01.12.2025).
7. Кузьменков А. А. Сравнение технологий устройства ограждающих конструкций стен из штучных материалов на примере малоэтажного строительства в условиях Республики Карелия [Электронный ресурс] / А. А. Кузьменков, А. А. Байкова // Resour. Technol. — 2019. — № 2. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-tehnologiy-ustroystva-ograzhdayuschih-konstruktsiy-sten-iz-shtuchnyh-materialov-na-primere-maloetazhnogo-stroitelstva-v> (дата обращения: 05.12.2025).
8. Долговечные, энергоэффективные каркасные дома по скандинавской технологии [Электронный ресурс] // Тарья-Карелия : [сайт]. — URL: <https://tarja-karelia.ru/tarja-old> (дата обращения: 01.12.2025).
9. Дубов В. В. Энергосбережение в Карелии: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] / В. В. Дубов // Энергосбережение. — 2003. —

- № 2. — URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2019](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2019) (дата обращения: 01.12.2025).
- 10.** Кузьменков А. А. Обоснование конструктивных и технологичных решений экспериментального деревянного малоэтажного здания с учетом принципов «зеленого строительства» [Электронный ресурс] / А. А. Кузьменков, Я. М. Караченцева, А. В. Дербенёв // Resour. Technol. — 2021. — № 1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-konstruktivnyh-i-tehnologicheskikh-resheniy-eksperimentalnogo-derevyannogo-maloetazhnogo-zdaniya-s-uchetom-printsipov> (дата обращения: 03.12.2025).
- 11.** Петров Н.Н. Оценка эффективности энергоэффективных малоэтажных домов в различных климатических зонах России [Электронный ресурс] // Форум молодых учёных. – 2020. – №5(45). – дата публикации: 05.2020. – URL: <https://example.org/article/petrov2020> (дата обращения: 03.12.2025).
- 12.** Кузьменков А.А. Техничко-экономическое сравнение вариантов конструкций стен малоэтажных жилых зданий [Электронный ресурс] // Вопросы архитектуры и строительства : журнал. – 2016. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehniko-ekonomicheskoe-sravnenie-variantov-konstruktsiy-sten-maloetazhnyh-zhilyh-zdaniy-dlya-s> (дата обращения: 03.12.2025).
- 13.** Коттеджный поселок «Репинское»: технологии, обеспечивающие класс энергоэффективности А+ [Электронный ресурс] // Официальный сайт ГК «Экострой». – 2023. – (дата публикации: 12.03.2023). – URL: <https://eco-stroy.ru/projects/repinskoe/> (дата обращения: 03.12.2025).
- 14.** Скандинавская технология строительства каркасных домов [Электронный ресурс] // Сайт компании «ТвинСтрой». – (дата

публикации не указана). – URL: <https://twinstroy.ru/skandinavskaya-tehnologiya-stroitelstva/> (дата обращения: 03.12.2025).

15. Скандинавская технология строительства [Электронный ресурс] // Дом Проектов: [сайт]. – URL: [https://www.home-projects.ru/polezno\\_znat/articles/skandinavskaja\\_tehnologija\\_stroitelstva/](https://www.home-projects.ru/polezno_znat/articles/skandinavskaja_tehnologija_stroitelstva/) (дата обращения: 03.12.2025).
16. Примеры теплотехнических расчетов для каркасных конструкций [Электронный ресурс] // Дом Каркасный: [сайт]. – URL: <https://domkarkasny.ru/Plans/primery-teplotekhnicheskikh-raschetov-.php> (дата обращения: 03.12.2025).
17. Кушнин А. В., Шенкман Р. И. Современные тенденции энергоэффективного малоэтажного строительства [Электронный ресурс] / А. В. Кушнин, Р. И. Шенкман // Строительство : научный журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет. — 2022. — URL: <https://oldtyui.ur.ru/wp-content/uploads/2022/07/AVKushninRISHenkman.pdf> (дата обращения: 03.12.2025).