

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ / ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2022.30.6.001>

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CLT-ПАНЕЛЕЙ В ЖИЛОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ДЛЯ УСЛОВИЙ САЛЕХАРДА**

Научная статья

Осетрина Д.А.^{1*}, Якуненкова М.С.²

¹ ORCID: 0000-0001-9378-1739;

² ORCID: 0000-0002-2551-8522;

^{1,2} Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (darya.osetrina[at]inbox.ru)

Аннотация

В статье проанализирована возможность применения CLT-панелей для жилой застройки города Салехарда. Рассмотрены примеры жилой застройки из CLT-панелей в Норвегии, Швеции, Финляндии, России, определены основные характеристики архитектурных решений. Проведен анализ соответствия материала потребностям городов Крайнего Севера. Дан сравнительный анализ технических характеристик наиболее популярных стеновых конструкций города Салехарда с CLT-панелями с целью определения соответствия материала природно-климатическим требованиям. На основе сравнения выявлены положительные аспекты применения материала в городах арктического региона. В соответствии с техническими ограничениями транспортировки определены возможные габаритные характеристики модулей для квартир. В статье представлен проектный пример адаптивной системы модулей и варианты их применения для разных схем секций многоквартирного жилья.

Ключевые слова: CLT-панель, жилая застройка, модульное строительство, Арктика.

A POSSIBILITY OF USING CLT PANELS IN RESIDENTIAL CONSTRUCTION FOR SALEKHARD

Research article

Osetrina D.A.^{1*}, Yakunenkova M.S.²

¹ ORCID: 0000-0001-9378-1739;

² ORCID: 0000-0002-2551-8522;

^{1,2} Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (darya.osetrina[at]inbox.ru)

Abstract

The article analyzes the possibility of using CLT panels for residential construction in Salekhard. Examples of residential buildings made of CLT panels in Norway, Sweden, Finland, Russia are reviewed, the main characteristics of architectural solutions are established. An analysis of the compliance of the material with the needs of the cities of the Far North is carried out. A comparative analysis of the technical characteristics of the most popular wall structures of Salekhard with CLT panels is presented in order to determine the compliance of the material with natural and climatic requirements. Based on the comparison, the positive aspects of the use of the material in the cities of the Arctic region are revealed. In accordance with the technical limitations of transportation, the possible overall characteristics of modules for apartments are established. The article presents a design example of an adaptive system of modules and their applications for different schemes of sections of multi-apartment housing.

Keywords: CLT panel, residential construction, modular construction, the Arctic.

Введение

Значимость Арктического региона для Российской Федерации велика, поскольку она обладает обширным ресурсным потенциалом. Тем не менее, для освоения территории и реализации его потенциала необходимо создание комфортабельной жилой среды для жителей развивающийся городов за полярным кругом [1]. Одним из таких городов является Салехард, претендующий на звание столицы Арктики [2]. Исторический опыт жилого строительства Салехарда в большей мере представлен застройкой панельными домами, поскольку в советский период уделялось большое внимание освоению Крайнего Севера с целью разведывания и разработки месторождений, что требовало быстрого освоения и заселения территорий [3]. Сегодня программой развития Салехарда определены ограничения высотных характеристик жилой застройки до 18-20 м с целью сохранения исторического контекста города [2]. Новые программы и темпы освоения территории диктуют поиск использования новых строительных материалов.

Рассмотренный в статье современный опыт строительства жилья в Швеции, Финляндии, Норвегии определяет использование инновационных материалов, обладающих свойствами экологичности и энергоэффективности. Данные

системы определяют сохранение экологии застраиваемых территорий. Но несмотря на то, что CLT-панели получили широкое распространение во многих европейских странах, в отечественном строительстве данный материал применяется редко.

Основные результаты

Салехард – столица Ямало-ненецкого автономного округа, единственный город, расположенный на границе полярного круга. На данный момент, в Салехарде отмечается активное развитие и высокие темпы застройки города, однако это имеет негативные воздействия на экологию хрупкой арктической природы.

За последние несколько лет было замечено значительное увеличение глубины оттаивания вечной мерзлоты [4]. Этот процесс негативно влияет на мировую экологию и состояние атмосферного слоя. Также на локальном уровне процессы оттаивания лишают грунты несущей способности, приводят к разрушению зданий. Во многом эти процессы обусловлены активной застройкой многоэтажными жилыми домами, которые оказывают дополнительные нагрузки на вечномёрзлые грунты. Следовательно, сегодня необходимо совершенствование технологий строительства для Арктической зоны позволяющее снизить нагрузку строительных конструкций и стабилизировать ситуацию состояния грунтов [5].

Одним из способов решением проблемы может стать применение технологии, ранее ещё не получившее широкого распространения в Российской Федерации, — такой как применение CLT-панелей. Cross Laminated Timber (CLT, X-Lam) в переводе с английского — поперечная клееная древесина [6]. CLT панель – это строительный материал, который применяется для стеновых конструкций зданий и сооружений. В проекте такие стены могут выполнять несущую функцию (при строительстве до 5 этажей), так и самонесущую в купе с каркасом, который так же может быть выполнен из клееной древесины (при строительстве до 9 этажей) [6].

По всему миру имеется немало примеров многоэтажных зданий, построенных полностью с применением CLT-панелей. Помимо того, что этот материал применяется в каркасной системе (*Kajstaden Tall Timber Building*, 2019, Швеция (9 этажей, построен по каркасной из клееной древесины, заполнение из CLT-панелей); *Cree LCT (Life Cycle Tower) One*, Австрия, 2012 (7 этажей, для проекта с помощью BIM-технологий была разработана уникальная система, когда при монтаже здания к сборному каркасу здания из древесины уже были прикреплены фасадные панели, что позволило возвести здание за кратчайшие сроки)), но и для формирования модулей (*Treet Bergen*, 2015, Норвегия (14 этажей, гибридное применение каркаса из клееной древесины и модулей из CLT-панелей, размер модулей 4-4,5м на 9м); *Puukuokka Housing Block*, 2015, Финляндия (5-7 этажей, построен по модульной системе, опирание модулей осуществляется на внутренние несущие стены общего коридора, модули подразделяются на жилой модуль, включающий спальни и гостиные и мокрый модуль, включающий ванны, туалеты и кухни; размеры модулей: жилой модуль 2,1м на 6-7,5м и мокрый модуль 3м на 6-7,5м) (Рисунок 1.)). На территории Российской Федерации пилотным проектом стал жилой комплекс в городе Сокол [4] Вологодской области, который был представлен компанией «Segezha Group» на XXVI Международном лесном форуме «Российский лес» в декабре 2021. (Рисунок 2.) Речь идет о двух четырехэтажных домах. Их общая площадь — 3,5 тыс. кв. м, высота зданий — 15 м.



Рис. 1 – Жилой комплекс *Puukuokka Housing Block*, построенный с применением CLT-панелей
Примечание: фото с сайта <https://archi.ru/projects/world/9009/zhiloi-kompleks-puukuokka>



Рис. 2 – Жилой комплекс в городе Сокол, Вологодской области, построенные с применением CLT-панелей
Примечание: фото с сайта <https://clck.ru/32iW8e>

Таким образом, можно выявить основные характеристики архитектурных решений жилых комплексов из CLT-панелей:

- Типология. Применение CLT-панелей возможно как для малоэтажной индивидуальной застройки, так и для малоэтажной и среднеэтажной жилой многоквартирной секционной застройки (до 9 этажей).
- Вариативность. Несмотря на то, что жилые комплексы сформированы одинаковыми по размеру блоками, они могут объединяться разными способами, создавая большую вариативность квартир для разных типов семей.
- Конструктивные особенности. Наружная отделка выполняется из деревянных панелей, а несущий каркас из железобетона.
- Экологичность. Для создания CLT-панелей применяется сертифицированная древесина, которая является возобновляемым ресурсом. Применение полносборных элементов сокращает количество строительных отходов.

Отсутствие до недавнего времени реализованных проектов с применением CLT-технологий в России обусловлено неполнотой нормативной базы, а также требованием к возведению здания из древесины, где поверхность древесины как внутри, так и снаружи должна быть покрыта противопожарными материалами. Однако 24 января 2022 вступило в силу Изменение N 3 к СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» [8], позволяющее использовать открытые CLT-панели для возведения многоэтажных жилых зданий.

Чтобы определить, подходят ли CLT-панели для применения материалов ограждающих стеновых конструкций в условиях крайнего севера, был проведен сравнительный анализ по основным техническим параметрам с наиболее распространёнными стеновыми конструкциями города Салехарда. В Салехарде среди существующей застройки чаще всего встречаются два типа стеновых конструкций: железобетонные трехслойные панели советского периода и более современные многослойные системы на основе железобетона с вентилируемым фасадом. В учет не берутся стеновые конструкции деревянный домов барачного типа, поскольку они признаны аварийными, и в городе ведется активный снос этого типа зданий [9].

Для сводной таблицы были рассмотрены две стеновые конструкции: трехслойная железобетонная стеновая панель [10] с теплоизоляционным слоем из минераловатного утеплителя 250 мм, железобетонная стена [11] толщиной 250 мм с утеплителем из минераловатных плит толщиной 200 мм, ветрозащитной мембраны, вентилируемого зазора в 50 мм и наружной отделки.

Таблица 1 – Сравнения технических параметров стеновых конструкций

Показатель	Трехслойные железобетонные стеновые панели [10]	Железобетон с вентилируемым фасадом [11]	Панель CLT [4]
Теплопроводность, Вт/мК	0,45	0,28	0,13
Теплоемкость, кДж/кг	1,6	1,4	2,1
Плотность, кг/м ³	2200	1840	480-500
Огнестойкость, мин	60	60	60-90
Скорость возведения	средняя	низкая	высокая
Экологичность (воздействие на грунт и возможность утилизации)	нет	нет	да

Согласно проведенному сравнению (смотри таблицу 1), для условий строительства в Арктике CLT-панели обладают такими необходимыми характеристиками, как:

- низкий вес конструкций (применение такого типа конструкций сократит нагрузки на вечномёрзлые грунты);
- высокая скорость возведения зданий (в Салехарде строительный сезон крайне ограничен, поскольку до 200 дней в году сохраняется снеговой покров [12]);
- экологичность (арктические зоны имеют хрупкие экологические системы и служат домом для вымирающих животных).
- высокие теплотехнические характеристики (позволит сохранить комфортную температуру внутри здания даже в самые холодные периоды года).

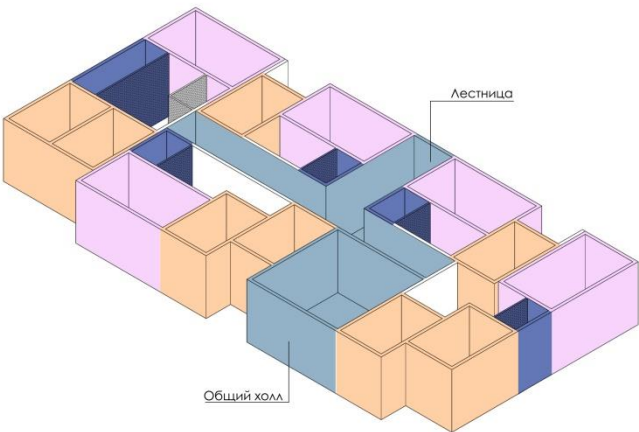
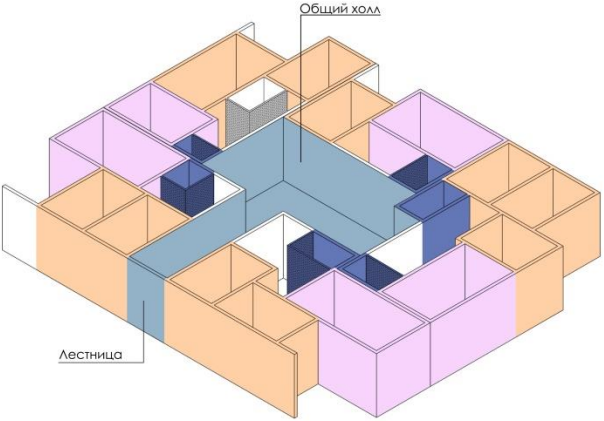
По огнестойкости CLT-панели обладают большим потенциалом, поскольку в случае пожара материал не горит, а постепенного обугливается слоями, что позволяет долгое время сохранять несущую способность конструкций [6].

На основе рассмотренного опыта проектирования жилых зданий с применением CLT-панелей определена система, которая максимально адаптивна для условий размещения и быстра в возведении – это модульная система для формирования жилых ячеек и каркасная система для несущих конструкций и встроенных обслуживающих общественных помещений (продовольственных и непродовольственных магазинов, предприятий питания, общих зон отдыха и досуга).

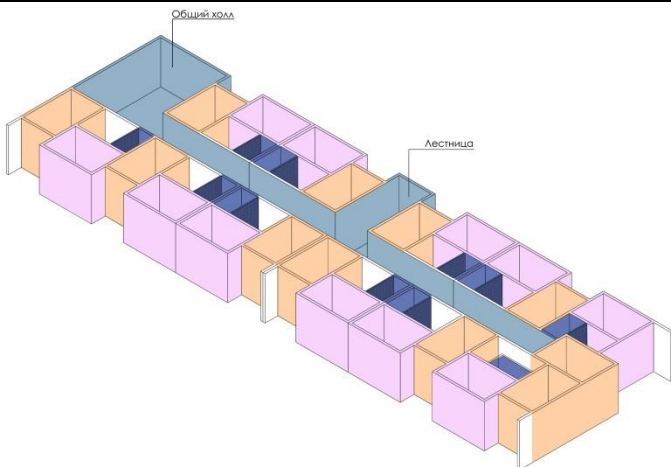
Габаритные размеры панелей определяются производителями [6], утеплённые панели в длину достигают 9 метров, ширина – от 3 до 3,6 м. Для разработки жилой единицы за основу были взяты планировки современных жилых квартир. Поскольку модульное строительство предполагает ограниченное количество типов модулей, то для разработки проектной системы было решено взять 3 типа модулей: жилой модуль (габаритные размеры 3,5 м на 4,5 м), модуль кухни (габаритные размеры 3 м на 4,5) и модуль кухни-гостиной (габаритные размеры 3,5 на 6 м). Высота модульных помещений составляет 2,7 м. Для санитарных узлов возможно применение готовых бетонных санитарно-технические кабин, габаритных размеров 1,6 м на 2,75 м.

За счет разнообразного комбинирования (Таблица 2) этих модулей с включением остекленных лоджий можно разработать разные по внешнему облику типы жилых домов.

Таблица 2 – Варианты использования блоков CLT-панелей для проектирования жилых секций

№	Схема	Типоразмеры блоков CLT-панелей	Квартирография
1	 <p>Многосекционный дом</p>	<p>Модуль кухни-гостиной 3,5 x 6,0</p> <p>Жилой модуль 3,0 x 4,5</p> <p>Модуль кладовой 1,6 x 2,0</p>	<p>5 квартир на этаже: 2 однокомнатных квартир, площадью 51 кв.м</p> <p>2 двухкомнатных квартир, площадью</p> <p>1 трехкомнатная квартира, площадью 86 кв.м</p>
2	 <p>Точечный дом</p>	<p>Модуль кухни-гостиной 3,5 x 6,0</p> <p>Жилой модуль 3,0 x 4,5</p> <p>Модуль кладовой 1,6 x 2,0</p>	<p>5 квартир на этаже: 1 однокомнатная квартира, площадью 51 кв.м</p> <p>3 двухкомнатных квартиры, площадью 72-76 кв.м</p> <p>1 трехкомнатные квартиры, площадью 89 кв.м</p>

Окончание таблицы 2 – Варианты использования блоков CLT-панелей для проектирования жилых секций

№	Схема	Типоразмеры блоков CLT- панелей	Квартирография
3	 <p style="text-align: center;">Апартаменты</p>	Модуль кухни 3,0 x 4,5 Жилой модуль 3,0 x 4,5	11 квартир на этаже: 10 однокомнатных апартаментов площадью 40 кв.м; 1 двухкомнатные апартаменты площадью 53 кв.м

Примечание: ■ – жилой модуль; ■ – модуль сан.тах. кабин; ■ – модуль кухни-гостиной; ■ – холл общего пользования

Заключение

Таким образом, модульное строительство из CLT-панелей имеет высокий потенциал использования в условиях Крайнего Севера, поскольку обладают множеством достоинств, такими как: низкий вес конструкций, высокие теплотехнические показатели и экологичность. Для такого города, как Салехард данная технология имеет высокий потенциал, вследствие определения высотных ограничений для жилой застройки и сохранения исторической среды города.

CLT-панели отвечают потребностям современного жилого строительства в Арктическом регионе. Их применение определено возможностями снижения воздействия строительных технологий на экосистему Арктики. Представленная проектная модульная система позволяет достичь комфортабельности жилья и вариативности образного решения архитектуры.

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

Список литературы / References

1. Указ Президента Российской Федерации "О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года" от 26.10.2020 № 645 с изм. и допол. в ред. от 12.11.2021 // Официальный сайт «Президент России». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения 03.11.2022).
2. Правила землепользования и застройки г. Салехарда. Часть III. Градостроительные регламенты. // Официальный сайт управления градостроительства г. Салехарда. URL: <https://clck.ru/32iWVn> (дата обращения 03.11.2022).
3. Калеменова Е. Политика освоения Крайнего Севера и критика жизненных условий арктических городов в нарративах Хрущевского времени / Е. Калеменова // Электронный научный архив УрФУ. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/47064/1/qz_1_2017_11.pdf (дата обращения 03.11.2022).
4. «На Ямале увеличилась глубина оттаивания вечной мерзлоты» // Информационный сайт Вести Ямал. – 12.08.2020. URL: https://vesti-yamal.ru/ru/vjesti_jamal/na_yamale_uvelichilas_glubina_ottaivaniya_vechnoi_merzloty/ (дата обращения 03.11.2022).
5. Пристанский А. «В Салехарде обсудили технологии сохранения вечной мерзлоты» / А. Пристанский // Новостной сайт Российская газета. URL: <https://rg.ru/2021/11/18/reg-urfo/v-saleharde-obsudili-tehnologii-sohraneniia-vechnoj-merzloty.html> (дата обращения 03.11.2022).
6. Сайт компании «Промстройлес». URL: <http://www.pslcomp.ru/clt-tehnologiya-stroitelstva-derevyannyh-domov> (дата обращения 03.11.2022).
7. «В Вологодской области начали строить первые в РФ деревянные 4-этажные дома» // Новостной сайт Деловой Петербург. URL: https://www.dp.ru/a/2022/04/25/V_Vologodskoj_oblasti_nach (дата обращения 03.11.2022).
8. СП 64.13330.2017 "СНиП II-25-80 Деревянные конструкции". URL: <https://docs.cntd.ru/document/456082589> (дата обращения 03.11.2022).
9. Муниципальная программа «Реновации застроенных территорий города Салехарда 2015-2022» URL: <https://docs.cntd.ru/document/438862928> (дата обращения 10.01.2022)

10. ГОСТ 31310-2005 Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. Общие технические условия // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133283> (дата обращения 03.11.2022).

11. Иващенко А.В. Теплотехническое сравнение стеновых конструкций многоэтажного жилого дома в Республике Карелия / А.В. Иващенко, С.А. Титова // Электронный научный студенческий журнал StudArctic. URL: <https://saf.petsru.ru/journal/article.php?id=1921> (дата обращения 03.11.2022).

12. Сайт с метеоданными городов мира Meteoblue – город Салехард. URL: <https://clck.ru/32iWiF> (дата обращения 03.11.2022).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii "O Strategii razvitiya Arkticheskoj zony Rossijskoj Federacii i obespecheniya nacional'noj bezopasnosti na period do 2035 goda" [Decree of the President of the Russian Federation "On the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and Ensuring National Security for the Period until 2035"] from 26.10.2020 № 645 changed 12.11.2021 // Oficial'nyj sait «Prezident Rossii» [Official website "President of Russia"]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (accessed 03.11.2022). [in Russian]

2. Pravila zemlepol'zovaniya i zastrojki g. Salekharda. CHast' III. Gradostroitel'nye reglamenty. [The Rules of land use and development of Salekhard. Part III. Urban planning regulations] // Oficial'nyj sait upravleniya gradostroitel'stva g. Salekharda. [Salekhard City Planning Department official website]. URL: <https://clck.ru/32iWVn> (accessed 03.11.2022). [in Russian]

3. Kalemeneva E. Politika osvoeniya Krainego Severa i kritika zhiznennyh uslovij arkticheskikh gorodov v narrativah Hrushchevskogo vremeni [The policy of developing the Far North and criticizing the living conditions of Arctic cities in the narratives of Khrushchev time] / E. Kalemeneva // UrFU Electronic Scientific Archive. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/47064/1/qr_1_2017_11.pdf (accessed 03.11.2022) [in Russian]

4. «Na Yamale uvelichilas' glubina ottaivaniya vechnoi merzloty» [Permafrost thawing depth increased in Yamal] // Informacionnyi sait Vesti Yamal [Information site Vesti Yamal] – 12.08.2020. URL: https://vesti-yamal.ru/ru/vjesti_jamal/na_yamale_uvelichilas_glubina_ottaivaniya_vechnoi_merzloty/ (accessed 03.11.2022) [in Russian]

5. Pristanskii A. «V Salekharde obsudili tekhnologii sohraneniya vechnoi merzloty» [Permafrost conservation technologies discussed in Salekhard] / A. Pristanskii // Novostnoi sait Rossiiskaya gazeta [News website Russian newspaper]. URL: <https://rg.ru/2021/11/18/reg-urfo/v-saleharde-obsudili-tehnologii-sohraneniia-vechnoj-merzloty.html> (accessed 03.11.2022). [in Russian]

6. Sait kompanii «Promstroiles» [Promstroyles company website]. URL: <http://www.pslcomp.ru/clt-tehnologiya-stroitelstva-derevyannyh-domov> (accessed 03.11.2022). [in Russian]

7. «V Vologodskoj oblasti nachali stroit' pervye v RF derevyannye 4-etazhnye doma» [Building of the first wooden 4-story apartment in the Russian Federation began in the Vologda region] // Novostnoi sait Delovoi Peterburg [News website Delovoi Peterburg]. URL: https://www.dp.ru/a/2022/04/25/V_Vologodskoj_oblasti_nach (accessed 03.11.2022). [in Russian]

8. SP 64.13330.2017 "SNIIP II-25-80 Derevyannye konstrukcii" [Code of Practice 64.13330.2017 "Building Codes and Regulations II-25-80 Wooden Structures]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456082589> (accessed 03.11.2022). [in Russian]

9. Municipal'naya programma «Renovacii zastroennyh territorii goroda Salekharda 2015-2022» [Municipal program "Renovation of built-up areas of the city of Salekhard 2015-2022"]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/438862928> (accessed 10.01.2022) [in Russian]

10. GOST 31310-2005 Paneli stenovye trekhslainye zhelezobetonnye s effektivnym uteplitelem. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Interstate Standard 31310-2005 Three-layer reinforced concrete wall panels with effective insulation. General Specifications] // Electronic fund of legal and regulatory technical documents. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133283> (accessed 03.11.2022). [in Russian]

11. Ivashchenko A.V. Teplotekhnicheskoe sravnenie stenovykh konstrukcii mnogoetazhnogo zhilogo doma v Respublike Kareliya [Thermotechnical comparison of wall structures of a multi-storey residential building in the Republic of Karelia] / A.V. Ivashchenko, S.A. Titova // Elektronnyi nauchnyi studencheskii zhurnal StudArctic Forum [Electronic Scientific Student Magazine StudArctic Forum]. URL: <https://saf.petsru.ru/journal/article.php?id=1921> (accessed 03.11.2022). [in Russian]

12. Sait s meteodannymi gorodov mira Meteoblue [Meteoblue World Cities Weather Data Website]. URL: <https://clck.ru/32iWiF> (accessed 03.11.2022). [in Russian]