

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 1 / 2023, Vol. 15, Iss. 1 <https://esj.today/issue-1-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/30SAVN123.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Варич, Э. С. Технологии строительства модульных зданий в условиях крайнего севера / Э. С. Варич, Г. В. Михеев, П. А. Антипин, Н. А. Шендрик, А. П. Пелипенко, Д. С. Суслов // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/30SAVN123.pdf>

**For citation:**

Varich E.S., Mikheev G.V., Antipin P.A., Shendrik N.A., Pilipenko A.P., Suslov D.S. Technologies for the construction of modular buildings in the Far North. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(1): 30SAVN123. Available at: <https://esj.today/PDF/30SAVN123.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 624.05

ГРНТИ 67.29

**Варич Эрнест Сергеевич**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия  
Институт строительства и транспортной инфраструктуры  
Аспирант кафедры «Технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью»  
E-mail: [ernestru01.ru@mail.ru](mailto:ernestru01.ru@mail.ru)  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1063653](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1063653)

**Михеев Георгий Владиславович**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия  
Институт строительства и транспортной инфраструктуры  
Доцент кафедры «Технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью»  
Кандидат экономических наук  
E-mail: [mgstyle77@yandex.ru](mailto:mgstyle77@yandex.ru)  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=797984](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=797984)

**Антипин Павел Александрович**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия  
Институт строительства и транспортной инфраструктуры  
E-mail: [antipin.pavel@bk.ru](mailto:antipin.pavel@bk.ru)

**Шендрик Назар Алексеевич**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия  
Институт строительства и транспортной инфраструктуры  
E-mail: [Shendriknazar@gmail.com](mailto:Shendriknazar@gmail.com)

**Пелипенко Артем Павлович**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия  
Институт строительства и транспортной инфраструктуры  
E-mail: [a.pelipenko2017@yahoo.com](mailto:a.pelipenko2017@yahoo.com)

**Суслов Денис Сергеевич**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия  
Институт строительства и транспортной инфраструктуры  
E-mail: [Suslov\\_Den14@mail.ru](mailto:Suslov_Den14@mail.ru)

**Технологии строительства  
модульных зданий в условиях крайнего севера**

**Аннотация.** В статье представлены исследования по разработке проектов модульных зданий в условиях крайнего севера. Авторами выявлено то, что территории крайнего севера отличаются суровыми климатическими условиями, в результате чего к строительству зданий и сооружений предъявляются повышенные требования, а возведение зданий традиционными способами нецелесообразно в таких условиях. В процессе изучения материалов и технологий возведения зданий в условиях крайнего севера был разработан проект малоэтажного модульного торгового центра с учетом всех повышенных требований. В условиях вечной мерзлоты грунты практически все время находятся в одном состоянии, однако при недостаточном охлаждении может начаться процесс их оттаивания. При возведении модульных зданий в таких условиях очень важно максимально снизить нагрузку всей конструкции на фундамент. Применение модульных технологий в строительстве позволит достичь определенного экономического эффекта. Климатические условия крайнего севера отличаются суровыми температурными значениями и высокими показателями тепловых потерь зданий. В связи с суровыми климатическими условиями к строительству малоэтажных зданий предъявляются повышенные требования. Возведение зданий из готовых модулей, собранных на производстве, способствует переносу значительной части трудозатрат из строительной отрасли в промышленную. Использование в строительстве модульных технологий позволит возводить здания не только в любое время года, но и значительно сократить время, необходимое для их монтажа, что крайне важно с учетом суровых климатических условий. Простота технологических процессов в ходе монтажа модульных зданий позволяет задействовать наименьшее количество штатных работников и оборудования, что существенно влияет на уменьшение показателя капиталоемкости строительных объектов.

**Ключевые слова:** строительство; эксплуатация здания; экономия ресурсов; энергосбережение; энергосберегающие проекты; крайний север; Арктика

## Введение

Климатические условия крайнего севера отличаются суровыми температурными значениями и высокими показателями тепловых потерь зданий. В связи с суровыми климатическими условиями к строительству малоэтажных зданий предъявляются повышенные требования.

В условиях крайнего севера особое внимание уделяется тепловым характеристикам наружных ограждающих конструкций малоэтажных зданий. Для поддержания комфортного микроклимата в здании необходимо правильно определить оптимальную толщину утеплителя в конструкциях [1; 2]. Также большую роль при создании микроклимата играют оконные проемы, потери тепла через которые очень велики. При устройстве оконных проемов необходимо соблюдать все правила монтажа для наилучшей герметичности и расположить их таким образом, чтобы поступление солнечной энергии было максимальным. Внутри оконных проемов должны быть предусмотрены современные стеклопакеты с соответствующими тепловыми характеристиками.

Создание благоприятного для жизни микроклимата невозможно без устройства системы вентиляции воздуха [3]. При осуществлении правильного обмена воздуха внутренние помещения насыщаются кислородом в достаточном количестве. При неправильном воздухообмене воздух в помещении застаивается и возникает дефицит кислорода, что приводит к ощущению дискомфорта, повышенной усталости, сонливости, созданию благоприятной среды для бактерий.

Устройство системы вентиляции воздуха возможно естественным способом и искусственным. Естественная вентиляция создается с помощью разности температур воздуха и разного давления в самом здании и на улице [4]. Процесс обмена воздуха происходит через специальные вентканалы. По ним нагретый воздух в здании выходит наружу, а свежий поступает через оконные проемы. При недостаточной циркуляции воздушных масс необходимо устройство искусственной вентиляции. Она состоит из приточной системы, в основе которой установлен вентилятор и фильтры.

Принцип работы искусственной системы вентиляции воздуха заключается в неоднократном использовании тепловой энергии. Повышение температуры поступающего воздуха в здании осуществляется за счет переработки использованного воздуха и возвращении его тепловой энергии [5; 6]. При этом процесс протекает таким образом, что поступающий воздух и использованный не смешиваются.

В процессе создания комфортного микроклимата немаловажную роль играет относительная влажность воздуха, которая должна составлять от 30 % до 60 %. Однако в условиях крайнего севера относительная влажность воздуха в здании обычно не превышает 25 %. Максимальное содержание влаги в воздухе при отрицательных температурах значительно ниже, чем при положительных. При попадании наружного воздуха в помещение происходит процесс его нагрева и расширения при неизменном влагосодержании, что в результате приводит к уменьшению относительной влажности воздуха. Низкий уровень влажности воздуха приводит к обезвоживанию организма и высыханию кожных покровов. Также недостаточная влажность воздуха способствует пересыханию слизистых оболочек, что приводит к их растрескиванию и способствует активному проникновению различных бактерий. Таким образом, можно сделать вывод, что поддержание оптимальной влажности воздуха внутри здания позволяет избежать негативного воздействия на организм человека и способствует образованию наилучшего микроклимата.

При строительстве зданий и сооружений в северных регионах необходимо учитывать состояние грунтов и глубину их промерзания. Возведение зданий на грунтах, которые подвержены структурным изменениям, возникающим при температурных колебаниях, является достаточно сложным процессом. При нагреве неустойчивых рыхлых грунтов, на которых возведено здание, существует риск потери устойчивости основания в результате оттаивания и смещения грунтов. Для предотвращения потери устойчивости оснований зданий и сооружений необходимо предусмотреть специальные меры, направленные на стабилизацию и поддержание температуры грунта на определенном уровне. Наиболее популярным вариантом решения данной проблемы является устройство свайных фундаментов, которые позволяют создать определенную воздушную прослойку между основанием и грунтом. При возведении фундаментов на грунте необходимо предусмотреть комплекс теплоизоляционных мер.

При проектировании зданий в регионах с суровыми климатическими условиями необходимо учитывать некоторые особенности объемно-планировочных решений. Здания целесообразно проектировать квадратной или прямоугольной формы без внедрения сложных архитектурных элементов. Отсутствие перепадов высот и углублений в наружной части здания позволяет устранить проблему, связанную с накоплением и задерживанием осадков.

Возведение зданий и сооружений в северных регионах происходит в крайне суровых климатических условиях, что значительно усложняет ведение строительных процессов. Целью исследования является рассмотрение повышенных требований, которые предъявляются к строительству малоэтажных зданий в условиях крайнего севера, проведение анализа различных климатических факторов и выявление оптимальной технологии строительства зданий, позволяющей упростить строительные процессы, с разработкой проекта.

## Методы исследования

Основными методами исследования являются анализ, сравнение, моделирование, обобщение, систематизация. Проведен анализ ряда научных публикаций отечественных авторов.

## Результаты и их обсуждение

Проанализировав климатические условия крайнего севера и рассмотрев все требования, необходимые для возведения малоэтажных зданий, можно сделать вывод, что применение модульного строительства является одной из самых целесообразных технологий в условиях крайнего севера.

Стремительное развитие строительной отрасли привело к активному внедрению модульных технологий, которые стали очень популярными и позволили не только создавать благоприятный микроклимат в помещениях, но и возводить здания в кратчайшие сроки [7].

Модульные технологии являются универсальным решением в строительстве, так как имеют широкое применение и позволяют возводить здания в жилых, административных и коммерческих целях.

Основные преимущества использования модульных технологий заключаются в следующем:

- монтаж модульных зданий осуществляется достаточно легко и не требует применения сложных инструментов и тяжелой техники;
- модульные здания состоят из отдельных блоков, поэтому могут перемещаться в любое удобное место без потери эстетических параметров;
- сроки возведения модульных зданий на объекте минимальные, а при наличии можно приобрести готовые типовые варианты;
- модульные здания предполагают использование облегченного фундамента, что позволяет снизить затраты и уменьшить их стоимость;
- модульные здания обладают превосходными пожарно-техническими характеристиками.

Перед началом строительства зданий по модульной технологии необходимо определиться каким способом они будут построены, так как могут быть быстровозводимыми или состоять из готовых модульных блоков.

Быстровозводимые модульные здания монтируются непосредственно на объекте из отдельных конструктивных элементов [8; 9]. Модульные блоки со всем необходимым оборудованием собираются на заводе и доставляются на объект в готовом виде. Доставка может осуществляться при помощи специальной техники в разобранном виде отдельными блоками, либо в неразобранном виде на специальных платформах. В неразобранном виде модульные здания монтируются тяжелой грузоподъемной техникой.

В зависимости от формы здания и его размеров модульные блоки, изготавливаемые на заводе, могут быть оснащены по-разному. Они могут включать инженерные системы, санитарный узел, различную мебель, оборудование и другие составляющие по желанию заказчика [10; 11].

Для достижения определенных микроклиматических параметров в малоэтажных зданиях, возведенных по модульной технологии, используют сэндвич-панели в качестве утепления кровли и наружных стен (рис. 1). Применение сэндвич-панелей в условиях крайнего севера наиболее целесообразно не только благодаря теплоизоляционным свойствам, но и из-за небольших сроков монтажа в любой период года, экологичности и легкой транспортировки.



*Рисунок 1. Сэндвич-панели (рисунок из источника [11])*

Основной составляющей сэндвич-панелей является утеплитель. В качестве утеплителя чаще всего используют пенополистирол, пенополиуретан или базальтовое волокно.

Сэндвич-панели из пенополиуретана лучшего всего сохраняют тепло и характеризуются самым низким коэффициентом теплопроводности 0,020–0,025 Вт/м\*К, однако они подвержены горению и имеют большой вес.

Сэндвич-панели из базальтового волокна применяют в условиях повышенной пожарной безопасности, так как они относятся к негорючим материалам. Коэффициент теплопроводности составляет 0,032–0,048 Вт/м\*К.

Сэндвич-панели из пенополистирола относятся к трудногораемым материалам, имеют небольшой вес, что позволяет значительно уменьшить нагрузку на фундамент, и оптимальный коэффициент теплопроводности 0,025–0,033 Вт/м\*К. Такие панели широко распространены и лучшего всего подходят при возведении зданий в суровых климатических условиях.

При одинаковых показателях по теплопроводности сэндвич-панели из пенополистирола имеют наименьшую толщину по сравнению с другими строительными материалами (табл. 1).

**Таблица 1**

**Сравнение толщины различных материалов при одинаковой теплопроводности**

Наименование	Толщина, см
Железобетон	340
Силикатный кирпич	224
Утолщенный силикатный кирпич	152
Керамзитобетон	132
Глиняный кирпич	102
Шлакобетон	94
Сэндвич-панель	10

*Разработано авторами*

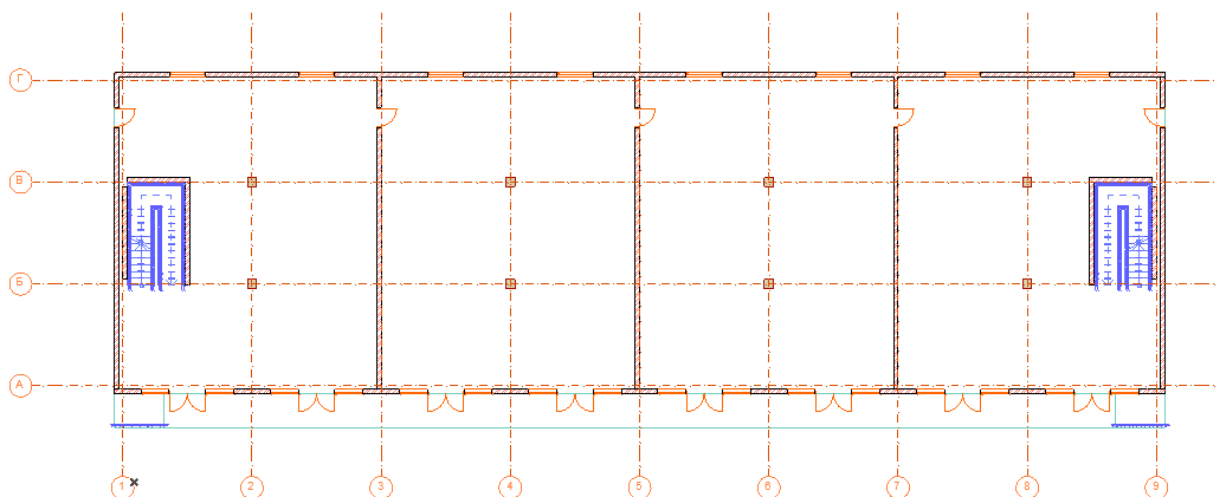
Главное преимущество сэндвич-панелей заключается в том, что они позволяют существенно снизить затраты на отопление здания.

В процессе изучения материалов и технологий возведения зданий в условиях крайнего севера был разработан проект малоэтажного модульного торгового центра с учетом всех повышенных требований (рис. 2).



*Рисунок 2. Проект малоэтажного модульного торгового центра в условиях крайнего севера (разработано авторами)*

Торговый центр состоит из модульных блоков, изготавливаемых на заводе. Готовые модульные блоки доставляют на объект, после чего приступают к их монтажу по определенной схеме. Такой способ возведения торгового центра является наиболее целесообразным, так как позволяет добиться не только наименьших сроков строительства, но и уменьшить количество стоек до минимума (рис. 3).



*Рисунок 3. План первого этажа (разработано авторами)*

В условиях вечной мерзлоты грунты практически все время находятся в одном состоянии, однако при недостаточном охлаждении может начаться процесс их оттаивания. При возведении модульных зданий в таких условиях очень важно максимально снизить нагрузку всей конструкции на фундамент. Для снижения веса конструкции в проекте торгового центра были применены сэндвич-панели из пенополистирола.

Сэндвич-панели в торговом центре расположены со всех сторон, кроме главного фасада (рис. 4).



*Рисунок 4. Проект малоэтажного модульного торгового центра (разработано авторами)*

Главный фасад здания сочетает в себе применение базальтового утеплителя и композитных панелей (рис. 5).



*Рисунок 5. Главный фасад здания (разработано авторами)*

Такое решение позволяет не только облегчить конструкцию торгового центра и создать благоприятный температурный режим, но и придает зданию современный вид с эстетической точки зрения.

В оконных проемах торгового центра предусмотрены энергосберегающие стеклопакеты.

После выполнения основных монтажных работ по устройству каркаса здания, приступают к прокладке инженерных коммуникаций и отделке помещений.

Данный пример показывает, что срок строительства модульного здания сокращается до 50 % по сравнению с традиционным видом строительства. Экономия во времени достигается за счет того, что процесс производства модулей идет параллельно с этапами подготовки строительной площадки и фундамента и подвода инженерных коммуникаций.

### Заключение

В результате анализа сформулируем следующие выводы:

1. Территории крайнего севера отличаются суровыми климатическими условиями, в результате чего к строительству зданий и сооружений предъявляются повышенные требования. Возведение зданий традиционными способами нецелесообразно в таких условиях. Применение модульных технологий в строительстве позволит достичь определенного экономического эффекта.
2. Возведение зданий из готовых модулей, собранных на производстве, способствует переносу значительной части трудозатрат из строительной отрасли в промышленную.
3. Использование в строительстве модульных технологий позволит возводить здания не только в любое время года, но и значительно сократить время, необходимое для их монтажа, что крайне важно с учетом суровых климатических условий.
4. Простота технологических процессов в ходе монтажа модульных зданий позволяет задействовать наименьшее количество штатных работников и оборудования, что существенно влияет на уменьшение показателя капиталоемкости строительных объектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Solovyova E.V. Developing Optimization Modelling Methodology for Production Costs Generation / A.N. Sekisov, D.A. Gura [et al.] // Helix. — 2020. — Vol. 10. — No 2. — P. 63–71. — DOI 10.29042/2020-10-2-63-71. — EDN UMZUOB.
2. Голотина, Ю.И. Факторы, влияющие на сроки строительства / Ю.И. Голотина, А.А. Рыжкова, М.С. Арутунян // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". — 2018. — № 9. — С. 65–73. — EDN MGQQXB.
3. Маркетинговые исследования технологий "зеленого строительства" в России / Г.В. Михеев, Н.А. Шипилова, Д.Е. Круговых [и др.] // Экономика и предпринимательство. — 2022. — № 9(146). — С. 1271–1277. — DOI 10.34925/EIP.2022.146.9.253. — EDN FRFIZF.
4. Организационные технологии строительного производства в условиях волатильности среды / В.С. Дрешпак, И.Г. Выродова, И.С. Лебедев, С.Р. Хуажев // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". — 2015. — № 13. — С. 151–159. — EDN VAWMIB.
5. Соловьева, Е.В. Адаптация строительных организаций России для эффективного внедрения и применения инновационных методов Бережливого строительства / Е.В. Соловьева, А.Г. Даниелова // Вестник евразийской науки. — 2020. — Т. 12. — № 6. — С. 31. — EDN YNEHJN.
6. Фонтокина, В.А. Роль BIM-технологий в организации и технологии строительства / В.А. Фонтокина, А.А. Савенко, Е.Д. Самарский // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 1. — EDN IPTBYB.
7. Управление и организация процессов при проведении реконструкции зданий и сооружений / Н.А. Шипилова, Г.В. Михеев, И.Е. Кубрак [и др.] // Экономика и предпринимательство. — 2022. — № 9(146). — С. 1255–1257. — DOI 10.34925/EIP.2022.146.9.249. — EDN IHIFCF.



8. Investigation of the movement of cement clinker particles in the screw body of a rotary kiln for its making / A.N. Sekisov, A.A. Savenko, G.V. Serga [et al.] // Civil Engineering and Architecture. — 2021. — Vol. 9. — No 6. — P. 2098–2104. — DOI 10.13189/cea.2021.090637. — EDN YZNYUJ.
9. Соловьева, Е.В. Технология строительства каркасно-монолитных энергоэффективных малоэтажных домов с промежуточным утеплителем (пенополистирольным сердечником) / Е.В. Соловьева, И.А. Пахомов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). — 2015. — № 1. — С. 77–82. — EDN TQNOZH.
10. Resource-saving factor in the development of Russian cities / R.A. Popov, A.N. Sekisov, E.V. Soloveva, N.A. Shipilova // Amazonia Investiga. — 2021. — Vol. 10. — No 45. — P. 293–301. — DOI 10.34069/AI/2021.45.09.29. — EDN LJKHKK.
11. Заворотынская, В.В. Технология возведения зданий из металлических конструкций / В.В. Заворотынская, Д.А. Тхазеплова, И.Г. Выродова // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". — 2018. — № 9. — С. 139–147. — EDN HWYJZV.

### **Varich Ernest Sergeevich**

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia  
Institute of Construction and Transport Infrastructure  
E-mail: [erestru01.ru@mail.ru](mailto:erestru01.ru@mail.ru)  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1063653](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1063653)

### **Mikheev Georgy Vladislavovich**

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia  
Institute of Construction and Transport Infrastructure  
E-mail: [mgstyle77@yandex.ru](mailto:mgstyle77@yandex.ru)  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=797984](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=797984)

### **Antipin Pavel Alexandrovich**

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia  
Institute of Construction and Transport Infrastructure  
E-mail: [antipin.pavel@bk.ru](mailto:antipin.pavel@bk.ru)

### **Shendrik Nazar Alekseevich**

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia  
Institute of Construction and Transport Infrastructure  
E-mail: [Shendriknazar@gmail.com](mailto:Shendriknazar@gmail.com)

### **Pilipenko Artem Pavlovich**

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia  
Institute of Construction and Transport Infrastructure  
E-mail: [a.pilipenko2017@yahoo.com](mailto:a.pilipenko2017@yahoo.com)

### **Suslov Denis Sergeevich**

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia  
Institute of Construction and Transport Infrastructure  
E-mail: [Suslov\\_Den14@mail.ru](mailto:Suslov_Den14@mail.ru)

## **Technologies for the construction of modular buildings in the Far North**

**Abstract.** The article presents research on the development of projects for modular buildings in the Far North. The authors found that the territories of the Far North are characterized by harsh climatic conditions, as a result of which increased requirements are imposed on the construction of buildings and structures, and the construction of buildings by traditional methods is impractical in such conditions. In the process of studying materials and technologies for erecting buildings in the conditions of the Far North, a project was developed for a low-rise modular shopping center, taking into account all the increased requirements. Under conditions of permafrost, soils are almost always in the same state, however, with insufficient cooling, the process of thawing can begin. When erecting modular buildings in such conditions, it is very important to minimize the load of the entire structure on the foundation. The use of modular technologies in construction will achieve a certain economic effect. The climatic conditions of the Far North are characterized by severe temperature values and high rates of heat loss from buildings. Due to the harsh climatic conditions, increased requirements are imposed on the construction of low-rise buildings. The construction of buildings from ready-made modules assembled at the factory contributes to the transfer of a significant part of labor costs from the construction industry to the industrial one. The use of modular technologies in construction will make it possible to erect buildings not only at any time of the year, but also significantly reduce the time required for their installation, which is extremely important given the harsh climatic conditions. The simplicity of technological processes during the installation of modular buildings allows you to

use the smallest number of full-time employees and equipment, which significantly affects the reduction in the capital intensity of construction projects.

**Keywords:** construction; building operation; saving resources; energy saving; energy saving projects; Far North; Arctic