УДК 338.4

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-248-255

© И. С. Беляев, аспирант
(Норильский государственный индустриальный
институт, Норильск, Россия)
E-mail: klo_87@mail.ru

© I. S. Belyaev, post-graduate student
(Norilsk State Industrial Institute,
Norilsk, Russia)
E-mail: klo_87@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ АРКТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

PROBLEMS OF THE ARCTIC CONSTRUCTION: TRENDS AND PROSPECTS

Рассматриваются региональные особенности и тенденции развития строительных организаций, функционирующих в Арктической зоне Российской Федерации. Предлагается новая классификация факторов, влияющих на сложность работы строительных организаций, действующих в Арктике. В результате анализа выявлены тенденции развития строительных организаций в Арктике, что позволит повысить точность прогнозирования развития строительной сферы в Арктической зоне Российской Федерации.

Ключевые слова: Арктика, классификация, региональные особенности, тенденции.

The article considers the regional features and tendencies of construction organizations' development in conditions of the Arctic. A new classification of factors affecting the complexity of the work of construction organizations operating in the Arctic is proposed. As the analysis result, there have been identified development trends of construction organizations operating in the Arctic. This will allow improving the accuracy of forecasting the construction sector development in the Russian Arctic.

Keywords: the Arctic, classification, regional features, trends.

В Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ), которая раскинулась более чем на 5 млн км², входят девять регионов страны:

- четыре субъекта Российской Федерации полностью (Чукотский АО, Ямало-Ненецкий АО, Ненецкий АО, Мурманская область);
- 45 муниципальных образований пяти субъектов (Республики Карелия, Республики Коми, Архангельской области, Красноярского края, Республики Саха (Якутия)).

Проживают на территории АЗРФ по разным оценкам 2,3–2,5 млн жителей Российской Федерации (1,6 % населения). Это самый высокий показатель для подобных климатических условий в мире [8]. В Эвенкии и на Таймыре показатель населенности составляет всего лишь 0,03–0,06 человека на квадратный километр [1]. При этом за последние 20 лет численность населения

в Российской Арктике сократилась практически вдвое, поскольку, начиная с 1989 г., государство, а затем и частный бизнес сделали ставку на вахтовый метод работы, который значительно дешевле, чем поддержание постоянного населения и обеспечение притока новых подготовленных кадров. В результате началось стремительное сокращение постоянного населения [6, 9].

Крупнейшими центрами концентрации населения, а следовательно, развития гражданского и промышленного строительства в АЗРФ являются города Архангельск (347 тыс. человек), Мурманск (287 тыс. человек), Норильск (свыше 181 тыс. человек), Северодвинск (181 тыс. человек); Новый Уренгой (118 тыс. человек)¹.

Рассматривая основные региональные особенности в деятельности строительных органи-

¹ Данные Росстата, 2021 г.

заций в условиях АЗРФ, можно выделить прежде всего суровые природно-климатические условия, удаленность территорий, что усложняет и удорожает логистику, а также изменения природного, техногенного и антропогенного характера климата.

Несмотря на то что у большинства людей арктический климат ассоциируется с чем-то неизменным: постоянными холодами и вечной мерзлотой, в реальности он постоянно меняется. Факторы, влияющие на изменение арктического климата, можно разделить на три группы:

- природного характера, связанные с общепланетарным изменением климата и глобальным потеплением;

- техногенного характера, связанные с развитием производств в Арктике, особенно освоением Арктического шельфа, строительством нефтедобывающих платформ («Приразломная») и трубопроводов, функционированием горно-металлургических комбинатов (ПАО «ГМК «Норильский никель»);

- антропогенного характера, связанные с бытовой жизнедеятельностью человека, проживающего в Арктическом регионе.

Эксперты выделяют ряд параметров, влияющих на строительство в условиях АЗРФ [6, 10]. Изучив различные точки зрения [2, 3, 4], на наш взгляд, можно выделить следующие факторы, определяющие особенности и сложности строительства в условиях АЗРФ:

- природно-климатические факторы:
 - неблагоприятные погодные условия — аномальные холода зимой и сильная жара летом;
 - повышенная ветровая активность и сильные снегопады зимой;
 - вечная мерзлота и подвижность грунтов;
 - сейсмическая активность в ряде мест;
 - мошкара и гнус в теплое время года;
 - полярная ночь зимой, короткий световой день, как следствие — короткий строительный сезон;
- экономические факторы:
 - высокая стоимость строительства в целом, в среднем в 2–2,5 раза выше, чем «на материке»;
 - дорогие строительные материалы;
 - дорогая рабочая сила и инженерные кадры;
 - высокая стоимость логистики и завоза материалов и рабочей силы;

- высокая стоимость ремонта и исправления дефектов зданий и сооружений;

- транспортно-логистические факторы:
 - удаленность от мест производства строительных материалов и строительной техники;
 - малая протяженность железных дорог, их полное отсутствие в некоторых местностях;
 - небольшой период морской и речной навигации;
 - небольшая протяженность автомобильных дорог, необходимость использования «зимников»;

- необходимость использования авиационного и вертолетного транспорта при доставке строительных материалов, техники, рабочей силы;

- технологические факторы:
 - неэффективность применения традиционных строительных материалов;
 - необходимость строгого соблюдения технологий строительства;

- высокий расход горюче-смазочных материалов, потому что нельзя глушить двигатели автомобилей и строительной техники на морозе;
- сложность ремонта техники, отсутствие запчастей;

- хрупкость строительных материалов и повышенный износ зданий и сооружений из-за низких температур и агрессивной природной среды;

- нормативно-правовые факторы:
 - отсутствие актуальных ГОСТов и сводов правил с учетом местных особенностей (готовятся к выпуску Минстроем России в 2021 г.);
 - отсутствие национальных проектов;
 - включение в Стратегии развития до 2035 г. ряда регионов положений о реновации жилья;

- социально-психологические факторы:
 - отток местных жителей из региона и отсутствие подготовленных кадров;
 - небольшая привлекательность Арктического региона как места трудовой миграции;
 - частые депрессии у местных жителей из-за сложных погодных условий и короткого солнечного дня зимой.

Изучив мнения экспертов [3, 11, 12], можно предложить новую классификацию факторов, влияющих на сложность работы строительных организаций в Арктике. Данная классификация

предлагается впервые, до этого отечественное научное и экспертное сообщество такую классификацию факторов не предлагало (см. таблицу).

1. *Географическая удаленность.* Территориальная удаленность от мест, откуда нужно завозить стройматериалы, строительную и инженерную технику, рабочую силу: *умеренно отдаленные, отдаленные, сильно отдаленные.*

2. *Логистическая доступность:* легкодоступные, доступные, ограниченно доступные, слабо доступные территории.

3. *Влияние величины и развитости населенных пунктов, в которых происходит строительство:* хорошо развитые, развитые, слабо-развитые, очень слабо-развитые, нулевого цикла.

4. *Характер грунтов и почв, на которых планируется строительство объектов:* очень устойчивые, устойчивые, неустойчивые, очень неустойчивые.

5. *Техническая сложность объектов строительства:* очень сложные, сложные, стандартные.

Для определения значимости (весомости) каждой группы признаков из предлагаемой классификации в январе 2021 г. был проведен опрос 39 строительных организаций, действующих в АЗРФ (из Архангельской и Мурманской областей, Красноярского края, Республики Якутия). Для большей вовлеченности компаний и честности ответов опрос проводился на условиях анонимности.

Наиболее весомыми группами признаков эксперты определили географическую отдаленность и техническую сложность объекта строительства; близкой к ним по значимости назвали логистическую доступность вследствие сложной и дорогой доставки строительных грузов на объекты. Важное значение имеет и группа признаков, характеризующая характер грунтов и почв, на которых планируется строительство объектов, ввиду того что в настоящее время все большее количество строительных объектов приходится возводить на неустойчивых грунтах, которые переходят из состояния вечной мерзлоты к мягким традиционным грунтам. Классификационный признак величины и развитости населенных пунктов признан наименее важным из всех предложенных, поскольку, по оценке строительных организаций, развитых населенных пунктов в АЗРФ очень мало и большое количество работ

приходится выполнять в условиях, когда на площадке «ничего нет».

На основе анализа факторов, определяющих сложности строительства в условиях АЗРФ, можно выделить определенные тенденции или направления развития, характерные для строительной сферы в Российской Арктике, которые будут все актуальнее в ближайшие 10–15 лет.

1. *Необходимость масштабной реновации зданий из-за сильного износа жилого фонда.*

Массовая застройка в регионе велась в 1960–1980 гг., многие здания сильно изношены и относятся к ветхому и аварийному жилью. В 2020 г. должно было начаться строительство новых многоквартирных домов, но из-за негативных последствий от коронавирусной инфекции оно перенесено на 2021 г. Более 30 лет, с начала 90-х гг., масштабное строительство новых жилых многоквартирных домов в Российской Арктике не велось, возводились только отдельные здания в рамках индивидуального жилищного строительства. Пока масштабная реновация планируется в Якутии и в Красноярском крае (в г. Норильске).

Представляется целесообразным разработать подобные программы реновации жилья также для Мурманской области и Ямало-Ненецкого автономного округа, поскольку в городах Мурманске и Нарьян-Маре изношенность жилого фонда очень высока. Масштабные программы переселения людей из аварийного жилого фонда стали возможными благодаря национальным проектам. По подсчетам экспертов каждый восьмой житель Арктики получит возможность переехать в новый дом. Для привлечения инвестиций застройщиков перспективно использовать в рамках данных проектов и схемы государственно-частного и муниципально-частного партнерства.

2. *Более полное раскрытие потенциала использования древесины для строительства индивидуальных и малоэтажных домов.*

Ежегодно в России строится большое количество домов из дерева общей площадью около 12 000 000 м². К преимуществам деревянного домостроительства можно отнести комфортность в быту, экологичность, экономическую доступность (древесина до 5 раз дешевле в транспортировке, чем иные строительные материалы)

Классификация факторов, влияющих на сложность работы строительных организаций, действующих в Арктике

№ п/п	Классификационный признак	Составляющие	Характеристика
1	Географическая удаленность	Умеренно отдаленные	Находятся на расстоянии от 500 до 1000 км от мест, откуда нужно завозить стройматериалы, строительную и инженерную технику, рабочую силу
		Отдаленные	Находятся на расстоянии от 1000 до 2000 км от мест, откуда нужно завозить стройматериалы, строительную и инженерную технику, рабочую силу
		Сильно отдаленные	Находятся на расстоянии свыше 2000 км от мест, откуда нужно завозить стройматериалы, строительную и инженерную технику, рабочую силу
2	Логистическая доступность	Легкодоступные	Есть возможность добраться по железной дороге
		Доступные	Есть морские/речные коммуникации
		Ограниченно доступные	Есть автомобильные дороги/зимники
		Слабо доступные	Есть только авиавертолетный транспорт
3	Влияние величины и развитости населенных пунктов, в которых происходит строительство	Хорошо развитые	Архангельск, Мурманск, Норильск, Новый Уренгой, Северодвинск, города более чем со 100 тыс. населением и развитой инфраструктурой
		Развитые	Северодвинск, Ноябрьск, Салехард, Воркута, Нарьян-Мар, города, где численность населения не превышает 60 тыс. человек, географически отдаленные
		Слаборазвитые	Анадырь, Лабытнанги, Тикси, небольшие города, численность населения в которых не превышает 30 тыс. человек, географически сильно отдаленные
		Очень слаборазвитые	Малые города и поселки городского типа, такие как Верхоянск или Билибино, численность населения колеблется, но, как правило, не превышает 5 тыс. человек, географически очень отдаленные
		Нулевого цикла	Строительство происходит «с нуля», в основном это объекты строительства на новых месторождениях и объекты национальной безопасности
4	Характер грунтов и почв, на которых планируется строительство объектов	Очень устойчивые	Скальные породы
		Устойчивые	Вечномерзлые грунты, которые не оттаивают
		Неустойчивые	Вечномерзлые грунты, верхние пласты которых периодически оттаивают
		Очень неустойчивые	Подтопляемые грунты, болота, песчаники
5	Техническая сложность объектов строительства	Очень сложные	Порты и портовая инфраструктура; объекты нефтегазового комплекса и их инфраструктура
		Сложные	Аэродромные комплексы и их инфраструктура; объекты, обеспечивающие национальную безопасность, и сопутствующая им инфраструктура
		Стандартные	Жилые и офисные здания и сооружения; автомобильные дороги

и даже энергоэффективность (при условии обязательного утепления дома).

При своих несомненных плюсах деревянное домостроительство требует серьезной обработ-

ки зданий и сооружений различными пропитками и лакокрасочными материалами для предотвращения гниения и деформации, а также для придания древесине противопожарных качеств

и дополнительной защиты от ультрафиолета и продувания.

При оценке перспективности и обоснованности строительства деревянных домов и индустриального деревянного строительства необходимо учитывать не только утепление, но и затраты на всевозможные пропитки, антипирены, защиту от жучка и гниения, обработку лакокрасочными изделиями, а также возможный обжиг части древесины (стропил, свай, досок пола).

3. При строительстве объектов необходимо учитывать их аэродинамические свойства, навесные фасады, для которых нужно оставлять разрывы профилей с учетом температурных расширений и системы рекуперации.

Одним из важнейших факторов АЗРФ, влияющих на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, является учет повышенной ветровой нагрузки. Ураганные ветра и метели способны не только в считанные часы замести и сделать непроходимыми дороги, но и нанести серьезный ущерб инженерным коммуникациям, системам связи, проводам, а также самим строениям, вымораживая их и нанося постоянный деформирующий эффект фасадам. Для уменьшения абразивного эффекта от ветровой нагрузки и метелей необходимо учитывать при строительстве объектов и коммуникаций их аэродинамические свойства. Это даст возможность не только уменьшить абразивность и избежать деформаций, но и уменьшить теплопотери, а следовательно, издержки на отопление помещений. Благодаря снижению турбулизации ветра теплопотери можно снизить до 60 %. Постройки с аэродинамическими свойствами также менее подвержены ветровым и снеговым воздействиям.

Эффективно себя зарекомендовали в качестве защиты от ветра и метелей навесные фасадные системы. Кроме того, навесные фасады обеспечивают теплоизоляцию стен, что снижает потребление тепла в отопительный период, который в Арктике длится зачастую 2/3 года, и надежную шумоизоляцию от внешних городских шумов.

Использование в домах эффективной управляемой системы рекуперации позволит обеспечивать теплообмен между поступающим и удаляемым воздухом с требуемой интенсивностью его замены в помещениях, что значительно снижает теплопотери помещений. Это снижает экс-

плуатационные расходы и позволяет окупить установку подобной системы за несколько лет. В настоящее время разработано множество инженерных решений для рекуперационных систем с эффективностью использования до 90 % [14].

4. Переход к созданию крупных жилых многофункциональных комплексов, рассчитанных на большое количество человек.

Это, с одной стороны, отражение мирового тренда на «коливинг», когда люди живут и работают вместе, с другой — масштабирование, что является хорошо зарекомендовавшей себя практикой обустроенных вахтовых городков, которые создаются крупными нефтегазовыми и металлургическими компаниями на своих производственных и добывающих объектах. Такие комплексы позволяют разместить вместе большое количество объектов: квартир, офисов, объектов необходимой инфраструктуры, таких как детские сады, школы, организации общественного питания и досуга, фитнес-центры, кинотеатры.

Подобные объекты очень сложны в эксплуатации и обслуживании и требуют квалифицированной работы управляющей компании, но при этом дают возможность централизованного подключения к энергосетям и комплексного решения проблем с отводом канализации и стоков, а также раздельного сбора и утилизации мусора, что положительно скажется на экологии. Управляющая компания за счет централизованного обслуживания больших многофункциональных жилых комплексов может серьезно сэкономить средства за счет применения эффекта масштаба, поскольку на подобных объектах можно создать одну большую котельную, предусмотреть компактные и хорошо защищенные коммуникации, избежать поверхностной прокладки труб и сетей, ремонт которых не будет требовать постоянных вложений.

5. Новый подход к проектированию с учетом климатических особенностей Арктики.

При организации проектирования и строительстве в АЗРФ наметился отход от традиционного советского и российского типа застройки, когда задействовано много пространства вокруг, к более компактному, даже сомкнутому образцам. Особенно это становится актуальным для

проектирования новых компактных городских пространств при проведении реновации жилого фонда в уже существующих городах и поселках, а также при строительстве объектов, обеспечивающих национальную безопасность (военных городках) и вахтовых поселках, создаваемых при местах добычи полезных ископаемых [13]. Использование такого подхода позволяет не только беречь пространство, но и серьезно экономить на прокладке жилых коммуникаций (тепло-, газо- и электроснабжения; сетей связи и интернета; сбора, утилизации и переработки отходов), которые будут максимально эффективно использоваться, и поддерживать их в хорошем состоянии во время эксплуатации. Сейчас в большинстве арктических городов и поселков России, общественные пространства в зимний период, который длится до 7 месяцев, превращаются в транзитные зоны, а после метелей становятся сложно проходимыми. В летний период они тоже широко не используются из-за мошары и гнуса, чрезвычайно активных в краткий летний период. Поэтому коэффициент полезного использования парков, детских площадок и площадок для отдыха населения находится на низком уровне. Выход из данной ситуации — создание крытых, ветрозащищенных и отапливаемых в зимний период общественных пространств.

6. Необходимость развития цифровизации, прокладки интернета и совершенствования систем связи.

В настоящее время в АЗРФ современная телекоммуникационная инфраструктура есть только в крупных городах, таких как Архангельск, Мурманск, Новый Уренгой, Норильск, Северодвинск, на остальных территориях она находится в неразвитом состоянии (плохое качество связи, низкая скорость и нестабильность сети Интернет, высокая стоимость), а иногда почти отсутствует.

Ближайшее десятилетие будет проходить под флагом развития цифровизации в Арктике: от прокладки оптико-волоконных кабелей и их веток до оборудования новых станций связи и присоединения к широкополосному интернету целых городов и поселков. Строителям предстоит выполнить большой объем работ по прокладке кабелей связи, монтажных работ по слабым токам, диспетчеризации и телеавтоматики.

7. Расширение использования трансформируемых модульных конструкций, в том числе с автоматическим позиционированием модулей. Конструкции из сборных модулей популярны по всему миру и в России. Главное их преимущество для Арктического региона — они позволяют значительно увеличить скорость строительства (за счет быстроты сборки готовых блоков, узлов соединений и стыковки элементов) и избежать «мокрых» работ, которые в условиях нехватки квалифицированных кадров часто проводятся с нарушениями, что в конечном итоге приводит к быстрому износу и деформации строительных конструкций. Преимущества модульного строительства особенно ярко проявляются при использовании роботизируемых телескопических монтажных систем и интерактивных систем контроля качества монтажа и состояния зданий и сооружений. Современный уровень развития стройиндустрии позволяет обеспечить высокий уровень заводской готовности и унификацию элементов модулей. Применение композитных материалов позволяет увеличить прочность и уменьшить вес конструкции модулей.

Использование таких технологий нашло отражение при возведении объектов обеспечения национальной безопасности: административно-жилищных комплексов «Северный клевер» и «Арктический трилистник», построенных на острове Котельный (Новосибирские острова) и на Земле Франца-Иосифа в 2015–2018 гг.

Выявленные тенденции можно использовать при формировании стратегии и комплексного плана развития АЗРФ, корректируя текущую стратегию развития Арктики, которая в части строительства сводится к созданию и поддержанию функционирования необходимой инфраструктуры, портов, аэропортов.

Библиографический список

1. Алешина Т. Строительство на мерзлоте: Опыт и новшества. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2017. URL: <https://sibforum.sfu-kras.ru/node/106> (дата обращения: 01.06.2010).
2. Асаул В. В. Переход к проектному финансированию в строительстве и защита прав потребителей // Национальная концепция качества: государственная и общественная защита прав потребителей: сб. тез. докл. Междунар. науч.-практич. конф.;

под ред. Е. А. Горбашко. СПб.: ООО «Редакционно-издательский центр «КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС», 2019. С. 247–251.

3. Асаул В. В., Кришталь В. В., Петухова Ж. Г. Реализация национальных проектов, направленных на инвестиции в инфраструктурное обеспечение предпринимательской деятельности: проблемы и перспективы // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 4 (81). С. 209–218.

4. Козлов А. В., Гутман С. С., Рытова Е. В., Захаров А. Н. Проблема выбора технологий освоения Арктических территорий: опыт России и Норвегии // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2015. Т. 6. № 4. С. 19–28.

5. Козлов А. В., Федосеев С. В., Череповицын А. Е., Гутман С. С., Зайченко И. М., Маринина О. А., Рытова Е. В., Цветков П. С., Точило М. В. Комплексное развитие экономического пространства Арктической зоны Российской Федерации. СПб.: Санкт-Петербургский политехн. ун-т Петра Великого, 2016. С. 315.

6. Корчак Е. А. Трудовой потенциал северных регионов в рамках реализации государственной политики Российской Федерации в Арктике / Ин-т экон. проблем Кольского науч. центра РАН. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2017. 174 с.

7. Кузнецов А. Е. Анализ факторов, влияющих на размещение вахтовых поселков в Арктике. Электронный научный журнал «Арктика и Север». URL: http://aer.narfu.ru/upload/iblock/535/79_87.pdf (дата обращения: 20.01.2017).

8. Лукин Ю. Ф. Российская Арктика в изменяющемся мире. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 281 с.

9. Петухов С. Население Российской Арктики сократилось за последние двадцать лет почти вдвое // Журнал «Коммерсант». URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3217148> (дата обращения: 10.02.2017)

10. Порфирьев Б. Н., Лексин В. Н. Выбор геоэкономической стратегии России в Арктике: приоритет концепции комплексного развития // Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организация управления / под ред. В. В. Ивантера. СПб.: Издательский дом «Наука», 2016. С. 134–138.

11. Фаузер В. В. Демографический потенциал северных регионов России как фактор экономического освоения Арктики // Арктика и Север. 2013. № 10. С. 19–47.

12. Худякова С. В. Строительство в Арктике. Заметки и наблюдения. Архангельск: Техникум стр-ва и экономики, 2017. URL: <https://ardexpert.ru/article/9417> (дата обращения: 02.03.2017).

13. Щеголькова А. А. Геоэкономические особенности развития системы транспортировки природного газа в России // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2016. № 3 (50). С. 62–65.

14. Braun, James E., Kevin B Mercer. “Symposium Papers – OR-05-11 – Energy Recovery Ventilation: Energy, Humidity, and Economic Implications – Evaluation of a Ventilation Heat Pump for Small Commercial Buildings.” ASHRAE Transactions. 111, no. 1, (2005).

References

1. Aleshina T. *Stroitel'stvo na merzlote: Opyt i novshes'tva* [Construction on permafrost: Experience and innovations]. Available at: <https://sibforum.sfu-kras.ru/node/106> (accessed: 01.06.2010).

2. Asaul V. V. *Perehod k proektnomu finansirovaniyu v stroitel'stve i zashchita prav potrebiteley* [Transition to project financing in construction and consumer protection]. *Trudy Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. «Natsional'naya kontseptsiya kachestva: gosudarstvennaya i obshchestvennaya zashchita prav potrebiteley»* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “National concept of quality: state and public protection of consumer rights”]. Ed. by Gorbashko E. A. St. Petersburg, KULT-INFO-RM-PRESS Publ., 2019, pp. 247–251.

3. Asaul V. V., Krishtal' V. V., Petuhova Zh. G. *Realizatsiya natsional'nykh proektov, napravlennykh na investitsii v infrastruktural'noye obespechenie predprinimatel'skoy deyatel'nosti: problemy i perspektivy* [Implementation of national projects aimed at investing in infrastructure support for entrepreneurial activity: problems and prospects.]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 4 (81), pp. 209–218.

4. Kozlov A. V., Gutman S. S., Rytova E. V., Zaharov A. N. *Problema vybora tehnologiy osvoeniya Arkticheskikh territoriy: opyt Rossii i Norvegii* [The problem of choosing technologies for the development of Arctic territories: the experience of Russia and Norway]. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie) – MIR (Modernization. Innovation. Development)*, 2015, vol. 6, no. 4, pp. 19–28.

5. Kozlov A. V., et al. *Kompleksnoye razvitie ekonomicheskogo prostranstva Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii* [Integrated development of the economic space of the Arctic Zone of the Russian Federation]. St. Petersburg, Sankt-Peterburgskiy politehnicheskii universitet Petra Velikogo Publ., 2016, 315 p.

6. Korchak E. A. *Trudovoy potentsial severnykh regionov v ramkakh realizatsii gosudarstvennoy politiki Rossiyskoy Federatsii v Arktike* [Labor potential of the Northern regions in the framework of the implementation of the state policy of the Russian Federation in the Arctic]. Apatity, Kol'skby nauchnsq tsentr RAN Publ., 2017, 174 p.

7. Kuznetsov A. E. *Analiz faktorov, vliyayushchih na razmeshchenie vahtovykh poselkov v Arktike* [Analysis of factors affecting the placement of shift living settlements

in the Arctic]. *Elektronniy nauchniy zhurnal «Arktika i Sever»* – Electronic scientific journal “The Arctic and the North”. Available at: http://aer.narfu.ru/upload/iblock/535/79_87.pdf (accessed: 20.01.2017).

8. Lukin Yu. F. *Rossiyskaya Arktika v izmenyayushchetsya mire* [The Russian Arctic in the changing world]. Arhangel'sk, IPTs SAFU Publ., 2013, 281 p.

9. Petuhov S. *Naselenie Rossiyskoy Arktiki sokratilos' za poslednie dvadtsat' let pochtu dvoye* [The population of the Russian Arctic has almost halved over the past twenty years]. *Zhurnal «Kommersant»* – “Businessman” Journal. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3217148> (accessed: 10.02.2017)

10. Porfir'ev B. N., Leksin V. N. *Vybor geoekonomicheskoy strategii Rossii v Arktike: prioritet kontseptsii kompleksnogo razvitiya* [Selection of Russia's geo-economic strategy in the Arctic: the priority of the concept of integrated development]. In: *Arkticheskoe prostranstvo Rossii v XXI veke: faktory razvitiya, organizatsiya upravleniya* [The Arctic space of Russia in the XXI century: development factors, management organization]. Ed. by Ivanter V. V. St. Petersburg, Nauka Publ., 2016, pp. 134–138.

11. Fauzer V. V. *Demograficheskiy potentsial severnykh regionov Rossii kak faktor ekonomicheskogo osvoeniya Arktiki* [Demographic potential of the northern regions of Russia as a factor of economic development of the Arctic]. *Arktika i Sever – The Arctic and the North*, 2013, no. 10, pp. 19–47.

12. Khudyakova S. V. *Stroitel'stvo v Arktike. Zametki i nablyudeniya* [Construction in the Arctic. Notes and observations]. Available at: <https://ardexpert.ru/article/9417> (accessed: 02.03.2017).

13. Shchegol'kova A. A. *Geoekonomicheskie osobennosti razvitiya sistemy transportirovki prirodnogo gaza v Rossii* [Geo-economic features of the development of the natural gas transportation system in Russia]. *Sever i rynek: formirovaniye ekonomicheskogo poryadka – The North and the Market: Shaping the economic order*, 2016, no. 3 (50), pp. 62–65.

14. Braun James E., Kevin B Mercer. “Symposium Papers – OR-05-11 – Energy Recovery Ventilation: Energy, Humidity, and Economic Implications – Evaluation of a Ventilation Heat Pump for Small Commercial Buildings.” *ASHRAE Transactions*, 2005, vol 111, no. 1.