

БЫСТРОВОЗВОДИМОЕ ЗДАНИЕ «ТЕПЛОРИУМ»: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

THE FAST-BUILT BUILDING «TEPLORIUM»: NEW OPPORTUNITIES FOR ENERGY-EFFICIENT CONSTRUCTION IN THE ARCTIC ZONE



Федоров А.Н.

член Экспертного совета ЭЦ «ПОРА», директор ООО «ТЕПЛОРИУМ», e-mail: economy13@gmail.com

Fedorov A.N.

member of the Expert Council of "PORA", General director of TEPLORIUM (LLC), e-mail: economy13@gmail.com



Максимова Л.А.

директор по развитию ООО «ТЕПЛОРИУМ», e-mail: megacheb@mail.ru

Maksimova L.A.

development director of TEPLORIUM (LLC), e-mail: megacheb@mail.ru

Аннотация: Создание комфортных условий для жизни и работы в суровых условиях Арктики является одной из важнейших задач современного этапа освоения Арктической зоны Российской Федерации. В статье рассмотрены новые современные инновационные подходы к разработке и строительству необходимых для Арктики зданий. В статье представлены возможности и перспективы применения инновационного продукта ООО «Теплориум»: быстровозводимое куполообразное здание ТЕПЛОРИУМ. В нём воплощены такие достижения технического прогресса, как: повышение устойчивости зданий при различных видах внешнего воздействия, защита от стихийных бедствий (наводнений, землетрясений, ураганов), повышение энергоэффективности здания. В проекте предусмотрены: снижение материалоемкости и многодельности, уменьшение срока монтажа здания без специальной строительной техники, лёгкий фундамент без «мокрых» технологий, применение доступных промышленно-стандартных прямоугольных форм облицовочного материала одинакового периметра, сохранение свободного от опорных элементов внутреннего пространства, лёгкость транспортировки.

Ключевые слова: теплориум, здание, Арктика, быстровозводимое здание, ветровые нагрузки, полусфера, энергоэффективность, быстрая сборка, защита от стихийных бедствий, защита от наводнений, землетрясений, ураганов, теплоизоляция, ветровые нагрузки.

В период глобального изменения климата, роста стихийных бедствий, высоких цен на эксплуатацию зданий трудно переоценить актуальность энергоэффективных быстровозводимых зданий, обеспечивающих безопасность и одновременно комфорт в сложных климатических условиях и в зонах с риском стихийных бедствий.

В Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ), как нигде остро стоит необходимость внедрения новых видов сооружений, где условия проживания и деятельности были бы максимально комфортными. Комфортная жизнедеятельность — это важный компонент уровня жизни в АЗРФ. Об этом глава россий-

Annotation: Creating comfortable conditions for living and working in the harsh conditions of the Arctic is one of the most important tasks of the current stage of development of the Arctic zone of the Russian Federation. The article considers new modern innovative approaches to development and construction. The article discusses new modern innovative approaches to the development and construction of buildings necessary for the Arctic. The article presents the possibilities and prospects of using the innovative product of Teplorium LLC: the prefabricated domed building TEPLORIUM. It embodies such technological progress as: increasing the stability of buildings under various types of external influences, protection against natural disasters (floods, earthquakes, hurricanes), increasing the energy efficiency of the building. The project provides for: reducing material consumption and busyness, reducing the installation time of a building without special construction equipment, an easy foundation without wet technologies, using available industry-standard rectangular forms of facing material of the same perimeter, keeping the interior space free from supporting elements, and easy transportation.

Key words: teplorium, building, Arctic, fast-built, fast-erected, wind load, hemisphere, energy efficiency, quick assembly, protection against natural disasters, protection against floods, earthquakes, hurricanes, thermal insulation.

ского государства заявил на Международном арктическом форуме в Санкт-Петербурге, в марте 2019 г. Согласно новой стратегии развития Арктики до 2035 года уровень жизни каждого из арктических регионов должен быть не ниже среднероссийского [5].

Президент России отметил, что «по ключевым социально-э-

кономическим показателям, по качеству жизни людей все арктические регионы необходимо вывести на уровень не ниже среднероссийского. Обращаю внимание — именно такая задача должна быть не только чётко обозначена в новой стратегии развития Арктики, но и служить ориентиром для работы всех федеральных ведомств и региональных властей России».

Разработанная компанией «Теплориум» новая технология быстровозводимых зданий для территорий с экстремальными условиями служит примером реализации данной задачи.

Известно, что в Арктике очень высокий уровень обводнённости почв. Вода попадает в микротрещины материала, застывает и расширяет поры. Этот процесс повторяется и приводит к разрушению бетона [4].

Известно, что фундамент непосредственно воспринимает колебания почвы и передаёт их всей массе здания и при деформации основания здания (фундамента), происходит нарушение прочности конструкций каркаса, а их повреждение вызывает каскадную деформацию наружной обшивки и опорных элементов, что может приводить к обрушению здания. В связи с этим, в целях сохранения устойчивости и прочности здания, в том числе при вибрациях земли (землетрясениях, оползнях и др.) каркас здания укрепляют жёстким и прочным фундаментом.

Конструктивные особенности силового каркаса здания «Теплориум» (Патент на изобретение №2631285RU (19.08.2016) «Универсальное здание») [2], с широкими опорами ферм увеличивают прочность основания здания без строительства тяжелого фундамента, позволяют устанавливать здание на неподготовленное место, удешевлять стоимость

и уменьшать сроки строительства в целом. Здание «Теплориум» не требует «мокрого» массивного бетонного фундамента, его можно устанавливать на высокие сваи, либо на круглогодичные плавучие понтоны. Отсутствие дополнительных опорных элементов (кольцевых, центральных опор), которые не только уменьшают внутреннее пространство, но и могут деформироваться при нагрузках и привести к нарушению устойчивости или разрушению здания, также повышают надёжность здания «Теплориум» в суровых климатических зонах и на сейсмоопасных участках.

При комплектации алюминиевым каркасом здание может быть оснащено плавучим понтоном, что обеспечивает безопасность даже при таянии вечной мерзлоты.

Ещё одна проблема Арктической зоны — сильные метели. Воздушные массы с частицами льда ударяются об элементы конструкции здания и выбивают частицы строительного материала. Так, в некоторых зданиях Норильска ограждающие панели на момент постройки были толщиной в 30 сантиметров, а сегодня они истончились до 8 сантиметров [4].

Известно, что сильные порывы ветра создают ударное, динамическое воздействие на здание, разрушающее структурную целостность и устойчивость здания (опрокидывание, парусность). Известно, что воздушные потоки, ударяясь в здание разбиваются, одни из них огибают здание, другие устремляются сначала вниз, а затем у земли также направляются в стороны по поверхности здания.

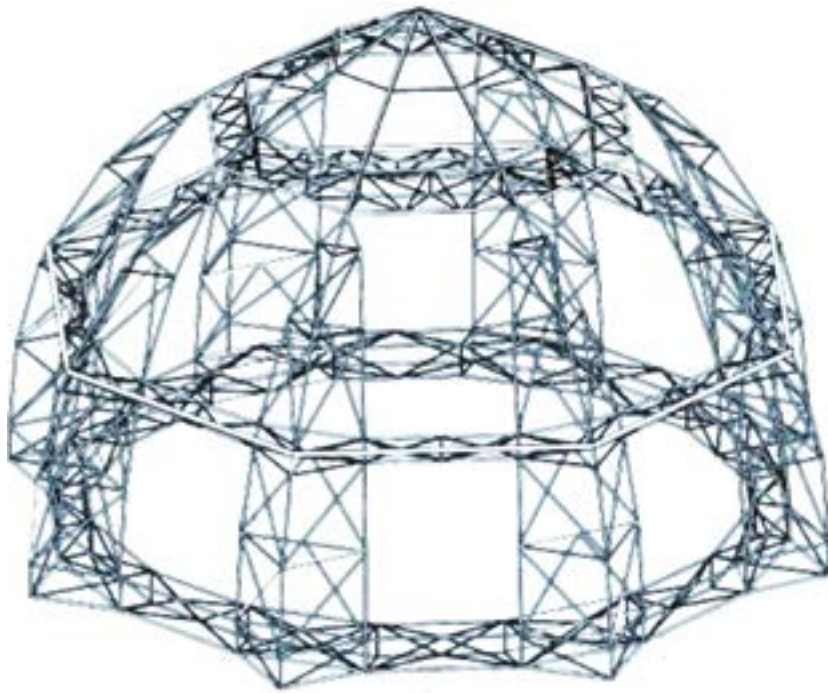
Ученые из Института биофизики СО РАН участвуют в разработке концепций экологического и закрытого жилья на Марсе на

базе зданий с аэродинамической формой [4]. Подобные здания предлагают строить и в Арктике. Акцент на сооружения с аэродинамической формой делается, в первую очередь, потому, что они менее подвержены ветровым и снеговым воздействиям: только за счёт изменения формы можно на 60% снизить теплопотери [4]. В Швеции специалисты также рассматривают предложения использовать форму купола при малоэтажном индивидуальном строительстве в Арктике [4].

Действительно, по сравнению с прямоугольными зданиями влияние воздушных нагрузок на устойчивость строений с аэродинамической формой минимальна, поскольку округлую форму здания ветер обтекает. Слабый воздушный поток огибает округлую форму с меньшим сопротивлением, не оказывая серьёзного воздействия, что делает такие здания более устойчивыми по сравнению с прямоугольными (рис 1).

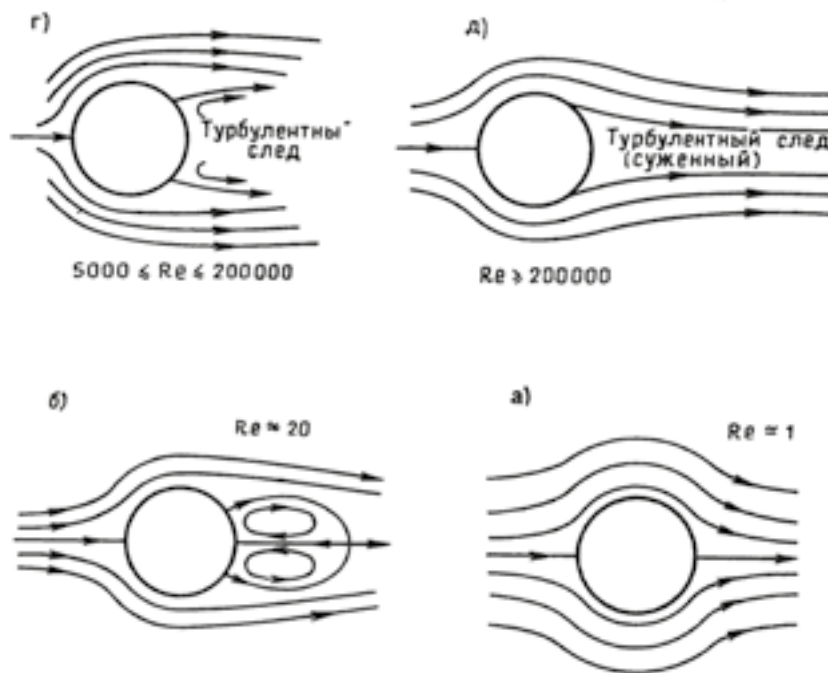
Однако, при сильных воздушных потоках ветровой поток, огибающий такое куполообразное строение, создаёт вихревые узлы (турбулентность) с противоположной (подветренной) стороны здания. Образованная с подветренной стороны зона отрицательного давления дополнительно раскачивает здание (рис 2, рис 3) [1].

Таким образом, на здание одновременно начинают воздействовать ударный, давящий на здание, воздушный поток и образованный с противоположной стороны здания утягивающий вихревой поток, который одновременно тянет здание в ту же сторону, что и ударный. Здание начинает колебаться перпендикулярно ударному потоку из стороны в сторону, что может приводить к отрыву от опоры, опрокидыванию или подъёму здания (рис. 2, рис. 3) [1].



Силовой каркас специальной патентованной формы, помимо быстрой сборки, обеспечивает высокую структурную устойчивость и способность воспринимать значительные внешние нагрузки и воздействия без разрушения и существенных остаточных деформаций. Здание сохраняет структурную целостность при возможном частичном повреждении до 35%.

Немаловажно, что в здании «Теплориум» наружная обшивка здания не выполняет функцию сохранения устойчивости и прочности здания. Строение одинаково устойчиво с любым видом облицовочного материала, в том числе с тяжелыми защитными материалами и при засыпке грунтом. Прочный каркас способен удерживать большие массы снега.



В здании «Теплориум» благодаря специальной форме силового каркаса (рис. 4) сильный воздушный поток, ударяясь о преграды в виде наружных частей ферм с разных сторон здания, разбивается на несколько ослабленных потоков. Вихрь на противоположной стороне не возникает, происходит разрушение турбулентных вихрей и уменьшение мощи воздушного

потока со всех сторон здания, что позволяет отклонять ветер в разные стороны, не позволяя ему захватить здание. Общее ударное воздействие воздушного потока на здание уменьшается, снижается риск повреждения и разрушения конструкции, и снижается парусность здания даже в сравнении с известными купольными зданиями.

Известные аналоги куполообразной формы проявляют меньшую устойчивость: каркас стратодезического купола, состоящий из секций трапециевидной формы, имеет высокую несущую способность по вертикальным нагрузкам, но не очень устойчив к нагрузкам на скручивание [3], каркас геодезического купола не очень хорошо воспринимает горизонтальные нагрузки [3].

Сегодня 70% затрат при строительстве здания в Арктике идут на логистику: доставка материалов, обеспечение строителей и так далее [4]. Небольшая масса и аэродинамическая форма здания «Теплориум» позволяет перевозить собранное здание вертолётом, а также собирать без подъёмной техники в труднодоступных местах.

Покрытие оболочки здания осуществляется панелями одного типоразмера прямоугольной формы (в том числе прозрачными). В прямоугольные проемы здания «Теплориум» легко устанавливаются различные промышленно-стан-

дартные ворота, окна двери, любые виды известных утеплителей и прочее. Эта конструктивная особенность положительно отличает здание «Теплориум» от близких аналогов – геодезического и стратодезического купольных строений. В последних остаётся больше отходов строительных материалов, требуются двери и окна необычной формы, ограничен выбор материалов для наружной и внутренней отделки [3].

Универсальность и промышленная стандартность форм облицовочных материалов для здания «Теплориум» уменьшает материалоёмкость и трудоёмкость, снижает затраты. Отсутствует сложность подбора облицовочных строительных материалов, поскольку материалы стандартных прямоугольных форм промышленно доступны, а также обеспечивает хорошую герметичность

прямолинейных швов между элементами, а значит и теплоизоляцию здания.

В суровом арктическом климате целесообразно строить так называемые здания-поселения, состоящие из нескольких связанных между собой зданий, где будет вся необходимая для жизни инфраструктура (жилая зона, магазины, детские сады и школы,

Сравнительная таблица преимуществ быстровозводимого здания «Теплориум» перед известными зданиями

	Дом прямоугольной формы	Известный геодезический, стратодезический купол и купол на основе пневмокаркаса и заливки бетоном	Быстровозводимое куполообразное здание «Теплориум» (аналогов на рынке нет)
Устойчивость	Разрушение 30% здания приводит к обрушению	Разрушение до 30% элементов дома не приводит к обрушению, но большое количество опорных элементов имеет большой риск деформации здания	Разрушение до 35% элементов здания не приводит к обрушению
Ветровые нагрузки. Парусность	Высокая, требуется массивный фундамент	Снижена при не сильных ветровых нагрузках	Снижена при сильных (ураганных) ветровых нагрузках. Патентованная специальная форма каркаса дополнительно подавляет силу воздушного потока.
Материалоёмкость, расход материала	100% (площадь наружной поверхности здания в 1,5 раза выше куполообразных зданий при одинаковой полезной площади)	80% (различные типоразмеры сложной формы (треугольной, трапециевидной, многоугольной) требуют повышенного расхода материала и трудоёмкости)	60-70% (благодаря одинаковым типоразмерам прямоугольной формы, применимы доступные промышленно-стандартные облицовочные материалы, уменьшены обрезки (отходы) при производстве)
Установка окон, дверей, ворот	Лёгкость	Требует дополнительной установки тамбура, пристроя под установку прямоугольных форм окон, дверей, ворот, переходов, либо изготовление нестандартных форм окон, дверей, что ведет к удорожанию.	Окна, двери, ворота, переходы устанавливаются в прямоугольные проёмы здания без дополнительного пристроя.
Энергозатраты	100%	60%	30-60%
Сложность монтажа	Строительная тяжёлая техника, высококвалифицированный персонал	Строительная тяжёлая техника, высококвалифицированный персонал	Без «мокрых» технологий, без строительной техники, простота и высокая скорость сборки.
Бронирование (установка защищённых тяжёлых облицовочных материалов)	Возможно (требует массивный фундамент)	Невозможно	Бронирование защищёнными панелями является вариантом комплектации благодаря высокой прочности объёмного силового каркаса «Теплориум»

больницы, досуговые зоны для отдыха и др.).

Одинаковость элементов прямоугольной формы здания «Теплориум» позволяет производить трансформацию здания в процессе эксплуатации, в зависимости от изменения функционального назначения или внешнего вида здания. Предусмотрено наращивание пристроя для создания объёмно-пространственных композиций из нескольких зданий (зданий-поселений). При этом такие трансформации не повлияют на устойчивость здания, поскольку элементы обшивки не выполняют несущую функцию.

В целях повышения энергоэффективности в проёмы прямоугольной формы возможна установка солнечных панелей промышленно-стандартной прямоугольной формы без каких-либо дополнительных выступов или пристроя к зданию. Такому зданию не потребуется подключение к электросети, что позволяет устанавливать здание в труднодоступных местах.

Технические характеристики здания «Теплориум»: диаметр здания от 6 до 30 м, каркас: сталь или алюминий, высота этажа: 3-6 м, этажность: 1-3 этажа. При базовом диаметре основания 12 м, полезная площадь здания в 2 этажа — около 200 м².

Быстровозводимые здания «Теплориум» универсальны для различного применения: жилые, коммерческие, для производственной инфраструктуры, медицинских пунктов, складов, ангаров и гаражей для техники, гостиниц и др. Широкие возможности, недоступные ранее, могут получить военные.

По мнению авторов, актуальным механизмом финансирования строительства зданий «Теплориум» в АЗРФ станет госу-



Кузнецов Никита / GeoPhoto.ru

дарственно-частное партнёрство, которое уже начинает использоваться для строительства инфраструктуры в АЗРФ [7-9], включая концессию и инфраструктурную

ипотеку. Особенно перспективно, по нашему мнению, для создания объектов по технологии «Теплориум» использование такого механизма, как контракт жизнен-

Литература:

1. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения / Пер. с англ. Маслова Б.Е., Швецово А.В.; Под редакцией канд. техн. наук Б.Е. Маслова. М.: Стройиздат, 1984. С. 106-107. Перевод изд.: Wind Effects on Structures / E. Simiu, R. Scanlan (1978).
2. Патент на изобретение №2631285RU Универсальное здание. Реестр изобретений Российской Федерации. [Электронный ресурс] // URL: <https://patentinform.ru/inventions/reg-2631285.html> (дата обращения 06.03.2020)
3. Сферические (купольные) дома — технология и их особенности. Stroychik.ru Советы по строительству. [Электронный ресурс] // URL: <https://stroychik.ru/strojmaterialy-i-tehnologii/kupolnye-doma> (дата обращения 06.03.2020)
4. Каким будет арктическое строительство будущего? Издательский дом «Пост-Наука». [Электронный ресурс] // URL: <https://postnauka.ru/faq/99931> (дата обращения 06.03.2020)
5. Пленарное заседание Международного арктического форума [Электронный ресурс] // URL : <http://www.kremlin.ru/events/president/news/60250> (дата обращения 06.03.2020)
6. Балобанов А.Е., Воротников А.М. Финансирование ключевых инфраструктурных проектов в Арктической зоне Российской Федерации. Согласование интересов государства и бизнеса // Журнал исследований по управлению. 2018. № 6. С. 16-28. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/22095/view> (дата обращения: 22.02.2020).
7. Воротников А.М.; Максимова Д.Д.; Тарасов Б.А. Государственно-частное партнёрство в формировании и развитии опорных зон развития в Арктической зоне Российской Федерации // [Электронный ресурс]-URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvenno-chastnoe-partnerstvo-v-formirovanii-i-razviti-i-opornyh-zon-razvitiya-v-arkticheskoi-zone-rossii-skoi-federatsii> (Дата обращения: 14.02.2020)
8. Vorotnikov A.M.; Tarasov B.A. Public-private partnership as a mechanism of the Russian Arctic zone's sustainable development // [Электронный ресурс]- URL: https://www.researchgate.net/publication/335003271_Public-private_partnership_as_a_mechanism_of_the_Russian_Arctic_zone's_sustainable_development (Дата обращения: 14.02.2020)
9. Фадюшин И.С. Контракты жизненного цикла как новый механизм государственно-частного партнёрства // Молодой учёный. 2019. №15. С. 225-226. URL <https://moluch.ru/archive/253/58088/> (дата обращения: 22.02.2020).

ного цикла (КЖЦ) [10]. Суть его в том, что сделка включает в себя комплекс работ подрядчика, начиная от проекта и строительства, и заканчивая последующим обслуживанием построенного объекта в течение «срока жизни» объекта. Часто подрядчик строит объект на собственные средства, а публичная сторона начинает платить за обслуживание объекта только с момента его сдачи в эксплуатацию. Таким образом, публичный заказчик платит не за сам объект, а за его бесперебойное функционирование, а предметом контракта является не сам объект, а его обслуживание.

Таким образом, преимущества уникального здания «Теплориум» дают новые возможности строительства здания в Арктической зоне:

1. высокая энергоэффективность: снижение расходов до 80%;
2. быстрая скорость сборки;
3. высокая ветроустойчивость (скорость ветра до 250 км/ч);
4. высокая устойчивость к воздействию наводнений, землетрясений (разрушение 35% элементов здания не приводит к обрушению);
5. снеговая нагрузка до 650-700 кг/м²;
6. доставка любым видом транспорта, в том числе вертолётном;
7. круглогодичное строительство без тяжелой строительной техники, лёгкий фундамент;
8. лёгкость объединения зданий в кластеры (здания-поселения), трансформация и наращивание в процессе эксплуатации без нарушения каркасов зданий;

9. лёгкость интеграции солнечных панелей в стены здания;

10. возможность размещения запаса питьевой воды, еды, медикаментов, надувной лодки, аккумуляторной батареи (для подачи сигнала SOS и обеспечения нормальной жизнедеятельности до прихода спасателей в случае отсутствия электричества) и иного без использования жилого пространства здания (в фермах каркаса здания);

11. невысокая цена, архитектурная выразительность, универсальность применения.

Таким образом, применение в Арктической зоне, в сейсмоопасных местностях, в зонах с риском наводнений и ураганов быстровозводимого куполообразного

здания «Теплориум» обеспечит устойчивое развитие и комфортное пребывание в зонах с суровым климатом.

На сегодняшний день существуют все возможности, как финансовые, так и технологические для возведения в АЗРФ современных высокотехнологичных зданий по технологии «Теплориум» с целью создания и развития общественной инфраструктуры.

Literature

1. Simiu Emil, Robert H. Scanlan. Wind effects on structures: An introduction to Wind Engineering / Translate from English by Maslov B.E., Shvetsova A.V. ; Edited by Cand. of tech. sciences B.E. Maslov. M.: Stroyizdat, 1984. P. 106-107.
2. Patent for invention №2631285RU Multi-purpose building. Register of inventions of the Russian Federation. [Electronic resource] // URL: <https://patentinform.ru/inventions/reg-2631285.html> (date of address 06.03.2020)
3. Spherical (domed) houses – technology and their features. Stroychik.ru Building tips. [Electronic resource] // URL: <https://stroychik.ru/strojmaterialy-i-tehnologii/kupolnye-doma> (date of address 06.03.2020)
4. What will be the Arctic construction of the future? Publishing house «PostNauka». [Electronic resource] // URL: <https://postnauka.ru/faq/99931> (date of address 06.03.2020)
5. Plenary session of the International Arctic forum [Electronic resource] // URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/60250> (date of address 06.03.2020)
6. Balobanov A.E., Vorotnikov A.M. Financing of key infrastructure projects in the Arctic zone of the Russian Federation. Coordination of interests of the state and business // Journal of management research . 2018. no. 6. Pp. 16-28. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/22095/view> (accessed 22.02.2020).
7. Vorotnikov A.M.; Maksimova D.D.; Tarasov B.A. Public-private partnership in the formation and development of reference development zones in the Arctic zone of the Russian Federation // [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvenno-chastnoe-partnerstvo-v-formirovanii-i-razviti-i-opornyh-zon-razvitiya-v-arkticheskoi-zone-rossii-skoi-federatsii> (accessed 14.02.2020)
8. Vorotnikov A.M.; Tarasov B.A. Public-private partnership as a mechanism of the Russian Arctic zone's sustainable development // [Электронный ресурс]-URL: https://www.researchgate.net/publication/335003271_Public-private_partnership_as_a_mechanism_of_the_Russian_Arctic_zone's_sustainable_development (accessed: 14.02.2020)
9. Fadyushin I.S. life cycle Contracts as a new mechanism of public-private partnership // Young scientist. 2019. No. 15. Pp. 225-226. URL <https://moluch.ru/archive/253/58088/> (accessed 22.02.2020).