

УДК 721

Романцов Р.В. – аспирант

E-mail: roman.romancov.91@gmail.com

Краснобаев И.В. – кандидат архитектуры, доцент

E-mail: tia.kgasu@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Повышение эксплуатационной пригодности концепции крытых поселений с искусственным микроклиматом к сложным геокриологическим условиям Заполярья

Аннотация

Постановка задачи. Целью работы было выявление и теоретическое совершенствование современных архитектурно-планировочных и инженерно-конструктивных приемов повышения пригодности концепции крытых поселений с изолированными атмосферными условиями к применению в арктической и антарктической криолитозоне.

Результаты. На основе изучения современного опыта возведения капитальных сооружений на сильнольдунистых грунтах, предложено несколько архитектурно-конструктивных приемов повышения геотехнической безопасности крытых поселений. Первый прием заключается в расположении строительного объема крытых поселений на поднятом регулируемом свайном основании. Второй прием состоит в использовании фундаментной платформы с многокамерным вакуумированным объемом. Третий – в применении разветвленной сети термостабилизирующих установок, способных выполнять роль низкопотенциальных источников энергии. Четвертый – в обустройстве на территории застройки солнцезащитных навесов.

Выводы. Первостепенным направлением дальнейшего развития концепции крытых поселений должно стать постоянное повышение их геотехнической надежности в условиях динамично ухудшающейся геокриологической обстановки в полярных регионах. Совместное использование большепролетных солнцезащитных навесов из ЭТФЭ и фундаментных пространственных опор на гидравлических подъемниках является наиболее эффективным средством достижения этой цели.

Ключевые слова: жилище для условий Севера, поселения под куполом, криолитозона, геотехническая безопасность.

В условиях современности обширные территории Заполярья приобретают все большее значение для устойчивого развития многих отраслей мирового хозяйства. Актуальность освоения природно-территориальный комплекса этих регионов определяется, прежде всего, их значимой ресурсно-сырьевой базой, выгодным географическим положением, удобным для развития военно-стратегической инфраструктуры и трансконтинентальных транспортно-коммуникационных магистралей, а также их ведущей ролью в формировании глобальных климатических процессов. Наряду с этим, принимая во внимание разрастающуюся проблему исчерпания биологических и минеральных ресурсов в обжитых человеком регионах планеты, а также увеличивающиеся масштабы перенаселения, можно говорить о том, что значимость высокоширотных векторов развития цивилизации в будущем будет только возрастать. Одновременно с этим, дальнейшее увеличение динамики хозяйственного освоения потенциала региона не может быть достигнуто без привлечения интенсивных потоков трудовой миграции. Для полноценного решения этой проблемы на осваиваемых территориях должна быть создана современная и гуманная жилая среда, располагающая всеми необходимыми элементами для обеспечения полноценной и комфортной жизнедеятельности в условиях крайне неблагоприятных климатических воздействий. Одним из наиболее многообещающих средства выполнения этой задачи, может стать строительство крытых поселений с искусственным микроклиматом.

Перспективность применения данного типа жилища в современном процессе хозяйственного освоения полярных регионов, определяется рядом его преимуществ перед открытой застройкой. Изолированный микроклимат крытых поселений уменьшает негативное воздействие на них сурового природного окружения. Достижимая таким образом тепловая устойчивость застройки поможет снизить расходы на отопление, раскрыв дополнительные возможности к эффективному использованию возобновляемых и низкопотенциальных источников энергии и с другой стороны защитить хрупкую экосистему Заполярья от антропогенного влияния.

Концепция крытых поселений получила наиболее яркое и технически аргументированное воплощение в проектах «Arctic City» (Фрай Отто, Кензо Танге, 1979 г.), «New Town Frobisher-Bay» (Канада, 1959 г.), комплексе «Айхал» (1964 г.), «Экогород 2020» (Архитектурное бюро «Аб-Элис», 2009 г.), «Ковчег» (Александр Ремизов, 2010 г.). Подобное экспериментальное проектирование постепенно повышает реализуемость концепции крытых поселений и ее соответствие современной северной специфике. При этом учитывая постоянно возрастающую геополитическую значимость полярных регионов, можно отметить, что интенсивность подобного рода проектных поисков будет только возрастать [1].

Наряду с этим существующая инженерно-техническая база концепции крытых поселений имеет ряд серьезных недостатков, снижающих возможность их эксплуатации в сложных геокриологических условиях Заполярья.

На сегодняшний день районы вечномерзлых грунтов охватывают около 63 % территории России. Строительство и эксплуатация капитальных зданий и сооружений на этих почвах, даже с современным уровнем развития технологий представляет собой трудную задачу, сопряженную с необходимостью сохранения естественно-мерзлого состояния криогенных почв основания. Несоблюдение этого требования приводит к потере несущей способности грунтов, что сокращает срок службы расположенных на нем строений. Зачастую главной причиной возникновения и развития этих деструктивных криогенных процессов являются неконтролируемые потоки сбросного тепла, исходящие от плохо изолированных отапливаемых зданий. На сегодняшний день подобное явление теплового загрязнения вечномерзлых грунтов получило большое распространение во всех приполярных городах России, вызвав значительное ухудшение эксплуатационной надежности существующего жилищного фонда [2, 3]. На этом фоне концепция возведения на Севере крытых поселений с большими внутренними отапливаемыми пространствами выглядит еще более сложным мероприятием, связанным с вероятностью образования катастрофически мощных потоков тепловых потерь на более глубокие слои криогенной толщи. При этом, учитывая масштабность и большой вес таких сооружений, влияющий на значительную глубину грунтового массива, проблема их оттаивающего основания не сможет быть эффективно решена за счет использования дорогостоящего метода замещения вечномерзлой толщи на более стабильные массы осадочных горных пород. Таким образом, по степени сложности сохранения грунтов основания в мерзлотном виде, такого рода объекты можно отнести к разряду капитальных сооружений требующих применения наиболее сложных и дорогостоящих технических решений. При этом данная проблема осложняется ориентацией многих проектов крытых поселений на круглогодично высокие температуры внутренней среды, достигающие в ряде случаев показателей тропических широт [1]. Также следует упомянуть, что основным направлением проектных разработок в этой области остается именно освоение наиболее сложных участков Заполярья, с круглогодичным экстремально холодным климатом. В данном случае контраст между внутренним температурным режимом и внешней естественной средой станет еще более значительным, что многократно интенсифицирует процесс теплового загрязнения и скорость разрушения вечномерзлых грунтов. К этому следует добавить, что данный тип криоклиматического жилища обладает наибольшей уязвимостью к последствиям деформации грунтового основания ввиду массивности объемно-пространственного решения большинства проектов крытых поселений. Принимая во внимание значительную величину просадки вечномерзлого грунта, проблема деформации таких сооружений не может быть решена только лишь обустройством осадочных швов. В связи с этим, применение уже отработанных на

практике форм открыто-закрытой криптоклиматической застройки, состоящей из отдельных зданий, соединенных крытыми переходами на шарнирных опорах, продолжает оставаться привлекательной альтернативой для организации жилой среды. Тем не менее, описанную проблему осадочной деформации большепролетных крытых комплексов нельзя назвать принципиально неразрешимой, и для ее предотвращения может быть предложено несколько технических приемов.

Рационализация опорной системы

Наиболее очевидным средством изоляции теплового массива крытых поселений от грунта может стать обустройство под ним высокого вентилируемого подполья на сваях – прием, зарекомендовавший себя при строительстве промышленных и гражданских сооружений на Севере. Напротив, отказ от этого приема, например в случае 50-метрового геодезического купола на антарктической научной станции Амундсен-Скотт (Amundsen–Scott), привел впоследствии к большим издержкам на его очистку от снеготаносов. При этом использование проветриваемого подполья при сооружении новых корпусов станции в 2003 году, почти полностью предотвратило неестественное накопление снега в их основании, сократив расходы на обслуживание всего комплекса [4].

Недостаток применения подобного рода фундаментных систем в данных климатических условиях состоит в высокой металлоемкости и стоимости земляных работ «нулевого цикла». При этом одним из главных направлений сокращения подобных затрат, остается уменьшение количества устанавливаемых в грунт опор посредством увеличения пролетов между ними, например за счет устройства над обвязочными балками свайного фундамента промежуточной пространственной платформы с внутренними взаимосвязанными ферменными конструкциями. Помимо экономических выгод, этот прием позволит минимизировать площадь занимаемой ими поверхности грунта, снижая вероятность его растепления и нарушения теплового баланса почвы. Расширение пролета между опорами снизит образование снежных заносов, неестественное накопление которых также способно серьезно нарушить температурный режим мерзлого основания [5].

Высота проветриваемого подполья для протяженных крытых комплексов должна составлять не менее 4 метров. Для усиления эффекта продувания, нижняя часть высоких стенок платформы может быть скошена на 45 %. Это улучшит аэродинамические качества платформы, позволив увеличить скорость и концентрацию ветровых потоков под ее основанием. Помимо этого большая высота подполья обеспечит свободный проезд уборочной техники и распространенных на Севере грузовиков с массивной колесной базой.

Для повышения материалоемкости такого инженерного решения и снижения территориального дефицита поселений под куполом внутреннее пространство опорных платформ, пересеченное ферменными конструкциями, и способное достигать высоты в несколько метров, может использоваться в качестве технического этажа для размещения систем жизнеобеспечения расположенной выше застройки, не требующих естественного освещения – склады, автостоянки, системы аккумуляции энергии, установки очистки сточных вод, биореакторы переработки органических отходов, емкости расположенных на поверхности искусственных водоемов и т.п. Применение распределительной пространственной платформы позволит расположению опорных свай в меньшей степени зависеть от планировочного контура расположенных на ней строений. Это способствует более свободному расположению свай или стоек на разрозненных и наименее рискованных, например скальных участках грунта. Кроме того подобная гибкость опорной системы позволит нивелировать перепады высот на сложном рельефе. Для снижения воздействий на криогенное основание, а также сокращения работ «нулевого цикла», сваи в подобного рода опорных системах могут устанавливаться не в толщу грунта, а на его поверхность, посредством плоских широких башмаков, как, например, в проекте полярного города «Умка» архитектора Валерия Ржевского. При этом оснащение каждой свайной опоры собственным гидравлическим приводом, обеспечивающим возможность регулировки ее высоты вне зависимости от степени выдвижения других опор, повысит упругость и устойчивость опорной системы, позволяя ей избегать образования крена при самых сильных и неравномерных карстовых просадках основания,

достигающих в сильнольдунистых грунтах высоты в несколько метров. Возможность ослабления давления отдельных свай на грунт и перераспределения несомой ими нагрузки на другие опоры позволит корректировать деформационные процессы в верхних слоях грунтового основания, посредством концентрации массы застройки на участках наиболее сильного пучения. Данный прием актуален в условиях континентальной Антарктиды, где часто наблюдается явление постепенного «зарывания» зданий в снежно-фирновой толщу.

После небольших технических усовершенствований гидравлическая система регулирования высоты опор также может выполнять роль демпферного амортизатора (телескопического амортизатора), смягчающего передачу вертикальных сейсмических колебаний грунтового массива на основные несущие конструкции застройки. Потребность в подобного рода амортизационных фундаментных системах отчетливо ощущается на обширных пространствах Заполярья, подверженных высокому сейсмическому риску. На Крайнем Севере к таким территориям, прежде всего, относятся прибрежные зоны Белого и Баренцева моря, то есть территории, являющиеся одними из наиболее привлекательных для промышленного освоения, и строительства новых населенных пунктов. При этом дальнейшее расширение эксплуатации месторождений Арктики, и интенсификация хозяйственного преобразования ее природных комплексов, приведет только к усилению местной сейсмической активности. Помимо этого данную ситуацию может усугубить и глобальное потепление климата, приводящее к сокращению криолитозоны и образованию многочисленных эрозий [6].

Другим инженерным решением, препятствующим теплообмену застройки крытых поселений с грунтом, может стать их расположение на высокой изоляционной платформе, с двойными стенками и многокамерным вакуумированным по принципу сосуда Дьюарра объемом. Для улучшения теплоизолирующих свойств подобной платформы, под ней могут быть расположены блоки железобетонных лотков, предназначенные для естественной или искусственной вентиляции. Главным недостатком данной конструкции фундамента, по сравнению с описанной системой проветриваемого подполья, можно назвать большую площадь опирания на вечномерзлое основание, что делает его более уязвимым к неравномерным осадкам грунта.

Системы термостабилизации грунта

Еще одним многообещающим инженерным средством сохранения проектной прочности вечномерзлого основания крытых поселений может стать использование трубчатых систем термостабилизации грунта. Их принцип действия основывается на переносе холода наружного воздуха к основанию фундамента, благодаря чему вокруг него создается мерзлотный экран, не позволяющий грунту растепляться, как от верхних тепловых потоков исходящих из расположенной на нем застройки, так и от процессов происходящих в его нижележащих слоях. Конструктивно такие системы представляют собой капсулированные трубчатые, жидкостные либо парожидкостные устройства, размещаемые в специальных скважинах, пробуренных рядом с опорным фундаментом. Надземную часть таких установок венчает ребристое конденсаторное устройство, которое при опасном для вечномерзлого грунта повышении температуры наружной среды, полностью останавливает естественную циркуляцию хладагента, предотвращая таким образом перенос излишнего тепла в грунт.

Немаловажная особенность этих систем состоит в том, что они являются естественно-действующими, то есть не требующими электроэнергии для своей работы. На сегодняшний день подобные системы нашли применение в разных направлениях инженерного освоения криолитозоны: при обустройстве железных дорог и трубопроводов, масштабных промышленных предприятий и дамб. Экономический эффект от применения подобных на первый взгляд нестандартных и относительно сложных в устройстве термостабилизационных установок в купольных городах может быть очень высоким. Так, помимо сокращения риска осадочных деформаций и затрат на их исправление, данные системы позволяют снизить материалоемкость конструкций фундаментов, и расходы на их обустройство и эксплуатацию. Как свидетельствует современный строительный опыт в Заполярье, применение термостабилизирующих

систем для укрепления грунта позволяет сократить объем капиталовложений от 20 % до 50 %, площади строительства до 50 %, и при этом почти вдвое сократить продолжительность работ. При этом для упрощения работ нулевого цикла, термостабилизационные системы могут быть предварительно интегрированы в сами фундаментные конструкции. По такому принципу, например, решена конструкция термосвай, в которых тепловой сифон устанавливается внутри ее трубчатого корпуса. Использование таких совмещенных систем, может позволить сократить сроки фундаментостроения крытых поселений в 2-3 раза [7, 8].

После незначительной модификации, описанная технология термостабилизации грунта, может использоваться для геотермального обогрева замкнутой воздушной среды купольных поселений, что позволит повысить экономический эффект от ее применения, и сделает их одним из неотъемлемых конструктивных элементов фундаментной системы крытых поселений. Для этого часть конденсаторных блоков системы должна устанавливаться внутри защищенного покрытием объема поселения, а теплоноситель их испарительной установки должен иметь возможность циркулировать при более высоких температурах наружной среды.

Для повышения безопасности, естественно-действующая система термостабилизации грунтов должна быть дополнена сильнодействующими установками принудительного промораживания, которые будут защищать от интенсивных внешних потоков тепла, возникающих, например, при пожарах или в случае подземных толчков.

Солнцеосадкозащитные навесы

Помимо мероприятий по защите мерзлых пород от теплового влияния застройки следует предусматривать солнцеосадкозащитные навесы в целях сокращения опасного растепляющего влияния прямой солнечной радиации и летних осадков на грунт.

В настоящее время, использование солнцезащиты актуально во всех климатических районах Заполярья, даже на территориях Арктического побережья. При этом в ближайшие десятилетия актуальность может вырасти ещё больше как по причине глобального потепления, так и вследствие интенсификации хозяйственного освоения вечномерзлых массивов. При этом последний фактор следует учитывать в первую очередь, при планировании строительных работ на ранее неосвоенных территориях. В естественном состоянии полярный ледниково-снежный покров обладает высокими характеристиками Альбеда, отражая от 80 до 90 % солнечной радиации в атмосферу, что позволяет снегу не таять при высокой интенсивности солнечного излучения, предохраняя нижележащие слои грунта от размораживания. При повреждении подобного защитного покрова, или его полной расчистке, уровень Альбеда поверхности грунта может упасть до 20-25 %, а тепловой баланс увеличиться почти вдвое. Повреждение его другого естественного теплоизолятора – мохоторфяного покрова, может дополнительно увеличить его тепловой баланс на 10-15 %, вызвав тем самым существенную потерю их несущих способностей [10].

В связи с этим, современная практика использования солнцееосадкозащитных навесов при строительстве инженерных сооружений в криолитозоне, свидетельствует об их высокой эффективности в обеспечении круглогодичной защиты поврежденного грунтового основания от избыточного солнечного тепла. Так, например, обустройство навесов для защиты откосов насыпи Цинхай-Тибетской железной дороги в Китае в 2006 году позволило достичь снижения температуры грунта на 3-5 градусов, обеспечить стабильность земляного полотна пути даже на сильнольднистых вечномерзлых массивах [11]. При этом, навесы сумели продемонстрировать лучшую результативность чем термосифоны [12]. Аналогичный положительный эффект был достигнут при использовании навесов для охлаждения основания средне и сильно-погруженных земляных плотин на Крайнем Севере. В сфере гражданского строительства в пользу данных систем косвенно свидетельствует многолетний опыт применения вентилируемых подполий, термостабилизационные свойства которых также во многом основываются на сокращении поступления солнечной радиации на грунт.

Для более полной защиты вечномерзлого основания застройки от излишнего солнечного тепла и осадков, теньевые навесы могут выполняться в виде единого большепролетного покрытия, обеспечивающего сплошную зону солнечной и дождевой

тени на территории застройки и на прилегающих к ней грунтовых массивах. Подобная масштабность солнцезащитных навесов, может позволить в полной мере компенсировать нарушения теплового режима основания застройки, вызванного снежными заносами, только за счет круглогодичной защиты ее территории от естественных вертикальных осадков. При этом для охлаждения грунта и более гибкой регуляции параметров микроклимата в не замкнутой воздушной среде большепролетных навесов, в них могут быть применены системы принудительной вентиляции. Для управления естественными ветровыми потоками, проходящими ниже уровня защитной оболочки, по ее контуру могут быть установлены ветровые экраны с регулируемым поворотом вокруг вертикальной оси. Применение подобных установок, поможет, как корректировать направление ветровых потоков, например, концентрируя их движение для удаления снежных заносов, так и позволит создать на территории застройки зону сплошного ветрового затишья. Для обеспечения высокой эксплуатационной пригодности большепролетных солнцезащитных покрытий в качестве основного ограждающего материала их кровли может быть использована система пневматических мембранных конструкций Texlon, обладающей повышенной прочностью при воздействии экстремально-низких температур. Так, основной полимер системы – ЭТФЭ (этилен-тетра-фтор-этилен), способен, не растрескиваясь, сохранять свои несущие способности при температуре до минус 80°С. К этому следует добавить и низкие адгезионные свойства материала, которые препятствуют накоплению на нем осадков [13]. Пассивная сопротивляемость навесов загрязнению может быть дополнена динамической системой самоочистки, работающей по принципу изменения формы оболочки за счет регулирования давления в отдельных мембранах. Изготовление защитных оболочек навесов из пневматических мембран позволит их конструкции более эффективно амортизировать кратковременные вертикальные и горизонтальные нагрузки, снижая их интенсивность и суммарное влияние на основные несущие элементы. При этом решенные по такому принципу защитные навесы с пониженным сквозным пространством и аэродинамической формой, смогут выполнять роль ветровых экранов, защищающих возвышенные над поверхностью этажи зданий от прямых воздействий сильного ветра. Выполнение оболочки навесов в виде гибко-амортизирующей системы позволит повысить устойчивость таких большепролетных сооружений и от вертикальных сейсмических нагрузок, что сделает возможным расширить территориальные рамки их применения и на районы подверженные сильным землетрясениям.

Для более гибкой регуляции количества солнечной радиации, поступающей во внутреннее пространство навесов в многослойных панелях ЭТФЭ, может быть применена воздухонапорная система изменения их светопропускной способности. Для этого на нескольких слоях панели могут быть нанесены однотипные непрозрачные рисунки, взаимное смещение которых, от изменения давления между слоями, сможет изменять количество проходящего сквозь них света, создавая эффект жалюзи [13]. Кроме того, полимер ЭТФЭ отличается высокой устойчивостью к ультрафиолетовому излучению, что делает этот материал практически незаменимым для строительства большепролетных солнцезащитных покрытий во внутриконтинентальных районах Антарктиды, где располагается самая крупная озоновая дыра на планете.

Приведенные преимущества большепролетных солнцезащитных навесов из ЭТФЭ, делают эти сооружения одним из наиболее многообещающих средств обеспечения геотехнической устойчивости крытых поселений. Дальнейшее совершенствование этих систем и их массовое применение для защиты криолитозоны в Заполярье сократит интенсивность ее теплового разрушения, позволив уменьшить количество природных и техногенных катастроф в регионе.

Выводы

Принимая во внимание проблему прогрессирующего ухудшения состояния криолитозоны полярных регионов, а также увеличивающийся уровень ее сейсмической активности, можно сказать, что дальнейшее развитие концепции крытых поселений должно осуществляться с повышением их эксплуатационной пригодности к сложным и изменяющимся инженерно-геокриологическим условиям Заполярья. Совершенствование

геотехнической составляющей концепции должно основываться на более активном заимствовании самых передовых технических решений из других сугубо инженерных направлений освоения криолитозоны.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что совместное использование большепролетных солнцезащитных навесов из ЭТФЭ и пространственных фундаментных платформ на гидравлических опорах является наиболее эффективным приемом по обеспечению высокой несущей способности мерзлого основания крытых поселений, который может стать в будущем одним из основных в строительстве в северной климатической зоне.

Помимо применения приемов стабилизации мерзлоты на поверхности и в толще грунта, в будущем необходимо рассмотреть и другие пути обеспечения геотехнической безопасности крытых поселений, в частности через улучшение деформационно-прочностных характеристик их большепролетных покрытий, многие варианты которых уязвимы к сейсмическим нагрузкам и неравномерным осадкам основания.

Использование этих и других рассмотренных в работе мероприятий позволит существенно повысить степень практической реализуемости концепции крытых поселений, что сделает данную модель организации жилой среды, одной из основных при высокоширотной урбанизации будущего.

Список библиографических ссылок

1. Калеменева Е. А. Города под куполом: советские архитекторы и освоение Крайнего Севера в 1950-1960-е годы // *Bulletin des DHI Moskau*. 2013. № 7. С. 93–108.
2. Бикбау М. Я., Высоцкий Д. В. Система «ИМЭТ» – наше решение для строительства на вечной мерзлоте // *TIME-INNOV.RU* : ежедн. интернет-изд. 2013. URL: <http://time-innov.ru/page/jurnal/2013-6/rubric/2/article/34> (дата обращения: 19.01.2017).
3. Schuur E., Abbott B. Climate change: High risk of permafrost thaw // *Nature*. 2012. № 480. P. 32–33.
4. Antarctic Bases and Buildings – 3, Building at The South Pole // *COOLANTARCTICA.COM* : ежедн. интернет-изд. 2013. URL: http://www.coolantarctica.com/Bases/modern_antarctic_bases3.php (дата обращения: 12.01.2017).
5. Шмакин А. Б., Осокин Н. И., Сосновский А. В., Зазовская Э. П., Борзенкова А. В. Влияние снежного покрова на промерзание и протаивание грунта на Западном Шпицбергене // *Лед и снег*. 2013. № 4 (124). С. 52–59.
6. Антоновская Г. Н., Конечная Я. В., Морозов А. Н. Сейсмическая активность арктической зоны: новые данные по западному сектору // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2013. № 2 (96). С. 16–25.
7. Галкин М. Л., Рукавишников А. М., Генель Л. С. Термостабилизация вечномерзлых грунтов // *Холодильная техника*. 2013. № 10. С. 44–47.
8. Rilo I. P., Dolgikh G. M., Vlasov V. F. New soil thermal stabilization systems fundamentals in permafrost regions // *Sciences in Cold and Arid Regions*. 2013. № 4. С. 387–392.
9. Кондратьев В. Г. «Вечная» проблема железных дорог на вечной мерзлоте // *Инженерная защита*. 2015. № 10. С. 78–82.
10. Policy Implications of Warming Permafrost. United Nations Environment Programme // *UNEP.ORG*: официальный сайт программы ООН «Окружающая среда». 2013. URL: <http://www.unep.org/pdf/permafrost.pdf> (дата обращения: 12.01.2017).
11. Кондратьев В. Г., Перекупка А. Г., Примаков С. С., Петрова А. С. Мероприятия по изменению режима теплообмена на поверхности земли и их влияние на распределение температуры в грунте // *Нефтяное хозяйство*. 2012. № 10. С. 122–125.
12. Feng W. J., Ma W., Sun Z. Z., Li G. Y., Yu W. B., Zheng J. F. Radiation effect analysis of the awning measure on the embankment slope field test in cold regions. *Proceedings of the IX International Symposium on Permafrost Engineering / Melnikov Permafrost Institute SB RAS. Yakutsk, 2011. P. 319–325.*
13. Bessey R. P. Structural Design of Flexible ETFE Atrium Enclosures Using a Cable-Spring Support System. Provo : Brigham Young University, 2012. 107 p.

Romancov R.V. – post-graduate student

E-mail: roman.romancov.91@gmail.com

Krasnobaev I.V. – candidate of architecture, associate professor

E-mail: tia.kgasu@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Improving operational suitability of the concept of covered settlements with artificial microclimate to complex permafrost conditions of Polar Region

Abstract

Problem statement. Aim of the research is to reveal and theoretically develop current architectural-planning and technical-engineering methods of increase of viability of concept of covered settlements with isolated microclimate in Arctic and Antarctic regions.

Results. Based on the research of current cases of construction of fundamental buildings on permafrost grounds several architectural-constructive methods of increase of geotechnical safety of covered settlements are suggested. First method – usage of erected adjustable polling to sustain settlements. Second method – application of fundamental basement with multi-cell evacuated volume. Third method – adaptation of grid of thermo-stabilizing plants. Fourth method – shedding of the settlement's territory.

Conclusions. Supreme direction of further development of the concept of covered settlements should be a permanent increase of their geotechnical safety in the conditions of the downward geocryologic situation in Polar regions. Joint use of large-span sheds made of ETFE and fundamental hydraulic-adjustable polling is the most effective solution.

Keywords: housing for the polar region, towns under dome, permafrost, geotechnical safety.

References

1. Kalemeneva E. A. Cities under the dome: Soviet architects and the development of the Far North in the 1950-1960's // Bulletin des DHI Moskau. 2013. № 7. P. 93–108.
2. Bikbaev M. I., Vysotsky D. V. System «IMET» – our solution for building on permafrost // TIME-INNOV.RU : daily. internet-edit. 2013. URL: <http://time-innov.ru/page/jurnal/2013-6/rubric/2/article/34> (reference date: 19.01.2017).
3. Schuur E., Abbott B. Climate change: High risk of permafrost thaw // Nature. 2012. № 480. P. 32–33.
4. Antarctic Bases and Buildings – 3, Building at The South Pole // COOLANTARCTICA.COM : daily. internet-edit. 2013. URL: http://www.coolantarctica.com/Bases/modern_antarctic_bases3.php (reference date: 12.01.2017).
5. Shmakina A. B., Osokin N. I., Sosnovsky A. B., Zazovskaya E. P., Borzenkova A. V. The influence of snow cover on the freezing and thawing of the soil on the Western Svalbard // Led i sneg. 2013. № 4 (124). P. 52–59.
6. Antonovskaia G. N., Konechnaia I. W., Moroznaia A. N. Seismic activity in the Arctic zone: a new data for the Western sector // Problemi Arktiki i Antarktiki. 2013. № 2 (96). P. 16-25.
7. Galkin M. L., Rukavishnikov A. M., Genel L.S. Thermal stabilization of permafrost soils // Kholodilnaia tehnika. 2013. № 10. P. 44–47.
8. Rilo I. P., Dolgikh G. M., Vlasov V. F. New soil thermal stabilization systems fundamentals in permafrost regions // Sciences in cold and arid regions. 2013. № 4. P. 387–392.
9. Kondratiev W. G. «Eternal» problem of the Railways on permafrost // Injenernaia zashita. 2015. № 10. P. 78–82.

10. Policy Implications of Warming Permafrost. United Nations Environment Programme // UNEP.ORG: official site of environmental program of UN. 2013. URL: <http://www.unep.org/pdf/permafrost.pdf> (reference date: 12.01.2017).
11. Kondratiev W. G., Perekupka A. G., Primakow S. S., Petrova A. S. Measures to change the mode of heat transfer at the Earth's surface and their influence on the temperature distribution in the soil // Neftianoe khoziaistvo. 2012. № 10. P. 122–125.
12. Feng W. J., Ma W., Sun Z. Z., Li G. Y., Yu W. B., Zheng J. F. Radiation effect analysis of the awning measure on the embankment slope field test in cold regions. Proceedings of the IX International Symposium on Permafrost Engineering / Melnikov Permafrost Institute SB RAS. Yakutsk, 2011. P. 319–325.
13. Bessey R. P. Structural Design of Flexible ETFE Atrium Enclosures Using a Cable-Spring Support System. Provo : Brigham Young University, 2012. 107 p.