

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИ- ОНА РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКО- ГО ОКРУГА ВОРКУТА

INFLUENCE OF CHANGING CLIMATE ON THE TECHNICAL CONDITION OF BUILD- INGS AND STRUCTURES OF THE ARCTIC REGION OF RUSSIA ON THE EXAMPLE OF VORKUTA URBAN DISTRICT

А. Г. АЛЕКСЕЕВ, канд. техн. наук
М. В. РАБИНОВИЧ, канд. техн. наук

Рассматриваются факторы изменяющегося климата, влияющие на техническое состояние зданий и сооружений, возведенных на многолетнемерзлых грунтах Арктической зоны РФ, на примере городского округа Воркута Республики Коми. Приведены краткий анализ имеющихся дефектов и рекомендации по нейтрализации негативного воздействия климатических факторов на состояние несущих и ограждающих конструкций.

Ключевые слова:

Арктическая зона, геотехнический мониторинг, категория технического состояния зданий, многолетнемерзлый грунт, обследование строительных конструкций зданий

The factors of changing climate affecting the technical condition of buildings and structures erected on permafrost soils of the Arctic zone of the Russian Federation on the example of the Vorkuta urban district of the Komi Republic are considered. A brief analysis of the existing defects and recommendations for neutralizing the negative impact of climatic factors on the state of load-bearing and enclosing structures.

Key words:

Arctic zone, class condition of buildings, geotechnical monitoring, permafrost, inspection of building construction

Происходящие климатические изменения в Арктическом регионе, связанные с глобальным потеплением климата на планете в целом, оказывают серьезные воздействия на природные и хозяйственные системы российской Арктики. Это делает актуальной задачу оценки влияния изменяющихся параметров климата и изменений свойств многолетнемерзлых грунтов (ММГ) на техническое состояние ответственных зданий и сооружений, расположенных в арктической зоне [1]. По результатам этой оценки планируется разработка актуальных требований к проектированию оснований и фундаментов в экстремальных климатических и сложных мерзлотно-грунтовых условиях и рекомендаций по их дальнейшей надежной эксплуатации. Описываемые работы проводятся в рамках выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе (НИОКР) по теме «Оценка технического состояния ответственных зданий и сооружений городов Республики Коми (Городской округ Воркута) с разработкой рекомендаций по их дальнейшей надежной эксплуатации».

Арктические территории выделены и объединены в одну климато-географическую зону из-за специфических географических, климатических, геологических и мерзлотно-грунтовых условий, определяющих специфические требования к ведению хозяйственной деятельности человека и объединению общих усилий по сохранению экосистемы Севера. Отличительной особенностью этих регионов является их малая заселенность, удаленность и слабая развитость инфраструктуры и в силу этого – малая изученность и небольшой накопленный опыт капитального строительства.

В контексте наблюдаемого в мире в последние 50...60 лет изменения климата Земли территория городского округа Воркута Республики Коми является потенциально опасной, так как характеризуется переходным геокриологическим состоянием от подзоны со сплошным распространением многолетнемерзлых пород к подзоне прерывистого их распространения. Климат региона умеренно-континентальный, с продолжительной, суровой и многоснежной зимой и коротким, холодным летом. Климат формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой, под воздействием северных морей и интенсивного западного переноса воздушных масс. Вынос теплого морского воздуха, связанный с прохождением атлантических циклонов, и частые вторжения арктического воздуха с Северного Ледовитого океана придают погоде большую неустойчивость в течение всего года.

По данным Гидрометцентра РФ, последние 3...4 года характеризуются как одни из самых теплых за всю 128-летнюю историю регулярных метеонаблюдений. Самыми теплыми оказались зимы и в целом по Северному полушарию Земли. В арктической части РФ средняя температура зимы выше нормы на 4...8 °С.

В 2016 г. впервые с 2001 г. нулевая изотерма среднегодовых температур наружного воздуха проходит по Усинскому району Республик Коми, что по отношению к обычному положению севернее примерно на 520 км (по данным метеостанции Усть-Уса, среднегодовая температура составила +0,2 °С при норме минус 3,1 °С). В это же время наибольшая положительная аномалия среднегодовой температуры зафиксирована в г. Воркуте – минус 4,1 °С, с января по октябрь отмечался устойчивый теплый характер погоды, 18 раз был обновлен абсолютный максимум дня. А февраль, июль и сентябрь стали самыми теплыми за весь период инструментальных наблюдений (с 1946 г.) в этом районе. Дней с температурой

наружного воздуха выше 25 °С было 24 при норме 5 дней. Каждая декада оказалась теплее обычной на 3...4 °С. Особо следует отметить, что продолжительность летнего периода со среднесуточной температурой выше +10 °С при норме 65...87 дней составила 114...116 дней.

В 2018 г. при общей сохраненной тенденции повышения температуры воздуха выпало рекордное количество осадков, почти в 1,5 раза больше нормы – 745 мм. Здесь только в ноябре выпало три месячные нормы осадков, в декабре – полторы нормы. Особо отметим, что прежний рекорд 743 мм в 1966 г. не сопровождался температурными аномалиями.

Гидрологическая ситуация в районе исследования характеризуется высоким потенциальным риском интенсивного льдообразования инъекционного и сегрегационного характера, с образованием прожилок льда в грунте и бугров пучения, что при перспективе повышения среднегодовой температуры наружного воздуха приведет к неизбежным карстовым проявлениям.

Основными факторами, влияющими на прогнозируемую деградацию мерзлых толщ, являются повышение температуры наружного воздуха и изменения условий теплообмена на поверхности грунта вследствие возрастающего количества осадков (в зимний период – снег, в летний – дождь) и, как следствие этого, обводнение грунтов слоя сезонного промерзания-протаивания, приводящее к активизации или новообразованию ряда геокриологических процессов.

Постепенно начинают сказываться на общей ситуации производные факторы изменения климата. На формирование и пространственную изменчивость среднегодовой температуры горных пород большое влияние оказали снежный и растительный покровы, состав пород и их свойства. Так, почвенно-растительный покров, являющийся эффективным утеплителем на поверхности естественного рельефа и значительным образом оказывающий влияние на формирование температурного режима грунтов многолетнемерзлой толщи из-за изменения условий теплообмена на границе атмосферы и литосферы, будет претерпевать существенные изменения. С повышением температур наружного воздуха, увеличения количества осадков, продолжительности периода с положительными температурами будет качественно и количественно меняться и сам растительный покров в результате улучшения условий произрастания и **увеличения** продолжительности вегетативного периода.

Среднегодовая температура многолетнемерзлых пород и таликов рассматриваемой территории изменяется преимущественно от 0 до минус 1 °С, реже – до минус 1,5 °С. Температура до минус 1,5 °С отмечена на плоскобугристых торфяниках в пределах озерно-аллювиальной равнины. Указанные температуры по своим значениям близки к значениям температур фазового перехода грунтов.

Практически все основные криогенные процессы характерны в той или иной степени для застроенных территорий и находятся в неустойчивом балансе с техногенными факторами воздействия. Любое значительное изменение климатических факторов неизбежно приведет к нарушению этого равновесия и к интенсификации криогенных процессов в толще грунтов оснований зданий и сооружений и на прилегающей территории. В первую очередь это коснется таких негативных криогенных проявлений как термокарст, криогенное пуче-

ние, термоэрозия и солифлюкция. Прогнозируется активное заболачивание поверхностных слоев грунта и развитие оползневых процессов.

Климатические изменения, начавшиеся в середине прошлого века и продолжающиеся поныне, определяют условия существования ММГ. Мерзлота не мгновенно реагирует на изменение условий, а с определенной долей инерции, так что основные проблемы, связанные с использованием ММГ в качестве оснований предстоит ощутить и адаптироваться к ним в ближайшие 25-30 лет. Кроме того, мерзлота – это аккумулирующий отрицательные температуры слой горных пород и вследствие этого она существенно влияет на формирование микроклимата территорий распространения, образуя специфические его условия.

Оценивая в целом градостроительную ситуацию в городском округе Воркута, следует иметь в виду, что здесь по I принципу (сохранение грунтов в мерзлом состоянии) возведены здания в микрорайоне Железнодорожный, где большинство зданий построено с проветриваемым подпольем и сезонным охлаждающим устройством (СОУ) для дополнительного промораживания грунтов оснований. Принцип II активно применен на остальной части территории города Воркута. На участках, где слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается с многолетнемерзлой толщей, в период 1980-90-х гг. активно применялся подход со стабилизацией верхней границы ММГ на первоначальном естественном уровне. Этим способом в Воркуте построено и эксплуатируется более 100 пятиэтажных капитальных зданий.

По состоянию на 01.01.2013 г., на территории городского округа насчитывалось 168 аварийных (рис. 1), ветхих и малозаселенных (менее 50% заселенности) многоквартирных домов, в которых фактически проживали 1675 семей. Кроме того, требуют незамедлительного обследования многоквартирные дома серии 1-335, так называемые «карточные» (37 ед.), построенные в период 1961...1965 гг., состояние которых близко к аварийному. Без принятия мер по поддержанию их технического состояния и проведения ремонтно-восстановительных работ с учетом изменяющихся параметров климатического воздействия на конструкции зданий большая часть фонда капитальных строений утратит свою устойчивость. Необходимы, как минимум, снос или консервация бесперспективных зданий.



Рис. 1. Аварийное здание в микрорайоне Железнодорожный городского округа Воркута

Неиспользуемые и заброшенные отдельные квартиры (помещения) или целые секции не отапливаются, при том что расположенные за смежными стенами помещения остаются в нормальном эксплуатационном отапливаемом режиме. Реальная ситуация, когда внутренние стены фактически эксплуатируются в режиме ограждающих конструкций, крайне негативно сказывается на общем техническом состоянии здания в целом. Ситуацию усугубляет усиление скорости ветра и количества осадков, которые попадают во внутренние помещения через протечки кровли и открытые оконные проемы.

За время существования города мерзлая толща потеряла 25% своей территории. Дегра- дация сопровождается увеличением размеров чаш под зданиями и ореолов протаивания грунтов вокруг подземных коммуникаций. При высокой плотности тепловыделяющих со- оружений в черте застройки и больших снежных отложений на ее территории отдельные чаши и ореолы протаивания сливаются, образуя общее понижение верхней границы ММГ и способствуя появлению тепловых осадков поверхности (термокарста). Такое явление на- блюдается на территории квартала № 7 в Воркуте.

Верхняя граница ММГ опустилась не только под зданиями, построенными по принципу II, но и под зданиями, построенными по принципу I. Последнее свидетельствует о том, что охлаждения грунтов за счет вентилирования подполий недостаточно, чтобы противостоять общим изменениям мерзлотных условий на застроенной территории квартала № 7. Воз- можность глубокого повсеместного протаивания мерзлых грунтов не учитывалась при про- ектировании сооружений, поэтому большинство из них **значительно** деформировались.

Начиная с конца 70-х гг. прошлого столетия, при строительстве зданий в Воркуте устраи- вались предусмотренные проектом термометрические скважины в подпольях и подва- лах. Предполагалось, что, выполняя замеры фактических температур грунтов оснований, специалисты могли оценить, в каком состоянии находится грунты под зданием, но работы должным образом не ведутся, и в настоящее время не выполняется мониторинг состоя- ния и обслуживание термотрубок, практически все они открыты и забиты строительным мусором. За зданиями, где процессы деформирования продолжаются, необходим постоян- ный мониторинг их технического состояния и температурного режима грунтов основания. Для обоснованного прогноза устойчивости **зданий и сооружений** неременным услови- ем является рассмотрение первичной проектной и исполнительной документации, которая должна храниться у эксплуатирующей организации. Однако в подавляющем большинстве случаев найти ее практически невозможно.

На данный момент жилой фонд г. Воркуты в большинстве случаев находится в ущерб- ном техническом состоянии и требует капитального ремонта, реконструкции, а в некоторых случаях – и сноса. Причин указанной ситуации несколько. Прежде всего, это несоблюдение правил проектирования зданий и сооружений, строящихся на многолетнемерзлых грунтах, и неправильная их эксплуатация, осуществляемая без учета специфических требований в условия экстремального климата и многолетней мерзлоты. Отсутствие мониторинга за действительным состоянием зданий и сооружений не позволяет принимать своевременные меры для проведения оперативных мероприятий по локализации негативных последствий природных и техногенных воздействий. В условиях потепления климата ситуация на тер-

ритории г. Воркуты ухудшится в связи с заметным повышением температуры мерзлоты, что может привести к переходу зданий и сооружений, находящихся в удовлетворительном состоянии, в аварийное и к необходимости проведения массовых ремонтов сооружений для продления их срока службы.

В качестве объектов детального обследования были выбраны 15 капитальных объектов со сроком эксплуатации от 70 до 20 лет, среди них дома культуры, спортивные залы, бассейн, школы, детские дошкольные сооружения. Все здания находятся в нормальном эксплуатационном режиме и в различном техническом состоянии. Наиболее типичные негативные явления технического состояния зданий рассмотрим на примере здания Дворца творчества детей и молодежи (ДТДиМ).

ДТДиМ введен в эксплуатацию в 1967 г. в квартале 35 по улице Ленина, дом 47, города Воркуты в Республике Коми. Здание представляет собой три совмещенных строительных объема. Центральная секция (помещения общего и специального назначения, с нормальным режимом эксплуатации) 5 этажей, размеры в плане $76,6 \times 19,6$ м, левая секция (бассейн, помещения с повышенной влажностью) 3 этажа, размеры в плане $39,8 \times 22,68$ м, правая секция (многофункциональные помещения с нормальным режимом эксплуатации) 2 этажа, размеры в плане $39,8 \times 19,6$ м (рис. 2).



Рис.2. Дворовый фасад здания ДТДиМ с характерными дефектами (намокание материала стен, раскрытие трещин, выветривание штукатурки и материала кладки, состояние цоколя и отмостки)

Предпостроечные инженерно-геологические изыскания в пределах площадки строительства проводились в 1964-1965 гг. Отделом инженерных изысканий института «Печорпроект» (Отчеты №№ 2546 и 2725). В 1967 г. проводилось контрольное бурение с целью наблюдения за уровнем грунтовых вод. [2, 3]. По данным этих изысканий, грунты площадки строительства формируют благоприятный фон для возведения проектируемого здания ДТДиМ, чему способствует близкое к дневной поверхности залегание скальных грунтов, которые и были приняты в качестве грунтов основания ленточных фундаментов сооружения.

В июне 2009 г. специализированной грунтовой лабораторией ООО «Инженерные изыскания» были выполнены контрольные бурения скважин с целью выявления возможных изменений инженерно-геологических условий основания и оценки устойчивости конструк-

ций здания ДТДиМ. В обследованной толще обнаружены четвертичные отложения насыпных грунтов из щебня и дресвы.

Материалы исходных и контрольных изысканий свидетельствуют, что негативные изменения мерзлотных условий в основании ДТДиМ не происходят. Вскрытые в результате бурения породы в полной толще представлены лишь тальми грунтами на всю достигнутую глубину, что составило 5,7-7,8 м. На момент проведения контрольного бурения 23 и 24 июня 2009 г. глубина сезонного оттаивания достигла 1 м, а промерзания — 2,8 м.

Натурное обследование ДТДиМ проведено в июне 2019 г. Осмотрены кровля, чердак, внутренние помещения, подвал и здание в целом по всем фасадам. В результате обследования выявлены характерные горизонтальные трещины конструкций цоколя здания и стен подвала, образовавшиеся в результате осадки грунтов основания. Развитие сверхнормативных осадок произошло вследствие нарушения эксплуатационного режима – аварийных утечек из коммуникаций, размещенных в подвале здания, в результате разрыва труб при промораживании и замачивания конструкций непосредственно под чашей бассейна.

Отмечено активное выветривание материала фасада здания (см. рис. 2). Разрушению подвергается не только слой штукатурки на портландцементе, но и сама кирпичная кладка наружных стен. Характерные трещины раскрытием 1,0-2,5 см образуются вокруг оконных проемов, часть которых на лестничной клетке непосредственно около бассейна заложена кирпичной кладкой. Местами происходит отрыв кирпичной кладки от фундаментной стены.

Обращает на себя внимание, что водосток с кровли не организован, вода стекает непосредственно по наружным стенам, увлажняя их и создавая условия для дальнейшего разрушения. Многочисленные повреждения кровельного покрытия приводят к регулярному увлажнению конструкций покрытия. Отмостка по периметру здания – в нерабочем состоянии и не обеспечивает защиту фундаментных конструкций от поверхностных вод.

Накопившиеся за более чем 60-летнюю историю здания дефекты типичны для такого типа сооружений, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера, и, скорее всего, возникли из-за нарушения режима технической эксплуатации, а не климатических изменений. Однако обозначенные дефекты «открывают» возможность активного негативного воздействия на несущие и ограждающие конструкции факторов происходящего климатического изменения.

Увеличение продолжительности теплого периода влечет за собой усиление увлажнения конструкций цоколя здания, возрастает роль своевременной и полной снегоуборки, предотвращающей увлажнение конструкций во время весеннего таяния, и активизации промораживания в зимний период.

Наибольшей опасности от климатических изменений подвергаются фундаменты зданий, возведенных по I принципу, ограждающие конструкции из незащищенных пористых материалов, плоские кровли, цоколи зданий, другие конструкции, непосредственно контактируемые с грунтом.

Анализ обследованных зданий в целом показал, что их действительное техническое состояние на данный момент обусловлено, прежде всего, низким уровнем технической экс-

плуатации и качеством проектирования и строительства. Тем не менее, актуальной задачей является разработка методики комплексного учета факторов изменения климата при проектировании новых объектов и адаптации существующих к новым условиям (реконструкция и усиление), так как повышение среднегодовой температуры наружного воздуха, изменение направления и скорости ветра, изменения годового режима и баланса атмосферных осадков, изменение прозрачности атмосферы – факторы, существенно влияющие на условия эксплуатации зданий и сооружений каждого в отдельности и совместно.

В настоящее время в городах и населенных пунктах Арктической зоны не ведутся систематические наблюдения за температурным режимом грунтов оснований зданий, а также отсутствует регулярный мониторинг их деформаций и гидрогеологического режима. Необходимо регламентировать правила проектирования зданий, построенных на ММГ, определив необходимость системности и непрерывности наблюдений. Установить обязательность своевременной реализации тех или иных рекомендаций, направленных на обеспечение безопасности объекта. С целью возобновления системного контроля за действительным состоянием зданий и сооружений, возведенных и эксплуатируемых в условиях изменяющегося экстремального климата, необходимо возобновить работу геокриологического мониторинга.

В развитие положений Федеральных законов «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002 [4] и «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ от 31.12.2009 [5] и в соответствии с требованиями этих законов об обеспечении всех видов безопасности (экологической, геокриологической, механической и др.) необходимо актуализировать [6] в части учета глобального потепления при проектировании фундаментов на многолетнемерзлых грунтах, а также разработать актуальный регламент технической эксплуатации зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях и зоне распространения ММГ с учетом изменяющегося климата.

Библиографический список

1. *Кроник Я.А.* Безопасность оснований и фундаментов зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах // ОФМГ, 2017, №3. С. 36-39
2. Отчет по инженерно-геологическим изысканиям в пределах площадки строительства. Отдел инженерных изысканий института «Печорпроект» (Отчеты №№ 2546 и 2725). 1964-65 гг.
3. Отчет по результатам контрольного бурения с целью наблюдения за уровнем грунтовых вод. Отдел инженерных изысканий института «Печорпроект». 1967 г.
4. Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002 (ред. от 13.07.2015).
5. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ от 31.12.2009 (ред. от 02.07.2013)
6. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечноммерзлых грунтах.

Авторы:

Андрей Григорьевич АЛЕКСЕЕВ, канд. техн. наук, руководитель центра геокриологических и геотехнических исследований НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство», Москва

Andrey ALEKSEEV, Ph.D. (Engineering), Head of Geocryological and geotechnical research center, NIIOSP named after N. M. Gersevanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: adr-alekseev@yandex.ru

тел.: +7 (926) 129-71-01

Михаил Владимирович РАБИНОВИЧ, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика грунтов и геотехника» НИУ МГСУ, Москва

Mikhail RABINOVICH, Ph.D. (Engineering), Associate Professor of Soil Mechanics and Geotechnics, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), Moscow

e-mail: RabinovichMV@mgsu.ru