

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

2018, №6, Том 10 / 2018, No 6, Vol 10 <https://esj.today/issue-6-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/57SAVN618.pdf>

Статья поступила в редакцию 03.11.2018; опубликована 24.12.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Варламова Л.Д., Буслаева И.И. Вопросы комплексной застройки городов в условиях криолитозоны на примере кампуса Северо-Восточного федерального университета // Вестник Евразийской науки, 2018 №6, <https://esj.today/PDF/57SAVN618.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Varlamova L.D., Buslaeva I.I. (2018). Integrated development of cities in cryolithozone on the example of the campus of the north-eastern federal university. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(10). Available at: <https://esj.today/PDF/57SAVN618.pdf> (in Russian)

УДК 528.482

Варламова Любовь Дмитриевна

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, Россия
Кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: varlamova.lyubov@list.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=534676

Буслаева Ирина Ивановна

ФГБУН «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутск, Россия
Зав. отделом
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: buslajeva@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2467-6841>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=282980
SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57196219320>

Вопросы комплексной застройки городов в условиях криолитозоны на примере кампуса Северо-Восточного федерального университета

Аннотация. Устойчивое развитие городов в криолитозоне осложняется наблюдаемой в последнее время активизацией деструктивных криогенных процессов. Градостроительная практика уплотненной застройки может негативно влиять на многолетнемерзлые грунты в основаниях зданий. Осадочные деформации оснований и фундаментов вызывают образование и развитие трещин в конструкциях зданий и сооружений. В статье проанализированы данные обследований деформаций легкоатлетического манежа стадиона «Юность» Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Наблюдение за развитием осадочных деформаций проводилось методом геометрического нивелирования в 2010, 2012-2014 и 2016 годах. Необходимым условием для обеспечения точности нивелирования II класса является наличие опорной геодезической сети. На территории студенческого кампуса университета геотехнический мониторинг зданий затрудняется отсутствием опорной геодезической сети. На территории кампуса многие здания по периметру оборудованы термометрическими скважинами глубиной не менее 10 м. Для проведения систематических геодезических наблюдений предложено использование термометрической скважины в качестве грунтового репера. Но для точной установки пяты нивелирной рейки предлагается приварить металлический элемент к трубе термометрической скважины или сделать риску.

Использование трех или четырех термометрических скважин в качестве вспомогательных реперов дает возможность создать опорную сеть.

Ключевые слова: криолитозона; устойчивое развитие городов; геотехнический мониторинг; термометрическая скважина; репер; многолетнемерзлые грунты; нивелирование

Устойчивое развитие северных городов, построенных на многолетнемерзлых грунтах, осложняется наблюдаемой в последнее время активизацией деструктивных криогенных процессов. К основным криогенным процессам на территории города Якутска относят термокарстовые и термосуффозионные просадки, морозобойное растрескивание, солифлюкцию, морозное пучение, термоэрозию, термопросадки, заболачивание и подтопление, техногенное наледеобразование и т. д. [2, 7]. За последние 50 лет в Якутске произошло более 20 случаев обрушения жилых и общественных зданий. Одной из основных причин этих обрушений является снижение несущей способности фундаментов, связанное с увеличением глубины слоя сезонного оттаивания многолетнемерзлых грунтов (деятельного слоя) при развитии криогенных явлений, климатических колебаниях и техногенных воздействиях [4].

Как известно, функционирование комплексов зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах приводит к изменению свойств оснований и негативно влияет на их устойчивость [10]. Примером такого комплекса в Якутске является территория Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова (СВФУ). За последние годы здесь построено много новых объектов: учебные корпуса, лаборатории, спортивные сооружения, многоэтажные общежития, жилые дома и т. д. В процессе строительства перечисленных объектов производились разработки котлованов и траншей, прокладки подземных коммуникаций, то есть, выполнены многочисленные вскрышные работы, которые могли вызвать негативные грунтовые процессы в основаниях существующих зданий и сооружений. В 2012 году в связи с проведением в Якутске V Международных спортивных игр «Дети Азии» введен в действие учебно-спортивный комплекс «Триумф» на 3000 мест. Этот крытый спортивный комплекс и расположенный рядом студенческий спорткомплекс «Юность», включающий в себя открытый стадион с трибунами на 5000 мест и здание легкоатлетического манежа, построены возле крупного водоема – озера Сайсары, под которым существует таликовая зона. Также при инженерно-геологических изысканиях на площадке строительства комплекса «Триумф» были выявлены техногенные талики. Таким образом, территория застройки характеризуется сложными грунтово-мерзлотными условиями. Все перечисленные факторы способны вызвать осадочные деформации как старых, так и новых объектов университета, в том числе и спортивной арены открытого стадиона. В опасном техническом состоянии находится одно из первых строений спортивного комплекса университета – легкоатлетический манеж стадиона «Юность» площадью 3538 м², построенный в 1997 году (рис. 1). Манеж представляет собой двухэтажное здание с размерами в плане 12^x162 м. Фундаменты здания представляют собой сборные железобетонные сваи, используемые по первому принципу с сохранением мерзлого состояния грунтов основания. Наружные стены первого этажа выполнены кладкой из полнотелых бетонных блоков, а наружные стены лестничных клеток и закругленных частей манежа – кладкой из мелких бетонных блоков. Второй этаж имеет каркас в виде однопролетной рамной конструкции с навеской трехслойных стеновых панелей.



Рисунок 1. Здание манежа спортивного комплекса «Юность» (составлено автором)

Натурное обследование манежа, проведенное в 2010 и 2012-2014 годах, выявило динамику развития трещин наружных стен первого этажа (рис. 2). Ширина раскрытия трещин достигает 20 мм и более, некоторые из них сквозные. Основной причиной образования и развития трещин в каменных стенах зданий на многолетнемерзлых грунтах обычно является неравномерная осадка фундаментов. Продолжающийся процесс образования и роста трещин в стенах манежа свидетельствует о том, что деформации основания здания не стабилизировались за почти 20 лет эксплуатации, что, вероятно, связано с активной застройкой данной городской территории.



Рисунок 2. Запеченные трещины в наружных стенах здания манежа (составлено автором)

При появлении трещин в зданиях и сооружениях, находящихся в эксплуатации, необходимо незамедлительное проведение инструментальных наблюдений за деформациями их оснований и фундаментов (осадки, подъемы, крены, сдвиги и т. п.) [3]. Для измерения этих деформаций обычно используют геодезические методы, в частности геометрическое нивелирование. При этом должны быть обеспечены точность результатов наблюдений и их периодичность, принцип практической уверенности в самой величине осадки [9].

Геодезический мониторинг регламентируется нормативными документами. Наблюдения за деформациями оснований и фундаментов проводятся в соответствии с

требованиями СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»¹ и СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»². Методы и требования к точности геодезических измерений деформаций оснований зданий, в частности применение геометрического нивелирования II класса с погрешностью не более 2 мм, допустимые погрешности приведены в ГОСТ 24846-84 [5]³.

Геометрическое нивелирование деформационных (осадочных) марок, закрепленных на объекте, позволяет определить их высотные отметки относительно исходного репера или группы реперов [1]. Вычисленные отметки осадочных марок в различные периоды времени, в свою очередь, позволяют отследить динамику развития осадочных деформаций. Необходимым условием для обеспечения точности нивелирования II класса является наличие опорной геодезической сети [8], при которой сводятся к минимуму различные систематические ошибки измерений. Наблюдения за деформациями легкоатлетического манежа не проводились практически весь период его эксплуатации именно из-за отсутствия плано-высотной опорной сети, что характерно практически для всех зданий и сооружений университетского кампуса. В связи с появлением и развитием трещин в стенах манежа остро встал вопрос о геодезических наблюдениях за осадками этого объекта. В 2012 году нами проводилось нивелирование осадочных марок манежа цифровым нивелиром марки Sokkia SDL1X с привязкой к временным грунтовым реперам с условными отметками. Для контроля динамики осадочных деформаций измерения проводились весной, когда грунты основания находились еще в мерзлом состоянии, и осенью в период наибольшего оттаивания деятельного слоя. Обработка результатов измерений показала, что осадки двух деформационных марок (№ 14 и № 15) только за период с мая по октябрь достигают двух сантиметров. Но наблюдения за осадками были прерваны, так как в 2014 году временные реперы были разрушены при проведении благоустройства близлежащих территорий. Установка постоянных реперов в условиях криолитозоны представляет собой технически сложный процесс, требующий значительных финансовых затрат. Основными требованиями, предъявляемыми к исходным геодезическим реперам, является их сохранность и устойчивое высотное положение на протяжении всего периода использования [6]. По требованиям «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов»⁴ в северных и средних зонах многолетнемерзлых грунтов закладывают грунтовые реперы типа 150. При глубине деятельного слоя более 125 см основание репера заглубляют на 300 см ниже границы протаивания. Толщина сезонно-талого слоя грунтов территории спортивного комплекса согласно инженерно-геологическим изысканиям составляет 3,1 м. Следовательно, основание грунтового репера должно находиться на глубине не менее 6,1 м, что требует проведения дорогостоящих буровых работ. Поэтому нами рассматривается использование в качестве вспомогательных грунтовых реперов термометрических скважин, устанавливаемых по периметру зданий на многолетнемерзлых грунтах для наблюдений за их температурным режимом. Согласно СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»² в районах криолитозоны геотехнический мониторинг, включающий натурные наблюдения, в том числе и за температурным режимом грунтов основания, должен проводиться для всех зданий и сооружений. Следовательно, при строительстве все объекты должны оборудоваться

¹ СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М.: ОАО «Центр проектной продукции в строительстве», 2011. – 161 с.

² СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88. – М.: ФАУ «ФЦС», 2012. – 118 с.

³ ГОСТ 24846-2012 Грунты. Методы измерения деформаций зданий и сооружений. – М.: Стандартинформ, 2014. – 24 с.

⁴ ГКИНП (ГНТА) 03-010-02 Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: ЦНИИГАиК, 2003. – 210 с.

термометрическими скважинами в соответствии с ГОСТ 25358-2012⁵, где указана глубина этих скважин не менее 10 м, что превышает необходимую глубину для грунтового репера. Конструкция скважины должна быть снабжена защитной крышкой и теплоизолированным коробом, но по факту многие термометрические скважины на территории СВФУ не имеют оголовков. Поэтому для точной установки пяты нивелирной рейки к трубе термометрической скважины можно приварить металлический элемент или сделать риску (рис. 3).

Использование термометрических скважин в качестве вспомогательных реперов дает возможность создать опорную сеть как «свободную сеть», то есть линейно-угловую сеть из четырехугольников или треугольников в зависимости от количества термометрических скважин, установленных по периметру здания. Один из вспомогательных реперов принимается за исходный пункт и привязывается к постоянным пунктам геодезической сети II класса. Высотные отметки остальных опорных знаков определяются из уравнивания сети нивелирного хода.



Рисунок 3. Термометрическая скважина (составлено автором)

Использование термометрических скважин в качестве вспомогательных реперов было апробировано при геодезических наблюдениях за осадками здания общежития № 14 СВФУ, имеющего по периметру равномерное распределение деформационных марок и термометрических скважин [5]. Для определения устойчивости термометрических скважин по высоте высокоточным цифровым нивелиром Sokkia SDL1X прокладывался замкнутый нивелирный ход от пункта геодезической сети II класса по наблюдаемым термометрическим скважинам. Плановое положение вспомогательных реперов и их координаты определялись теодолитным ходом с применением электронного теодолита Sokkia DT 520. Полевые работы проводились весной и осенью 2016 года, а также весной 2017 года. Результаты уравнивания нивелирных ходов показали, что абсолютные высотные отметки термометрических скважин остаются постоянными в пределах допустимой погрешности.

Увеличение плотности застройки университетского кампуса в неблагоприятных геокриологических условиях и отмечаемые развития трещин в стенах некоторых зданий требуют систематических наблюдений за осадочными деформациями несущих конструкций. Для организации геодезического мониторинга зданий кампуса СВФУ можно использовать имеющиеся термометрические скважины в качестве вспомогательных реперов для создания

⁵ ГОСТ 25358-2012 Грунты. Метод полевого определения температуры. – М.: Стандартинформ. – 2013. – 16 с.

опорной сети. Это даст возможность обеспечить точность проведения систематических инструментальных наблюдений за осадочными марками без дополнительной прокладки нивелирного хода от далеко отстоящего грунтового репера городской геодезической сети II класса.

Таким образом, можно заключить, что в условиях криолитозоны градостроительная практика уплотненной застройки комплексов зданий и сооружений приводит к ухудшению мерзлотно-грунтовых условий и, как следствие, к снижению надежности эксплуатируемых объектов. При проектировании комплексной застройки городов в криолитозоне необходимо сбалансированное применение градостроительных и инженерно-геокриологических подходов. Для проведения геотехнического мониторинга зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах необходимо создание сгущения опорной геодезической сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров Б.Ф. Современные методы геодезических наблюдений за деформациями инженерных сооружений // Ползуновский вестник. 2011. №1. С. 19-29.
2. Алексеева О.И., Балобаев В.Т., Григорьев М.Н., Макаров В.Н., Чжан Р.В., Шац М.М., Шепелев В.В. О проблемах градостроительства в криолитозоне (на примере Якутска) // Криосфера Земли. 2007. Т. XI. № 2. С. 76-83.
3. Астраханцев В.Д. Определение динамики деформаций сооружения геометрическим нивелированием в сжатые сроки без использования осадочных марок // ГЕО-СИБИРЬ. 2010. № 1. С. 181-183.
4. Буслаева И.И. Влияние потепления на мерзлые грунты // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение, г. Якутск, 24-25 ноября 2011 г.». – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2011. – 22-24 с.
5. Васильев А.Н., Варламова Л.Д. Создание опорной сети для наблюдения за деформациями зданий на территории университетского кампуса в г. Якутск // Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережения: Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции (Якутск, 27-28 октября 2016 г.). – Киров: Международный центр научно-исследовательских проектов, 2016. – С. 412-416.
6. Олейник А.М., Цуркану А.И., Маслихин В.Н., Постников П.В. // Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Тюменского индустриального института. – Тюмень: Изд. Тюменского индустриального ун-та, 2013. – С. 214-218.
7. Сериков С.И., Шац М.М. Морозобойное растрескивание грунтов и его роль в состоянии поверхности и инфраструктуры г. Якутска // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика, 2018. № 1 (29). С. 56-69.
8. Сытник В.С., Ключин А.Б. Геодезический контроль точности возведения монолитных зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1981. – 119 с.
9. Федотов Н.С. Повышение точности геометрического нивелирования при наблюдении осадок в цехах ГРЭС // Современный ученый. 2017. №5. С. 16-19.
10. Чжан Р.В. Проблемы инженерного мерзлотоведения // Проблемы и перспективы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны: Тр. Междунар. науч.-практ. конф. (Якутск, 14-17 июня 2005 г.). Т. 1. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 2005. – С. 45-49.

Varlamova Liubov Dmitrievna

North-Eastern federal university M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia
E-mail: varlamova.lyubov@list.ru

Buslaeva Irina Ivanovna

Yakut scientific center Siberian branch Russian academy of sciences, Yakutsk, Russia
E-mail: buslajeva@mail.ru

Integrated development of cities in cryolithozone on the example of the campus of the north-eastern federal university

Abstract. Sustainable development of cities of the cryolithozone is complicated by recent activation of destructive cryogenic processes. Town-planning practice of a compacted building construction can negatively affect permafrost soils in the bases of buildings. Settlement deformations of bases and foundations cause formation and development of cracks in constructions of buildings and structures. Data of deformation observations of a track and field arena of a stadium "Yunost" of the North-Eastern Federal University M.K. Ammosova were analyzed in the article. Observations on the development of settlement deformations were carried out by geometric leveling in 2010, 2012-2014 and 2016. A necessary condition for ensuring the accuracy of leveling class II is the presence of a geodetic basic network. On a territory of a university campus, geotechnical monitoring of buildings is hampered by the lack of a geodetic control network. On campus, many buildings around the perimeter are equipped with thermometric wells with a depth of at least 10 m. To conduct systematic geodetic observations it was proposed to use a thermometric well as a bench mark. For the exact installation of the heel of the leveling rod, it is proposed to weld a metal element to the pipe of the thermometric well or to make a mark. The use of three or four thermometric wells as supporting benchmarks makes it possible to create a basic network.

Keywords: cryolithozone; sustainable development of cities; geotechnical monitoring; thermometric well; bench mark; permafrost; leveling