



## CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 11, № 1, 2020

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2020.1.07

УДК 624.159.2

### ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИИ ФУНДАМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА АЭРОПОРТА «СОКОЛ» (Г. МАГАДАН)

В.П. Власов<sup>1, 2</sup>, А.В. Болотин<sup>1</sup>, С.М. Сергеев<sup>1</sup>, А.А. Лунегова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Северо-Восточный государственный университет, Магадан, Россия

<sup>2</sup>Северо-Восточная научно-исследовательская мерзлотная станция Института мерзлотоведения СО РАН, Магадан, Россия

#### О СТАТЬЕ

Получена: 01 декабря 2019  
Принята: 28 января 2020  
Опубликована: 27 марта 2020

#### Ключевые слова:

аэропорт, свайный фундамент, деформации, геотехническое обследование, деградирующая мерзлота, сейсмика, изыскания, статическая нагрузка.

#### АННОТАЦИЯ

Основной целью реконструкции аэропорта «Сокол» является обеспечение соответствия инженерной инфраструктуры современным требованиям обслуживания авиаперевозок и транспортной безопасности. На наш взгляд, в список объектов реконструкции, в который сейчас входят перрон, светосигнальное оборудование, два контрольно-пропускных пункта, система освещения мест стоянок воздушных судов, сети водоснабжения, связи, тепла, периметровое ограждение и др., в обязательном порядке должен войти и пассажирский терминал. Пока он в указанном списке отсутствует.

В статье рассматривается проблема определения надежности и дальнейшей эксплуатационной пригодности основания и фундаментов пассажирского терминала в магаданском аэропорту «Сокол» со сроком службы более 50 лет. В этой связи дается краткое описание природных условий территории размещения указанного объекта. Особенность района строительства состоит в его сейсмичности (до 8 баллов), глубоком сезонном промерзании и островном распространении многолетнемерзлых грунтов.

Проблема обусловлена тем, что это здание, состоящее из двух самостоятельных блоков, каждый из которых возводился в разные годы на разных видах свайных фундаментов, практически после ввода их в эксплуатацию начинал подвергаться деформациям. Эти деформации проявлялись и проявляются сейчас на наружных и внутренних стенах в виде трещин разных размеров. Попытка определения их причин производилась в период осуществления строительства второй половины здания, но она совпала по срокам с распадом СССР, поэтому не была доведена до логического конца. Объект сдан в эксплуатацию без исправления имеющихся ошибок в устройстве основания и фундаментных конструкций, а также необходимых в таких случаях укрепительных мероприятий. В дальнейшем здесь

© Власов Владимир Петрович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: svnims@mail.ru.

Болотин Александр Викторович – кандидат химических наук, доцент, e-mail: alexandr\_bolotin@mail.ru.

Сергеев Сергей Михайлович – доцент, e-mail: gavroch1960@mail.ru.

Лунегова Анастасия Антоновна – кандидат экономических наук, доцент, e-mail: laaru@rambler.ru.

Vladimir P. Vlasov – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: svnims@mail.ru.

Alexander V. Bolotin – Ph.D. in Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: alexandr\_bolotin@mail.ru.

Sergey M. Sergeev – Associate Professor, e-mail: gavroch1960@mail.ru.

Anastasia A. Lunegova – Ph.D. in Economic Sciences, Associate Professor, e-mail: laaru@rambler.ru.

ограничивались лишь периодическим косметическим ремонтом и выводом из эксплуатации наиболее опасных для посещения помещений.

В представленной работе дается оценка весьма сложных природных условий территории (климат, островная деградирующая мерзлота, сейсмика), где более полувека функционирует аэропорт «Сокол». За это время многие объекты его инженерной инфраструктуры в результате негативного взаимодействия с окружающей средой получили заметный физический и моральный износ. К ним относится и пассажирский терминал. В этой связи они практически все нуждаются в современной модернизации и реконструкции, тем более что аэропорт «Сокол» получил международный статус федерального значения.

В статье обосновывается необходимость геотехнического обследования основания и фундаментов деформирующегося здания. Выполнение этой работы обусловлено предполагаемым перепрофилированием проблемного сооружения под грузовой терминал. Результаты обследования будут использованы при проектировании нового пассажирского терминала.

© ПНИПУ

## CAUSES OF DEFORMATION OF THE FOUNDATION STRUCTURES OF THE PASSENGER TERMINAL AIRPORT "SOKOL" (MAGADAN)

V.P. Vlasov<sup>1,2</sup>, A.V. Bolotin<sup>1</sup>, S.M. Sergeev<sup>1</sup>, A.A. Lunegova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Northeastern State University, Magadan, Russian Federation

<sup>2</sup>North-Eastern Research Permafrost Station, Institute of Permafrost, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russian Federation

### ARTICLE INFO

Received: 01 December 2019

Accepted: 28 January 2020

Published: 27 March 2020

#### Keywords:

airport, pile foundation, deformations, geotechnical survey, degrading permafrost, seismic, surveys, static load.

### ABSTRACT

The main purpose of the reconstruction of this airport is to ensure that the engineering infrastructure complies with the modern requirements of air transportation services and transport security. In our opinion, the list of objects of reconstruction, which now includes an apron, lighting equipment, two checkpoints, a system for lighting aircraft parking places, a water supply network, communications, heat, perimeter fencing, etc., must necessarily enter and passenger terminal. While it is not listed.

The article deals with the problem of determining the reliability and future operational suitability of the base and foundations of the passenger terminal at the «Sokol Magadan Airport» with a service life of more than 50 years. In this regard, a brief description of the natural conditions of the territory of the specified object is given. The peculiarity of the construction area is its seismicity (up to 8 points), deep seasonal freezing and insular distribution of permafrost soils.

The problem is due to the fact that this building, consisting of two independent blocks, each of which was erected in different years on different types of pile foundations, practically began to undergo deformations after their commissioning. These deformations are manifested and manifest now on the external and internal walls in the form of cracks of different sizes. An attempt to determine their causes was made during the construction of the second half of the building, but it coincided in time with the collapse of the USSR, and therefore was not brought to a logical end. The object was put into operation without correcting the existing errors in the foundation device and foundation structures, as well as the necessary strengthening measures in such cases. In the future, it was limited to periodic redecoration and de-commissioning of the most dangerous premises for people to visit.

The present paper assesses the very difficult natural conditions of the territory (climate, island degrading permafrost, seismic), where the «Sokol Airport» has been operating for more than half a century. During this time, many objects of its engineering infrastructure as a result of negative interaction with the environment have received noticeable physical and moral deterioration. These include the passenger terminal. In this regard, they almost all need modern modernization and reconstruction, especially since «Sokol Airport» has received international status of Federal significance.

The article substantiates the need for a geotechnical survey of the base and foundations of a deformable building. The implementation of this work is due to the alleged reprofiling of the problem building under the cargo terminal. The results of the survey will be used in the design of a new passenger terminal.

© PNRPU

## **Введение**

Федеральный аэропорт «Сокол» (рис. 1), имеющий статус международного, расположен в Магаданской области близ поселка Сокол, к северу от города Магадана на 56 км Колымской трассы. Район строительства относится к зоне островного распространения высокотемпературных многолетнемерзлых пород (ММП) с глубоким сезонным промерзанием поверхностного слоя. Климат территории – умеренно-континентальный, носящий морские черты. Район отличается повышенной сейсмической активностью [1].

Согласно СП14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах», актуализированная редакция СНиП II-7-81\*, и исследованиям СВКНИИ ДВО РАН [2] здесь возможны землетрясения амплитудой до 8–9 баллов.



Рис. 1. Фасад федерального международного аэропорта «Сокол»  
Fig. 1. Facade of the federal international airport "Sokol"

Известно, что некоторые инженерные объекты аэропорта в течение длительного времени испытывают весьма опасные деформации. Среди этих сооружений находится и пассажирский терминал, являющийся зданием с повышенной ответственностью ввиду достаточно большого одновременного скопления людей [3, 4]. В соответствии с требованиями СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения», актуализированная редакция СНиП 11-02-96 и СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ» такие здания одними из первых периодически должны подлежать геотехническому обследованию на предмет их дальнейшей эксплуатационной пригодности.

Предметами предлагаемого авторами обследования являются основания, фундаменты и надземные конструкции деформирующегося здания аэровокзала – пассажирского терминала в аэропорту «Сокол» (г. Магадан).

## **1. Основная часть**

В геоморфологическом отношении территория аэропорта приурочена к первой правой надпойменной террасе р. Уптар. С юга и севера площадка окаймлена грядами сопков, отдельные высоты которых достигают 1000–1200 м от уровня Охотского моря. От аэропорта сопки находятся на расстоянии 7–8 км [5].



Какого-либо углубленного изучения геокриологических условий и свойств грунтов при проведении предпроектных изысканий и позднее на рассматриваемой территории не проводилось.

Аэропорт, построенный на площадке с описанными выше мерзлотно-геологическими условиями, функционирует с начала 1960-х гг. и практически с этого времени находится в состоянии либо ремонтных работ, либо постоянной реконструкции. Проблема заключается в том, что на его территории выявлено немало инженерных сооружений, подверженных или подвергавшихся ранее осадочным деформациям (рис. 3).



Рис. 3. Деформации покрытия площади перед аэропортом  
Fig. 3. Deformation of the area in front of the airport

Такие изменения грунтов нередко приобретали весьма опасный характер для эксплуатируемых объектов строительства. Особенно остро проблема для объекта обследования обозначилась в настоящее время, поскольку это здание нуждается в радикальной реконструкции и модернизации, соответствующим современным требованиям к подобному виду зданий.

В настоящее время пристальное внимание специалистов, наблюдающих за сооружениями с осадочными деформациями, привлекает здание пассажирского терминала (рис. 4).

Оно представляет собой сооружение антрессольно-павильонного типа и состоит из двух основных блоков, которые вводились в эксплуатацию с разницей примерно в 16 лет. Проектирование оснований и фундаментов здания осуществлялось по принципу II СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах», актуализированная редакция СНиП 2.02.04–88 и инструкций по проектированию и устройству свайных фундаментов в г. Магадане на сваях, местный опыт применения которых обобщен и изложен в работах [9, 10]. Упомянутые здесь ведомственные строительные нормы в настоящее время переработаны в современные «Рекомендации...» [11].

Строительство первого блока здания завершено в 1973 г. (это был первоначальный вариант аэровокзала и возводился он на камуфлетных сваях глубиной заложения 5–7 м). Практически сразу же у этого здания начал деформироваться правый торец стены (рис. 4).

С тех пор данный участок сооружения находится в состоянии перманентного ремонта. Со слов участников строительства известно, что здесь до начала возведения надфундаментных конструкций была испытана статической нагрузкой одна из рабочих свай. Поскольку результаты ее испытания оказались отрицательными, то эта свая была откопана для освидетельствования грунтов основания и целостности ее конструкции. Установлено, что нижний конец сваи опирался на линзу ММП, а камуфлетное уширение по этой причине не образовалось. Сведений о принятии каких-либо мер по устранению выявленного дефекта не имелось.



Рис. 4. Опасные повреждения торца пассажирского терминала  
Fig. 4. Dangerous damage to the end of the passenger terminal

Второй блок, пристроенный к первому в качестве международного зала ожидания, возводился с 1981 по 1989 г. на буродобивных сваях глубиной заложения 9–11 м. Деформации в строительных конструкциях нового сооружения стали появляться еще до сдачи его в эксплуатацию, причины их возникновения приводятся ниже.

В настоящее время оба блока здания во многих местах (снаружи и изнутри) (рис. 5, 6) покрыты характерными трещинами. Эти трещины (предположительно, вызванные производственным браком при устройстве свайных фундаментов, а также ухудшением несущих свойств грунтов основания в эксплуатационный период) возникали и развивались постепенно, иногда скачкообразно, все увеличиваясь в размерах. Возможно, что последнее связано с подземными толчками при местных микроземлетрясениях, которые регистрируются только в пределах локальных территорий высокочувствительными приборами [12].



Рис. 5. Опасные деформации эксплуатируемого здания без укрепления фундамента  
Fig. 5. The operated building continues to be dangerously deformed without strengthening the foundation



Рис. 6. Продольные трещины в полу по всему зданию из-за просадки проблемных участков фундаментов  
Fig. 6. Longitudinal cracks in the floor throughout the building due to the subsidence of the problem areas of the foundations

Сейчас особое внимание обращает на себя то, что примыкающая к аэровокзалу территория практически вся подвергнута процессам морозного пучения и просадке грунтов. Данное обстоятельство указывает на геокриологическое происхождение деформаций сооружения. При этом возникает вопрос о причинах длительности этих процессов, которые здесь не прекращаются в течение нескольких десятилетий.

Требуют анализа инженерно-геологические данные об особенностях деформационно-прочностных свойств мерзлых, оттаивающих и талых грунтов, опыте проектирования, устройства и эксплуатации свайных фундаментов в таких геокриологических условиях. Дело в том, что недоизученность и недоучет этих факторов затрудняют надежную экспертную оценку дальнейшей эксплуатационной пригодности проблемных объектов строительства, которые еще не выработали свой нормативный срок службы, но под влиянием тех или иных причин находятся в потенциально аварийном состоянии.

Необходимость мероприятий по обследованию конструкций пассажирских терминалов аэропорта «Сокол» рассмотрим на примере выполненных работ по геотехническому обследованию пристройки международного зала ожидания к существовавшему пассажирскому терминалу аэропорта [13]. Фундамент данной части здания возводился в котловане и состоял из кустов буродобивных свай (по 4 шт. в каждом) длиной 9–11 м (глубина скважин 7,5–8 м, забивка в несущий слой талых грунтов ниже забоя скважин – около 1,5 м). Расчетная нагрузка на каждую отдельную сваю составляла 450 кН. На площадке, грунты которой были представлены в основном талыми пылеватыми песками и дресвяно-щебенистыми супесями, производство работ нулевого цикла затянулось более чем на два года, а монтаж надфундаментной части осуществлялся с большими перерывами в течение восьми последующих лет. Контроль несущей способности рабочих свай осуществлялся только по результатам динамических испытаний, достоверность которых всегда значительно ниже, чем у свай, испытанных статическими нагрузками. При этом необходимо учесть, что в процессе неоправданно затянувшегося более чем на два года устройства фундамента подготовленный для него котлован неоднократно затапливался дождевыми водами. Переувлажненные грунты зимой промерзали и распучивались льдом. Судя по остаткам «перелетков», выявленных контрольным бурением в 1990 г., глубина промерзания грунтов достигала 5 м. Кстати, этим же бурением установлено, что кроме талых грунтов в основании этого фундамента залегали также и первоначально многолетнемерзлые породы, которые не были выявлены предпостроечными изысканиями.

Геодезическая съемка вертикального положения низа колонн каркаса здания, выполненная в то время, показала, что за счет сил морозного пучения значительная часть незагруженных кустов свай приподнялась на 20–30 см (рис. 7). Негативное влияние этого фактора фиксировалась также и на обвязочном ростверке. Во многих местах он был покрыт характерными трещинами. Возведенное на таком фундаменте здание еще до ввода в эксплуатацию стало подвергаться неравномерным деформациям. Причина заключалась в просадке протаявших грунтов в основании фундаментных конструкций под совместным воздействием внешних нагрузок и возникших сил негативного трения на боковой поверхности свай, возвращавшихся к своему исходному положению, которое они имели до морозного выпора. Это подтверждено натурными испытаниями свай непосредственно в фундаменте существующего здания (рис. 8) [13].

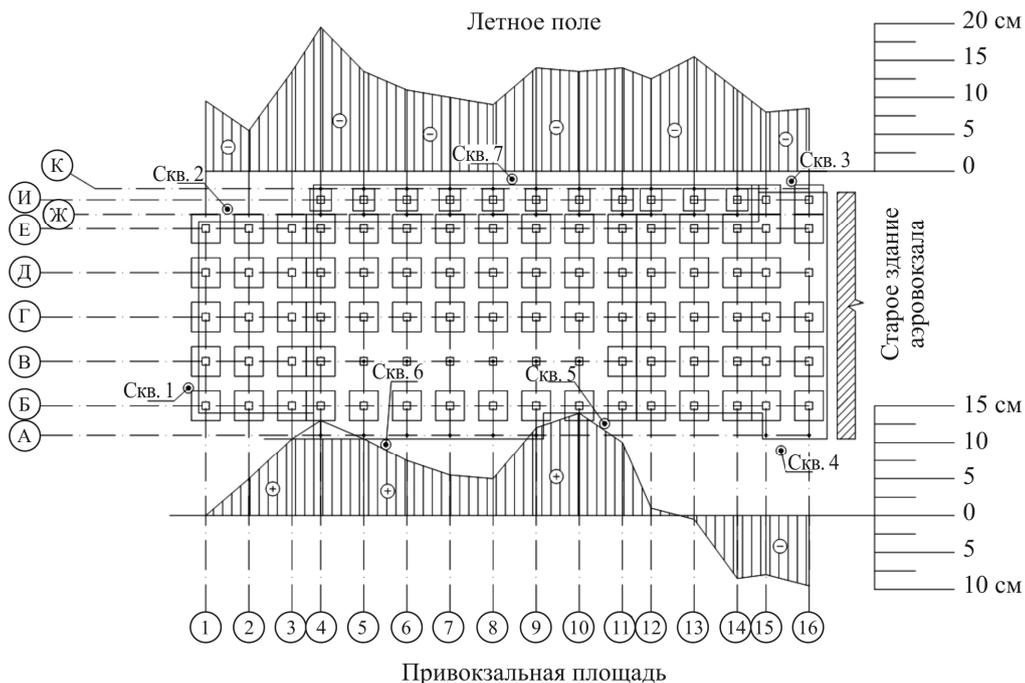


Рис. 7. План фундамента и результаты геодезической съемки  
 Fig. 7. Foundation plan and geodetic survey results

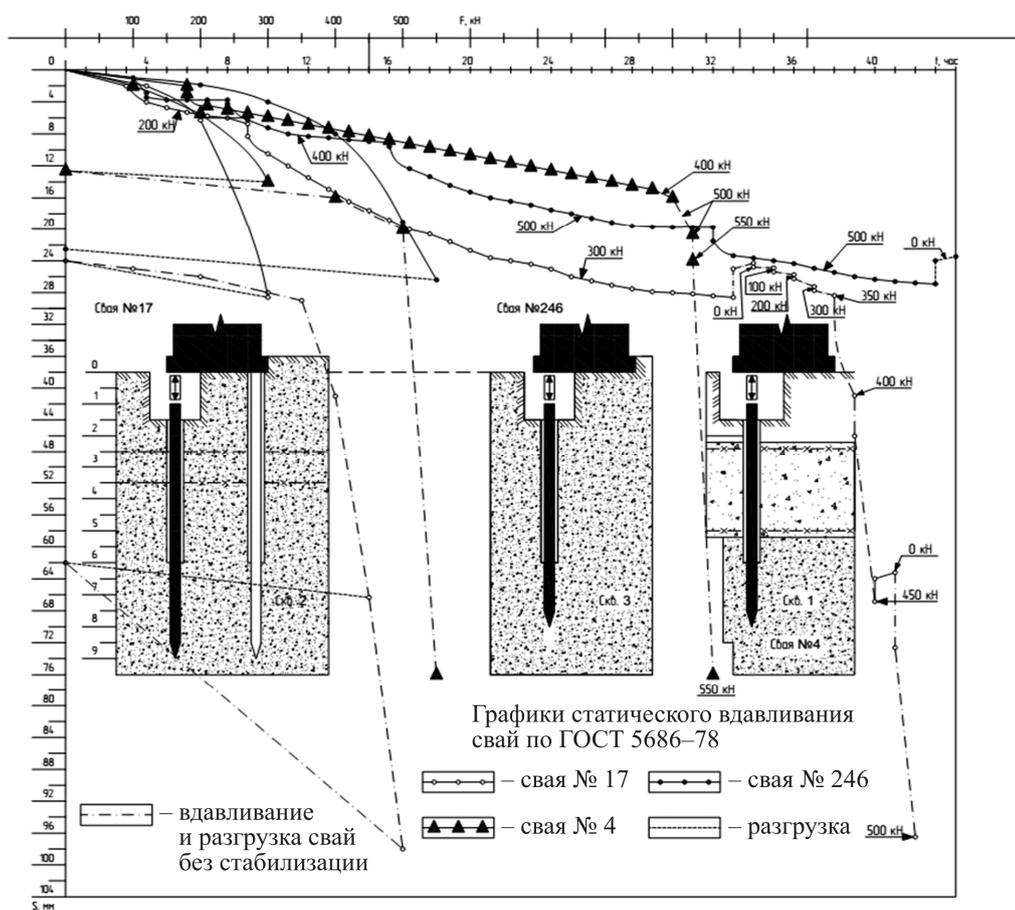


Рис. 8. Результаты испытаний свай в фундаменте возведенного здания аэровокзала  
 Fig. 8. Test results of piles in the foundation of the constructed air terminal building

С учетом результатов этих испытаний предлагалось усилить ослабленные участки фундамента методом опережающего принудительного додавливания свай в несущий слой талого грунта гидродомкратами. Такой опыт в Магадане имелся [11]. Однако рекомендованные мероприятия (1991 г.), как и другие укрепительные меры [13], не проведены. Поэтому деформации надземных конструкций сооружения продолжают до сих пор. Как уже отмечалось выше, подвергается деформациям и ранее построенная часть пассажирского терминала.

## **Заключение**

Учитывая изложенные выше обоснования, а также уровень ответственности объекта строительства, отметим, что он согласно Федеральному закону РФ от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» должен быть обследован на предмет причин деформаций, технического состояния несущих конструкций и возможности их дальнейшей эксплуатационной пригодности.

В соответствии с имеющимся местным опытом обследования зданий в криолитозоне [3] и действующими в РФ нормативными документами по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации (СП 11-105–97, СП 25.13330.2012, ГОСТ Р 53778–2010 и др.) предлагаемые работы должны включать в себя:

- 1) сбор, изучение и анализ инженерно-геологической, проектной и исполнительной документации, в том числе материалы обследований и акты скрытых строительных работ;
- 2) визуальное обследование технического состояния надземных конструкций деформирующегося здания;
- 3) геодезическую съемку объекта обследования и постановку его под постоянное инструментальное наблюдение за осадками основания и фундаментов, в том числе геофизическую – наблюдение за реакцией конструкций сооружения на сейсмические нагрузки;
- 4) проведение инженерно-геологических изысканий как для объекта на свайном основании с оттаявшими и тальми грунтами (находящегося в эксплуатации, но предназначенного к реконструкции): при изысканиях должно быть обращено дополнительное внимание на посткриогенные особенности физико-механических свойств грунтов;
- 5) экспериментальную оценку фактической несущей способности свай с наиболее характерными параметрами погружения путем их выборочных испытаний вдавливающими нагрузками в грунты основания (в местах наибольших деформаций строительных конструкций и при их отсутствии);
- 6) составление заключения о техническом состоянии основания, фундаментов и надземных частей объекта обследования с практическими рекомендациями.

Необходимость выполнения такой работы обусловлена также и тем, что существующее здание аэровокзала предполагается перепроектировать в грузовой терминал, а для пассажиров аэропорта – построить на его территории новый терминал, но уже с учетом современных требований по безопасности, комфортности и дизайну.

Полученные при обследовании новые экспериментальные данные позволят произвести более успешную реконструкцию старого здания, включая (при необходимости) укрепление подземной части и надфундаментных конструкций, а также найти рациональное решение при проектировании оснований и фундаментов нового пассажирского терминала в сложных инженерно-геокриологических условиях территории аэропорта «Сокол».

## Библиографический список

1. Yakutia.ru. График температуры грунта за 2018–2019 год. Магаданская обл. [Электронный ресурс]. – URL: [https://atlas-yakutia.ru/weather/2017/temp/magadan\\_t\\_grunt\\_2017.php](https://atlas-yakutia.ru/weather/2017/temp/magadan_t_grunt_2017.php) (дата обращения: 3.09.2018).
2. О сейсмической опасности Магаданской области / С.Б. Малиновский, В.М. Шарафутдинов, С.В. Мишин, Л.В. Шарафутдинова // Колыма. – 2005. – № 1. – С. 27–32.
3. Власов В.П. Проблемы надежности оснований и фундаментов в Магаданской области // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2004. – № 2. – С. 24–29.
4. Власов В.П., Присяжной В.Б. Геокриологические проблемы эксплуатационной надежности пассажирского терминала в аэропорту «Магадан» // Геотехника в криолитозоне: материалы 5-й конф. геокриологов России / МГУ им. М.В. Ломоносова, 14–17 июня 2016 г. Т. 1. Ч. 1–4. – М.: Университетская книга, 2016. – С. 66–70.
5. Geokniga.org. Государственная геологическая карта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/p-56-xxx1-palatka-gosudarstvennaya-geologicheskaya-karta-rossiyskoj-federacii-.pdf> (дата обращения: 3.09.2018).
6. Architect.49gov.ru. Обновление схемы территориального планирования Магаданской области. Т. 1. Современное состояние и потенциал развития Магаданской области [Электронный ресурс]. – URL: [https://architect.49gov.ru/common/upload/file/tom\\_1\\_.pdf](https://architect.49gov.ru/common/upload/file/tom_1_.pdf) (дата обращения: 3.09.2018).
7. Материалы инженерно-геологических изысканий на объекте «Вторая очередь аэровокзала в аэропорту г. Магадана / МагаданпромстройНИИпроект. – Магадан, 1991.
8. Cyberleninka.ru Гидрогеологические трансформации при строительстве и эксплуатации аэропорта «Магадан» на Северо-Востоке России [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrogeologicheskie-transformatsii-pri-stroitelstve-i-ekspluatatsii-aeroporta-magadan-na-severo-vostoke-rossii> (дата обращения: 3.09.2018).
9. Конаш В.Е. Свайные фундаменты в условиях островного распространения вечномерзлых грунтов (на примере Магадана). – Л.: Стройиздат, 1977. – 100 с.
10. Власов В.П. Особенности свайного фундаментостроения в талых и оттаивающих грунтах Магаданской области. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 1992. – 176 с.
11. Рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов зданий и сооружений на оттаивающих и талых грунтах Магаданской области / авт.-сост. В.П. Власов, С.А. Гулый, Р.В. Чжан; отв. ред. Г.П. Кузьмин. – Якутск: Изд-во ВГБУН «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН», 2012. – 64 с.
12. Studwood.ru. Микроразрушения [Электронный ресурс]. – URL: <https://studwood.ru/1243003/geografiya/mikrozemletryaseniya> (дата обращения: 3.09.2018).
13. Комплексное обследование в стадии незавершенного строительства деформирующегося здания аэровокзала а/п Магадан с выявлением причин деформаций и разработкой предложений по его усилению: техн. отчет / МагаданпромстройНИИпроект – МНИИПП «СтройНИП». – Магадан, 1991.
14. Wikiredia.ru. Сокол (аэропорт) [Электронный ресурс]. – URL: [http://wikiredia.ru/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB\\_\(%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82\)](http://wikiredia.ru/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB_(%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82)) (дата обращения: 3.09.2018).

15. Dic.academic.ru. Аэропорт «Магадан» (Сокол) [Электронный ресурс]. – URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/617450> (дата обращения: 3.09.2018).

## References

1. Yakutia.ru. Grafik temperatury grunta za 2018-2019 god. Magadanskaya obl. [Soil temperature graph for 2018-2019 year. Magadan region], available at: [https://atlas-yakutia.ru/weather/2017/temp/magadan\\_t\\_grunt\\_2017.php](https://atlas-yakutia.ru/weather/2017/temp/magadan_t_grunt_2017.php) (accessed 3 September 2018).

2. Malinovsky S.B., Sharafutdinov V.M., Mishin S.V., Sharafutdinova L.V. O seymicheskoj opasnosti magadanskoy oblasti [About seismic danger of the Magadan region]. *Kolyma*, 2005, no1., pp. 27-32.

3. Vlasov V.P. Problemy nadezhnosti osnovaniy i fundamentov v magadanskoy oblasti [Problems of reliability of foundations and foundations in the Magadan region]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*, 2004, no. 2, pp. 24-29.

4. Vlasov V.P., Prisyazhnoy V.B. Geokriologicheskie problemy ekspluatatsionnoy nadezhnosti passazhirskogo terminal v aeroportu «Magadan» [Geocryological problems of the operational reliability of the passenger terminal at the airport "Magadan"]. *Materialy 5-oy konferentsii-geokriologov Rossii: geotekhnika kriolitozone*. Moscow State University, June 14-17 2016, vol.1. Parts 1-4, Moscow, University Book, 2016, pp. 66-70.

5. Geokniga.org. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii [State geological map of the Russian Federation], available at: <http://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/p-56-xxxi-palatka-gosudarstvennaya-geologicheskaya-karta-rossiyskoy-federacii-.pdf> (accessed 3 September 2018).

6. Architect.49gov.ru. Obnovlenie skhemy territorial'nogo planirovaniya Magadanskoy oblasti. Vol. 1. Sovremennoe sostoyanie i potentsial razvitiya magadanskoy oblasti [Updating the spatial planning scheme of the Magadan region. Vol. 1. The current state and development potential of the Magadan region], available at: [https://architect.49gov.ru/common/upload/file/tom\\_1\\_.pdf](https://architect.49gov.ru/common/upload/file/tom_1_.pdf) (accessed 3 September 2018).

7. Materialy inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy na ob"ekte «Vtoraya ochered' aerovokzala v aeroportu g. Magadana [Materials of engineering and geological surveys at the facility "The second stage of the air terminal at the airport of Magadan]. Magadan, Magadanpromstroy NIiproekt, 1991.

8. Cyberleninka.ru. Gidrogeologicheskie transformatsii pri stroitel'stve i ekspluatatsii aeroporta «Magadan» na Severo-Vostoke Rossii [Hydrogeological transformations during the construction and operation of the airport "Magadan" in the North-East of Russia], available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrogeologicheskie-transformatsii-pri-stroitel'stve-i-ekspluatatsii-aeroporta-magadan-na-severo-vostoke-rossii> (accessed 3 September 2018).

9. Konash V.E. Svaynye fundamenty v usloviyakh ostrovnogo rasprostraneniya vечно-merzlykh gruntov (na primere Magadana) [Pile foundations in the conditions of island distribution of permafrost soils (on the example of Magadan)]. Leningrad, Stroyizdat, 1977, 100 p.

10. Vlasov V.P. Osobennosti svaynogo fundamentostroeniya v talykh i ottaivayushchikh gruntakh Magadanskoy oblasti [Features of pile foundation construction in thawed and thawing soils of the Magadan region]. Yakutsk, IMZ SO RAN, 1992, 176 p.

11. Vlasov V.P., Huly S.A., Zhang R.V. Rekomendatsii po proektirovaniy uiustroystvu svaynykh fundamentov zdaniy i sooruzheniy na ottaivayushch i khitalykh gruntakh Magadanskoy oblasti [Recommendations for the design and installation of pile foundations of buildings and structures on thawing and thawed soils of the Magadan region]. Ed. G.P. Kuzmin. Yakutsk, VGBUN Institute permafrost them. P.I. Melnikov SB RAS, 2012, 64 p.

12. Studwood.ru. Mikrozemletryaseniya. Microearthquakes, available at: <https://studwood.ru/1243003/geografiya/mikrozemletryaseniya> (accessed 3 September 2018).

13. Technical report "Comprehensive survey in the stage of incomplete construction of a deformable airport terminal building and Magadan airport with identification of causes of deformations and development of proposals for its strengthening." Magadan, Magadanpromstroy NIiproekt - MNiiPP "StroyNIP", 1991.

14. Wikiredia.ru. Sokol (aeroport), available at: [http://wikiredia.ru/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB\\_\(%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82\)](http://wikiredia.ru/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB_(%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82)) (accessed 3 September 2018).

15. Dic.academic.ru. Aeroport «Magadan» (Sokol), available at: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/617450> (accessed 3 September 2018).