

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.14
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24.05.2022 № 18

О присуждении **Шихову Александру Игоревичу**, гражданину РФ,
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод геотехнического мониторинга оснований
сооружений на вечномерзлых грунтах, основанный на совместном
применении механических испытаний и акустического неразрушающего
контроля» по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля
природной среды, веществ, материалов и изделий принята к защите
22.03.2022, протокол заседания № 10 диссертационным советом
ГУ 212.224.14 федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный
университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я
В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании
диссертационного совета от 23.09.2019 № 1232 адм с изменениями от
22.12.2020 № 1903 адм, от 06.04.2021 № 662 адм, от 12.07.2021 № 1383 адм,
от 09.11.2021 № 2312 адм.

Соискатель, **Шихов Александр Игоревич**, 27 января 1994 года
рождения, в 2017 году окончил федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский
горный университет» по специальности 21.05.04 Горное дело.

В 2021 году соискатель освоил программу подготовки научно-
педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-

Петербургский горный университет» министерство образования и науки России. Диплом получил 15.06.2021

Диссертация выполнена на кафедре метрологии, приборостроения и управления качеством в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» министерство образования и науки России

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент **Сясько Владимир Александрович**, профессор кафедры метрологии, приборостроения и управления качеством в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Официальные оппоненты:

Сахаров Игорь Игоревич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры геотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»;

Быченок Владимир Анатольевич – кандидат технических наук, заместитель директора по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам учреждения науки «Инженерно-конструкторский центр сопровождения эксплуатации космической техники»; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – закрытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт интроскопии МНПО «СПЕКТР», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанным **Бобровым Владимиром Тимофеевичем** доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником Экспертно-консультационного совета и **Овсянниковой Анной Константиновной** секретарем заседания и утвержденном **Галкиным Денисом Игоревичем** кандидатом технических наук, директором указала, что результаты работы обладают актуальностью, научной новизной, практической и теоретической ценностью, практическая значимость

исследований заключается в разработанной системе геотехнического мониторинга оснований сооружений на вечномерзлых грунтах, основанной на совместном применении методов испытаний грунтов радиальным прессиометром и акустического вида неразрушающего контроля, позволяющей определять деформационные и прочностные характеристики основания сооружения.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее – Перечень ВАК), в 4 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент на изобретение.

Общий объем – 2,97 печатных листов, в том числе 1,9 печатных листов - соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК Минобрнауки РФ:

1. Потапов, А.И. Температурный контроль вечномерзлых грунтов / А.И. Потапов, **А.И. Шихов**, Е.Н. Дунаева // Автоматизация в промышленности. – 2019. - №12. - С. 25-28.

Соискателем был проведен анализ систем температурного метода геотехнического мониторинга вечномерзлых грунтов.

2. Потапов, А.И. Измерение динамических деформационных свойств мерзлого грунта при оттаивании / А.И. Потапов, **А.И. Шихов**, Е.Н. Дунаева // Автоматизация в промышленности. – 2020. - №10. - С. 26-29.

Соискателем были подготовлены модельные образцы мерзлого грунта, проведено сквозное акустическое прозвучивание модельных образцов мерзлого грунта при оттаивании.

3. Потапов, А.И. Определение динамического модуля упругости вечномерзлых грунтов при оттаивании по кинематическим характеристикам упругой волны / А.И. Потапов, **А.И. Шихов**, Е.Н. Дунаева // Контроль. Диагностика. – 2021. - №3. - С. 16-23.

Соискателем выполнен анализ факторов, влияющих на скорость распространения продольной волны в грунтах, по результатам сквозного акустического прозвучивания определен динамический модуль упругости мерзлых грунтов.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

4. **Shikhov, A.I.** Ultrasound methods and for examination of physical and mechanical properties of rocks / A.I. Shikhov, E.N. Dunaeva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 194.

Соискателем проведен анализ акустических методов неразрушающего контроля применяемых для изучения физико-механических свойств горных пород и грунтов.

5. Potapov, A.I. The pattern of changes in the velocity of propagations of ultrasonic waves in frozen soil samples during thawing / A.I. Shikhov, A.I. Potapov // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1582.

Соискателем проведены акустические испытания модельных образцов мерзлых грунтов при оттаивании по результатам которых определены акустический импеданс и динамический модуль упругости.

6. Potapov, A.I. Geotechnical monitoring of frozen soils: problems and possible solutions / A.I. Potapov, A.I. Shikhov, E.N. Dunaeva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1064.

Соискателем выполнен анализ основных методов геотехнического мониторинга вечномерзлых грунтов, проведен анализ влияния различных факторов на достоверность результатов геотехнического мониторинга.

7. Syasko, V. Soil deformation model analysis in the processing of the geotechnical monitoring results / V. Syasko, A. Shikhov // E3S Web of Conference. 2021. Vol 266.

Соискателем проведен анализ деформационных теорий применительно к вечномерзлым грунтам.

Патент:

Патент № 2743547 Российской Федерации, МПК E02D 1/00(2006.01) E02D 1/00 (2021.01). Способ мониторинга состояния многолетнемерзлых грунтов, служащих основанием для зданий и сооружений, и устройство для его осуществления: № 2743547: заявл. 2.10.2020: опубл. 19.02.2021 / Потапов А.И., Шихов А.И.; заявитель Санкт-Петербургский Горный университет.

Соискателем предложена методика проведения и система геотехнического мониторинга вечномерзлых грунтов.

Апробация работы проведена на научно-практических мероприятиях с докладами, где обсуждались положения и результаты исследований диссертационной работы:

1. XI Международной научной конференции «Наука России: цели и задачи» (Екатеринбург, 2018), тема доклада: «Неразрушающие методы контроля»

2. V Международной научно-практической конференции «Иновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME 2018» (Санкт-Петербург, 2018), тема доклада: «Ультразвуковые методы и средства определения физико-механических свойств горных пород»

3. XIV Международной научной конференции «Наука России: цели и задачи» (Екатеринбург, 2019), тема доклада: «Методы неразрушающего контроля строительных объектов»

4. VII Международной научно-практической конференции «Иновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME 2020» (Санкт-Петербург, 2020), тема доклада: «Неразрушающие методы контроля бетонных и асфальтобетонных покрытий».

5. XXXII Уральской конференции с международным участием «Физические методы неразрушающего контроля (Янусовские чтения)» (Екатеринбург, 2020), тема доклада: «Геотехнический мониторинг вечномерзлых грунтов»

В диссертации **Шихова Александра Игоревича** отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего кафедрой «Приборы и методы измерений, контроля и диагностики» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», д.т.н., профессора **Муравьева В.В.**; заместителя генерального директора Акционерного общества «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии», д.т.н., профессора **Дымкина Г.Я.**; заведующего кафедрой машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов Института нефти и газа, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», к.т.н., доцента **Кондрашов П.М.**, к.т.н., доцента **Павлова П.Л.**; директора Научно-исследовательского центра технологий контроля качества ракетно-космической техники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» д.т.н., профессора

Прохоровича В.Е.; доцента кафедры геотехники ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», к.т.н., доцента **Ланько С.В.**; старшего научного сотрудника лаборатории комплексных методов контроля ФГБУН «Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук», к.т.н. **Михайлова А.В.**; заместителя директора – главного конструктора ООО «НТЦ Эталон», к.т.н. **Кинжагулов И.Ю.**; заведующего кафедрой организации строительства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», к.т.н., доцента **Мотылева Р.В.**;

В отзывах дана положительная оценка выполненного исследования, отмечена актуальность темы диссертационной работы, степень проработки проблемы, высокий фундаментальный и технический уровень предложенных решений и рекомендаций, а также практическая применимость результатов для решения актуальных задач мониторинга состояния оснований сооружений на вечномерзлых грунтах, однако имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В разработанной модели, связывающей скорость распространения продольных упругих колебаний и физико-механические параметры грунтов, нет разделения по влиянию на скорость распространения ультразвуковых волн температуры и прочности при оттаивании. (д.т.н. **В.В. Муравьев**).
2. Автором не рассматривается влияние величины напряжения на скорость распространения упругой волны в грунтах, несмотря на то что деформационные характеристики грунтов зависят, в том числе, от величины напряжения (стр. 11). (д.т.н. **Г.Я. Дымкин**).
3. Термин «многолетнемерзлый грунт» точнее, чем «вечномерзлый грунт», использованный автором. (к.т.н. **П.М. Кондрашов**).
4. Плотность многолетнемерзлого грунта повышается из-за потери воды при оттаивании. Это меняет скорость распространения волн. В автореферате об этом нет информации. (к.т.н. **П.М. Кондрашов**).

5. Учитывается ли криогенная текстура мерзлого грунта? (**к.т.н. П.М. Кондрашов**).

6. Как определяли разновидность мерзлого грунта (твердомерзлые и пластично-мерзлые грунты) при проведении экспериментальных исследований? (**к.т.н. П.М. Кондрашов**).

7. В тексте работы говорится о разработке автором цифровой модели, в контексте данной работы, верно, было бы говорить об определении параметров конечно-элементной модели основания сооружения. (**д.т.н. В.Е. Прохорович**).

8. Из автореферата не ясно, какая приборная база рекомендуется для проведения геотехнического мониторинга в полевых условиях. Приведены только приборы, использовавшиеся в лабораториях. (**д.т.н. В.Е. Прохорович**).

9. Из автореферата не ясно, каким образом применим данный метод для создания стационарных систем геотехнического мониторинга особо ответственных сооружений. (**д.т.н. В.Е. Прохорович**).

10. В автореферате приводится зависимость модуля общей деформации от динамического, при этом в выражении нет в явном виде учета температуры. (**к.т.н. С.В. Ланько**).

11. Одним из параметров, входящих в выражение 1 (стр.10), является коэффициент Пуассона, определение которого по результатам акустического контроля возможно только при наличии данных о величине скорости распространения продольной и поперечной волн. Однако в предложенном автором методе определяется только величина скорости распространения продольной волны. (**к.т.н. А.В. Михайлов**)

12. При анализе степени проработанности исследуемого направления недостаточно представлены результаты работ зарубежных специалистов, что приводит к неполноте обоснования актуальности исследований в данной области. (**к.т.н. Р.В. Мотылев**)

13. Автором не проводилось технико-экономическое обоснование предложенной методики, что подчеркнуло бы актуальность ее применения. (к.т.н. Р.В. Мотылев)

14. В автореферате недостаточное внимание уделено методике геотехнического мониторинга оснований сооружений на вечномерзлых грунтах. (к.т.н. И. Ю. Кинжагулов)

15. Предложенный автором метод является комплексным, объединяющим в себе ряд инженерно-геологических и акустических методов изучения характеристик грунтов, однако не указано проводятся ли данные измерения в соответствие с нормативами либо имеются отклонения от них. (к.т.н. И. Ю. Кинжагулов)

16. В тексте автореферата рисунок 3 приведен ранее рисунка 1 и 2. (к.т.н. И. Ю. Кинжагулов)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетенцией в данной области.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана расчетная модель основания сооружения на вечномерзлых грунтах, которая позволяет дать оценку состоянию основания сооружения по второй группе предельных состояний, определение параметров, которой, выполняется с учетом изменения напряженно-деформируемого состояния системы «основание-фундамент» при оттаивании грунтов.

предложен новый нетрадиционный подход при построении системы метрологического обеспечения геотехнического мониторинга оснований сооружений на вечномерзлых грунтах, позволяющего установить действительные метрологические характеристики оборудования для проведения мониторинга оснований сооружений.

доказана перспективность использования временного метода акустического вида неразрушающего контроля для определения деформационных и прочностных характеристик оснований сооружений на вечномерзлых грунтах и выявления их деградации.

введены новые термины, связывающие между собой динамический модуль упругости и модуль общей деформации, а также скорость распространения продольной волны и сопротивление сдвигу по боковой поверхности смерзания, позволяющие корректно оценить напряженно-деформируемое состояние основания сооружения и выполнить оценку основания по второй группе предельных состояний.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны основные положения акустического вида неразрушающего контроля применительно к рассматриваемой задаче оценки изменений деформационных и прочностных характеристик основания сооружения непосредственно в зоне влияния сооружения на грунты.

применительно к проблематике диссертации результативно **использованы** временной метод акустического контроля, метод испытаний грунтов на одноосное сжатие, метод одноплоскостного среза по поверхности смерзания для определения прочностных, деформационных и акустических характеристик грунтов, стандартные инженерно-геологические методы для подготовки модельных образцов мерзлых грунтов к испытаниям; полученные результаты лабораторных исследований позволили подтвердить результаты теоретических исследований о возможности применения акустического вида неразрушающего контроля для мониторинга состояния оснований сооружений на вечномерзлых грунтах.

изложена идея совместного использования акустического вида неразрушающего контроля и метода испытаний грунтов радиальным прессиометром, которая позволяет перейти от упругих характеристик грунтов, определяемых акустическими видом контроля, к упругопластическим

характеристикам, что в свою очередь позволяет оценить степень сопротивления грунтов деформированию в результате изменения температурного и гидрологического режимов.

раскрыты основные недостатки существующих решений, базирующихся на мониторинге температурного режима основания, вызванные возможными изменениями температуры начала замерзания грунтов в процессе эксплуатации сооружений.

изучены особенности структуры и свойств мерзлых грунтов; особенности фазовых переходов вода-лед; влияние состава воды и дисперсности грунтов на температуру фазового перехода вода-лед; взаимосвязь кинематических характеристик упругих волн и упругих характеристик грунтов; влияние напряженно-деформируемого состояния основания на деформационные характеристики грунтов.

проведена модернизация существующего метода испытаний грунтов радиальным прессиометром путем дооснащения камеры радиального прессиометра низкочастотным акустическим преобразователем с целью снижения влияния на результаты исследований масштабного фактора, а также упрочнения/разупрочнения и гистерезиса грунтов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны метод и система геотехнического мониторинга оснований сооружений на вечномерзлых грунтах в основе которых лежит совместное использование акустического вида неразрушающего контроля и метода испытаний грунтов радиальным прессиометром, которые позволяют непосредственно определять деформационные и прочностные характеристики грунтов, повышая вероятность своевременного выявления деградации вечномерзлых грунтов.

определены перспективы дальнейших исследований в области разработки систем геотехнического мониторинга оснований сооружений на вечномерзлых грунтах, изучение влияния напряженно-деформируемого

состояния на взаимосвязь динамического модуля упругости и модуля общей деформации грунтов, а также исследования предложенной методики в полевых условиях, позволяют уточнить данные лабораторных исследований и внедрить предложенное техническое решения на предприятиях минерально-сырьевого сектора в Арктической зоне РФ.

создана система практических рекомендаций для изготовления стандартных образцов грунтов в лабораторных и полевых условиях.

представлена система практических рекомендаций по дальнейшему исследованию процессов, протекающих в мерзлых грунтах в реальных условиях

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на современном сертифицированном оборудовании, с применением актуальных техник и методик исследования, соответствующих нормативной базе Российской Федерации, проведенные измерения выполнены в достаточном количестве, позволяющем выполнить статистический анализ данных.

теория построена на известных как в России, так и за рубежом фундаментальных представлениях о процессе деформирования грунтов, кристаллизации и оттаивании воды в грунтах, а также распространения упругих колебаний в однородных средах. Предложенная и использованная в работе теория согласуется с независимо опубликованными экспериментальными данными по смежным с темой диссертации отраслям.

идея базируется на анализе большого объема имеющихся в научной литературе данных по исследованиям в области совершенствования методов и средств изучения деформационных и прочностных характеристик грунтов.

использовано качественное и количественное сравнение полученных данных и результатов исследований отечественных специалистов по рассматриваемой тематике за последние 10 лет.

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых отечественных

и зарубежных источниках по изучению взаимосвязи прочностных, деформационных и акустических характеристик грунтов, а также нестабильности значения температуры начала замерзания грунтов, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным и целесообразным.

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации в контексте поставленных и решенных в диссертации задач.

Личный вклад соискателя состоит в выборе тематики исследования, постановке задач исследования, их планировании, осуществлении и интерпретации результатов. Основная часть приводимых результатов была получена автором лично, либо совместно с соавторами публикаций. Личный вклад соискателя также состоит в обобщении и обработке полученных экспериментальных данных, проведении исследований взаимосвязи акустических, прочностных и деформационных характеристик грунтов, формулировке основных научных положений и выводов, подготовке текстов научных публикаций и диссертации. При непосредственном участии автора были подготовлены модельные образцы мерзлых грунтов, проведены испытания на одноосное сжатие и одноплоскостной срез по поверхности смерзания, акустическое прозвучивание грунтов. Соискателем была разработана расчетная модель основания сооружения, основанная на деформационной теории пластичности. Основные результаты, положения и рекомендации, представленные в диссертационной работе, изложены в научных публикациях и представлены на профильных конференциях.

В ходе защиты диссертации не были высказаны критические замечания.

Соискатель **Шихов А.И.** ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 24 мая 2022 года диссертационный совет принял решение присудить **Шихову А.И.** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи обоснование метода геотехнического мониторинга

оснований сооружений на вечномерзлых грунтах, основанного на совместном применении механических испытаний и акустического неразрушающего контроля.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 9 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 15, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.



Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

Шпенст

Вадим Анатольевич

Коптева

Александра Владимировна

24.05.2022 г.