

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертацию Котова Павла Игоревич на тему: «Компрессионное деформирование прибрежно-морских мерзлых грунтов при оттаивании (Европейский север России, Западная Сибирь)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»**

С начала XXI века главной мировой проблемой стало, как известно, обеспечение безопасности проживания людей и сохранения природы. Для России самой большой и холодной страны в мире, две трети которой занимает криолитозона, проблемы безопасности в районах распространения многолетнемерзлых грунтов имеют наиболее важное народно-хозяйственное значение.

Достаточно отметить только, что для всех видов зданий и сооружений в криолитозоне на начало этого века аварийность оценивается в 2-3 раза выше, чем для остальных территорий страны. Наиболее опасно, что по данным Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС) РФ до последних лет продолжает сохраняться тенденция ежегодного наращивания числа техногенных и природных аварий, чрезвычайных ситуаций. Например, значительной аварийностью в начале 2000 годов отмечался город Якутск (Минкин М.А., Кроник Я.А. и др., 2011), где число деформированных и разрушившихся зданий 1274 с аварийностью до 90%. А по данным публикаций в журнале «Промышленное и гражданское строительство» в 2013 году все 90-100% панельных зданий серии 464 ВМ пришли в полную эксплуатационную непригодность и подлежат ликвидации, то есть полному сносу. Аналогичная тенденция отмечается в г. Чите и других районах криолитозоны. Главнейшей причиной запредельных деформаций и разрушений всевозможных сооружений на вечномерзлых грунтах являются чрезмерные, непрогнозируемые осадки при оттаивании (за счет утечек из коммуникаций, растепления оснований, сложенных

сильнольдистыми мерзлыми грунтами, недостаточных и некачественных инженерно-геологических и геокриологических изысканий с нестандартным определением прочностных и, особенно, деформационных характеристик оттаивающих грунтов или вообще без таких исследований и т.д. и т.п.)

Учитывая вышеизложенное и стратегическое значение для дальнейшего развития и безопасности нашей страны территорий криолитозоны, тему диссертации П.И. Котова «Компрессионное деформирование прибрежно-морских мерзлых грунтов при оттаивании (Европейский север России, Западная Сибирь)» следует считать весьма актуальной научно-практической задачей, имеющей существенное значение для геокриологических изысканий.

Цель диссертации – на основе комплекса лабораторных и полевых экспериментальных и численных исследований уточнить закономерности деформирования мерзлых грунтов в условиях стандартного одномерного и пространственного оттаивания и разработать экспресс-методы определения достоверных деформационных характеристик и инженерного прогноза осадок оттаивающих грунтов, в основном, морских отложений некоторых районов криолитозоны.

Для достижения указанной цели были сформулированы и, по мнению оппонента, успешно решены следующие основные 4 задачи:

1. Выполнены экспериментальные исследования компрессионного сжатия различных мерзлых грунтов в условиях стандартного одномерного и всестороннего оттаивания и уточнены закономерности деформирования оттаивающих грунтов в зависимости от условий оттаивания и их начальных основных физических характеристик с оценкой достоверности получаемых деформационных характеристик.

2. Проведены численные исследования методами математического моделирования процессов деформирования мерзлых грунтов при разных условиях оттаивания и для случаев лабораторного (компрессионного) и полевого (штампового) испытаний.

3. Разработана комплексная методика исследований деформируемости многолетнемерзлых грунтов при оттаивании и проверена применимость эмпирических (параметрических) уравнений для прогноза осадок оттаивающих грунтов.

4. На основе обобщения результатов испытаний оттаивающих грунтов ненарушенного сложения из различных регионов криолитозоны предложены уточненные методы инженерного прогноза осадок мерзлых грунтов при оттаивании и разработаны предложения по экспресс методике определения деформационных характеристик оттаивающих грунтов.

Рецензируемая диссертация состоит из введения, шести глав основного текста, заключения, изложенных на 123 страницах, списка литературы из 133 публикаций, включая 43 труда на английском языке, и приложения на 13 страницах, включающего основные физико-механические характеристики 497 образцов многолетнемерзлых грунтов из 9 регионов криолитозоны. В работе содержится 49 рисунков и 32 таблицы, в том числе в Приложении - большая таблица на 13 страницах с описанием свойств образцов грунтов.

Основные научные достижения, достоверность и новизна полученных в работе результатов и выводов, по мнению оппонента, заключается в следующем:

1. Впервые экспериментально и аналитически исследовано влияние условий оттаивания на получаемые нормативные деформационные характеристики оттаивающих грунтов – коэффициент оттаивания мерзлого грунта ( $A$ ) и коэффициент сжимаемости оттаявшего грунта под нагрузкой ( $m$ ) при различных условиях оттаивания: при одномерном, поверхностном, как принято в ГОСТе и СНИПах по инженерно-геологическим изысканиям и, для сравнения, при пространственном, объемном оттаивании часто практикуемом при недостаточных сроках и объемах финансирования геокриологических изысканий. Заметим, кстати, что недостаточно надежные и некорректно определенные характеристики оттаивающих грунтов и весьма приближенные прогнозы осадок с использованием таких недостаточно достоверных изыскательских данных также способствуют продолжающейся тенденции повышения аварийности и снижения

безопасности многих сооружений в криолитозоне. Поэтому оценка достоверности получаемых характеристик оттаивающих грунтов, выполненная диссертантом на большом числе компрессионных испытаний, существенно повышает надежность результатов инженерно-геокриологических изысканий и прогнозов осадок зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах.

2. Важно также особо отметить: впервые автором показано, что всестороннее оттаивание по сравнению со стандартным поверхностным оттаиванием мерзлых образцов дает увеличение осадки до 15-20%, что приемлемо в инженерной практике на предварительных стадиях инженерных изысканий. В то же время по сравнению с натурными полевыми испытаниями стандартным горячим штампом компрессионные испытания дают завышенные значения расчетных деформационных характеристик от 5-15% до 30-50%, что требует введения соответствующих корректирующих коэффициентов, по аналогии с корректирующими коэффициентами, принятых для талых четвертичных глинистых грунтов при определении их расчетных модулей общей деформации  $E_0$ .

3. Важное значение имеет установление автором положений о возможности существенного сокращения в 2,5-3 раза сроков испытаний мерзлых грунтов при всестороннем оттаивании и установлении определенной закономерности деформирования оттаивающих грунтов на самой первой стадии оттаивания с завершением первичной фильтрационной консолидации. При этом автор по результатам многочисленных (до 500) экспериментов на всех исследованных четырех видах мерзлых грунтов определил с достаточной достоверностью, что величина осадки за первый период оттаивания при бытовой нагрузке составляет для песков 86-93% от полной стабилизированной конечной осадки, для супеси 79-92%, а для суглинков 69-90%. Это позволило диссертанту обоснованно предложить ускоренный экспресс метод определения осадок стабилизированной осадки при оттаивании по достаточно простым эмпирическим формулам, которыми вполне можно пользоваться для приближенных прогнозов

осадки при оттаивании мерзлых грунтов оснований сооружений на самых ранних стадиях инженерно-геокриологических изысканий.

4. Успешным и важным результатом диссертационного исследования является, по мнению оппонента, исключительно большой объем выполненных экспериментов на мерзлых грунтах естественной, ненарушенной структуры – 497 опытов на четырех видах мелкодисперсных песчаных и глинистых грунтов из 9 регионов криолитозоны и около 300 опытов на аналогичных мерзлых грунтах нарушенной структуры (все с трехкратной повторностью), в комплексе с определением вязкости оттаивающих грунтов, что характеризуется новизной и оригинальностью, и с попытками математического моделирования компрессионных лабораторных и полевых штамповых (горячим штампом) испытаний. В последние годы при массовом увлечении многих исследователей численными методами с компьютерным моделированием и с не всегда обоснованными расчетными характеристиками, такой большой объем экспериментальных исследований с получением достаточно достоверных деформационных характеристик оттаивающих грунтов заслуживает особого внимания и поощрения и существенно повышает качество и надежность инженерно-геокриологических изысканий и проектирования зданий и сооружений в криолитозоне.

5. Необходимо особо отметить выносимые на защиту предложения диссертанта по новым экспресс методикам определения деформационных характеристик мерзлых грунтов при оттаивании (коэффициента оттаивания  $A$  и сжимаемости  $m$ ) и прогноза осадок оттаивающих грунтов, их корректности и достоверности с использованием методов математической статистики элементов теории планирования эксперимента. Разработанные экспресс методы позволяют более чем в 2-3 раза сократить сроки компрессионных испытаний при инженерно-геокриологических изысканиях с сохранением достаточных для инженерных расчетов достоверности (до 15-20 %) получаемых результатов.

Отмеченных основных достижений автора диссертационного исследования, по мнению оппонента, достаточно для кандидатской диссертации.

Как каждой комплексной и оригинальной научной работе диссертации П.И. Котова присущи и некоторые замечания, основные из которых сводятся к следующему:

1. Отмечая в работе существенное влияние на процессы оттаивания различных факторов (физических характеристик и криотекстуры, температурных условий), автор недооценил влияния величины самой начальной температуры мерзлых грунтов на скорости и сроки оттаивания и, соответственно, на получаемые деформационные характеристики ( $A$  и  $m$ ) и провел все испытания только при одном значении начальной температуры, равной минус  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В тоже время всем известно (и приведено, например, в таблице 2.1 на стр. 37-38 диссертации), что мерзлые грунты ненарушенного сложения в естественных условиях характеризуются разными температурами (от минус  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  до минус  $7-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), а для исследованных грунтов средние температуры изменяются от минус  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  до минус  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Разное температурное состояние весьма существенно изменяет термомеханическое состояние (от морозного и пластичномерзлого до твердомерзлого) и, соответственно, все их механические свойства в особенности прочностные и деформационные характеристики. Поэтому, надо было бы (хотя бы качественно), оценить влияние начальной температуры на процессы оттаивания и получаемые деформационные характеристики в пределах фактических температур исследованных многолетнемерзлых грунтов (от  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

2. Известно, что «почти все прибрежно-морские отложения» многолетнемерзлых грунтов и, особенно в районах полуострова Ямал, являются засоленными грунтами с морским типом засоления с изменением степени засоления  $Z$  от  $0,2-0,5\%$  до  $1-2\%$  и даже более, что существенно влияет на их термомеханическое состояние и все физико-механические свойства, особенно прочностные и деформационные характеристики. Но автор в диссертации не учел засоленность этих грунтов и, вообще, даже не указал в исходных изыскательских материалах естественную засоленность мерзлых грунтов. Считаю это существенным недостатком работы, ограничивающим пределы применимости

полученных результатов только для незасоленных многолетнемерзлых грунтов. Может именно этим во многом объясняется беспредельно (более 50%) большие погрешности, полученные в диссертационном исследовании при определении деформационных характеристик оттаивающих грунтов районов Ямала.

3. Наибольших замечаний и разочарований заслуживает весьма важная глава 5 Результаты исследования напряженно-деформированного состояния оттаивающих грунтов методом математического моделирования и, особенно, глава 3.2 Математическое моделирование. В них описывается постановка и решение нестационарной тепловой задачи оттаивания по программе «Termoground», хотя без всякого обоснования принимаются расчетные теплофизические характеристики и граничное условие 3 рода (по закону Ньютона), справедливые только для стационарных условий теплообмена, при этом неясно каковы температуры начала замерзания-оттаивания, фазовых переходов, отсутствуют полные указания по краевым условиям и начальному температурному полю (особенно в пространственной постановке и решении механической задачи прогноза напряженно-деформированного состояния (НДС) массива мерзлого грунта при оттаивании под горячим штампом вообще непонятна и, строго говоря, некорректна по следующим причинам. Во-первых, отсутствует математическая постановка одномерной, а тем более пространственной термомеханической задачи. Нет ни краевых (начальных и граничных) условий, ни расчетных деформационных характеристик. Не ясно вообще, какую механическую (упругую, вязкую, упруго-пластическую и т.п.) модель или термомеханическую модель (термоупругую или иную) использует автор в своем математическом моделировании. Вообще непонятно, как он определяет в этом случае напряжения и деформации, и в целом НДС оттаивающего массива. Очевидно, что такие некорректности и приводят автора к выводу на странице 90, что «в результате математического моделирования полевых (штамповых) испытаний не получается точно вычислить осадку». Кажется, что без такого неудачного математического моделирования данная хорошая экспериментальная научная работа только бы выиграла.

Содержание диссертации изложено четким русским языком и читается с большим интересом.

Автореферат и опубликованные труды автора соответствуют основным выводам и содержанию диссертации. Основные результаты и защищаемые положения диссертационных исследований опубликованы в 16 научных изданиях, в том числе в трех, рекомендованных перечнем ВАК, а также были доложены и обсуждены на четырех Всероссийских и региональных конференциях и форумах и на девяти Международных конференциях, а также представлены на ряде сайтов в интернете.

В целом, несмотря на сделанные замечания, носящие в основном дискуссионный и рекомендательный характер, диссертация Котова П.И. «Компрессионное деформирование прибрежно-морских мерзлых грунтов при оттаивании (Европейский север России, Западная Сибирь)» является завершенной научной работой, в которой решены две взаимосвязанные (научно-методическая и практическая) задачи: экспериментально-аналитическая задача установления закономерностей деформирования оттаивающих грунтов с определением уточненных деформационных характеристик при разных условиях оттаивания, имеющая существенное значение для теории инженерной геокриологии и механики мерзлых грунтов; и вторая - задача разработки экспресс методов определения достоверных деформационных характеристик оттаивающих грунтов и инженерного прогноза осадок мерзлых грунтов при оттаивании, имеющая важное научно-практическое значение для повышения качества инженерно-геологических и, прежде всего, геокриологических изысканий и обеспечения надежности проектирования зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах.

В этой связи оппонируемая диссертация Котова П.И. соответствует всем критериям, установленным Положением ВАК (постановление правительства России от 24 сентября 2013 г. № 842 « О порядке присуждения ученых степеней»), а ее автор вполне заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»

Официальный оппонент:  
Профессор кафедры «Механики грунтов  
и геотехники»  
Московского государственного  
строительного университета (МГСУ)  
Кандидат технических наук  
По специальности 25.00.08  
Старший научный сотрудник

Кроник Я. А.

Начальник отдела кадров

Коваль М.А.



Наименование организации:

Национальный исследовательский университет Федеральное  
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ" (ФГБОУ  
ВПО "МГСУ")

Почтовый адрес: 129337, Москва, Ярославское шоссе д.26

Телефон: 89175691266

E-mail: akronik@mail.ru