

## Отзыв

на автореферат диссертации Чжоу Бичэна

«Напряженно-деформированное состояние промерзающих грунтов при миграции влаги», представленной на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Тема диссертации является чрезвычайно актуальной для решения практических задач строительства и эксплуатации объектов в условиях вечной мерзлоты и сезонного промерзания грунтов. Исследование процессов миграции влаги и формирования напряженно-деформированного состояния в промерзающих грунтах имеет фундаментальное значение для прогнозирования морозного пучения, обеспечения устойчивости фундаментов и других инженерных сооружений, разработки эффективных мер защиты от негативных последствий промерзания грунтов, а также повышения безопасности транспортной инфраструктуры в сложных климатических условиях.

Работа содержит необходимую научную новизну. Исследование выполнено с использованием современных научных методов, включая теоретический анализ, разработку математических моделей, лабораторные эксперименты, а также численного моделирования.

Результаты исследования отличаются высокой достоверностью, что подтверждается экспериментальной верификацией численной модели данными лабораторных экспериментов, физической обоснованностью всех полученных закономерностей, согласованностью с современными теоретическими представлениями и практической апробацией отдельных положений работы на научных конференциях. Работа имеет существенную практическую ценность для инженерной практики, включая прогнозирование поведения грунтов при промерзании, проектирование фундаментов в условиях вечной мерзлоты и разработку мер защиты от морозного пучения, а также для научных исследований, создавая базовую модель для дальнейших изысканий, предоставляя возможность модификации модели для учета дополнительных факторов и способствуя развитию методов численного моделирования в мерзлотоведении.

Диссертационная работа Чжоу Бичэна представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на высоком профессиональном уровне. Работа соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Оленченко Владимир Владимирович  
доктор геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика, доцент,  
ведущий научный сотрудник лаборатории геоэлектрики Института нефтегазовой геологии  
и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН.

630090, Новосибирск, пр. ак. Коптюга, 3, ИНГГ СО РАН

www.ipgg.sbras.ru

8-383-330-79-08

OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru

Я, Оленченко Владимир Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Чжоу Бичэн «Напряженно-деформированное состояние промерзающих грунтов при миграции влаги», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7. – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Диссертационное исследование Чжоу Бичэн посвящено актуальной, но недостаточно разработанной проблеме по морозному пучению глинистых грунтов, что представляет собой одну из основных причин деформаций оснований зданий и инженерных сооружений в холодных регионах. Процесс пучения глинистых грунтов описывается преимущественно на основе системы дифференциальных уравнений в частных производных, учитывающих взаимосвязь температурных, гидравлических и механических параметров. Проведение экспериментов по измерению порового давления в мёрзлых грунтах в естественных условиях сопряжено со значительными техническими трудностями. Актуальность данного диссертационного исследования обусловлено в необходимости разработки физически обоснованных моделей промерзающих глинистых грунтов, которые позволят прогнозировать давление поровой воды. Именно поэтому нужно установить закономерности формирования напряжённо деформированного состояния и льдонакопления в промерзающих грунтах с учётом влагопереноса.

Анализ содержания автореферата позволяет утверждать, что диссертационное исследование Чжоу Бичэн является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой.

Научная новизна диссертации состоит в том, что автором разработаны и научно обоснованы:

- соотношение между основными термодинамическими параметрами в промерзающих водонасыщенных глинистых грунтах для определения порового давления воды, на основе которого разработана численная модель, прогнозирующая изменение давления;
- численная модель гидротермического взаимодействия при промерзании грунтов отличается от существующих аналогов тем, что основана на сопряженном анализе теплопереноса, массопереноса, изменения порового давления и фазового равновесия;
- предложенная и верифицированная численная модель гидротермического взаимодействия при промерзании грунтов пригодна для прогнозирования льдовыделения и морозного пучения грунтов как с полной, так и с неполной степенью влагонасыщения.

Судя по автореферату, научные положения и выводы имеют практическую ценность, которая заключается в том, что предложенная модель гидротермического взаимодействия позволяет прогнозировать поровое давление воды в различных температурных и влажностных условиях, в том числе в рамках инженерных проектов. Кроме того, модель допускает дальнейшую модификацию, например, для учёта подтока подземных вод при промерзании.

Достоверность и обоснованность проведенного научного исследования обеспечиваются целостным, комплексным подходом к научному исследованию, адекватностью методов исследования её цели и задачам, научной апробацией основных идей. На основе данной модели изучены некоторые закономерности распределения порового давления воды и миграции влаги в промерзающих грунтах. Полученные результаты способствуют углублённому пониманию механизма перераспределения влаги, прогнозу пучения и разработке эффективных методов борьбы с ним.

Совокупность научных и прикладных результатов диссертации по исследуемой проблеме можно квалифицировать как новое решение задачи, имеющей существенное значение для развития важного направления в инженерной геологии, мерзлотоведении и грунтоведении.

Автореферат диссертации отличается научным стилем и логичностью изложения, материал в целом структурирован. Общая характеристика исследования, основное содержа-

ние работы, теоретические и практическое части автореферата диссертации в целом сбалансированы.

Содержание автореферата и публикаций соответствует диссертационным положениям и отражает разработанные идеи и выводы диссертации.

Предложенные диссертантом выводы и рекомендации соответствуют цели и задачам исследования, являются убедительными и достоверными, для верификации модели были выполнены эксперименты по одномерному промерзанию каолинитовой глины, в ходе которых проанализированы закономерности изменения температурных полей, миграции влаги, морозного пучения, порового давления воды и льдообразования. Достоверность выбранной модели подтверждена как авторскими экспериментальными данными, так и опубликованными результатами других исследователей.

Работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7. – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Макаров Владимир Александрович  
Доктор геолого-минералогических наук, профессор  
Заведующий кафедры Геология месторождений и методика разведки  
Институт цветных металлов  
Сибирский федеральный университет  
Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
<http://www.sfu-kras.ru/vmakarov@sfu-kras.ru>  
+7 (391) 206-36-97

Я, Макаров Владимир Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

« 10 » февраля 2026 г.

Кропанина Марина Петровна  
Кандидат геолого-минералогических наук, доцент  
Доцент кафедры Геология месторождений и методика разведки  
Институт цветных металлов  
Сибирский федеральный университет  
Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
<http://www.sfu-kras.ru/mkropanina@sfu-kras.ru>  
+79069161970

  
  
**ФГАОУ ВО СФУ**  
Подпись *В.А. Макарова* заверяю  
Делопроизводитель *М.И. Чудачева*  
« 16 » 02 20 26 г.

Я, Кропанина Марина Петровна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

« 10 » февраля 2026 г.

  
**ФГАОУ ВО СФУ**  
Подпись *М.П. Кропанина* заверяю  
Делопроизводитель *М.И. Чудачева*  
« 16 » 02 20 26 г.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Чжоу Бичэи, на тему: «Напряженно-деформированное состояние промерзающих грунтов при миграции влаги», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности: 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

**Актуальность темы исследования:** процессы морозного пучения грунтов имеют сложную природу, при этом оказывают значительное влияние на существующие конструкции фундаментов, особенно в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов. На сегодняшний день в практике расчетов практически нет моделей, позволяющих выполнять достоверный прогноз воздействий процессов морозного пучения на подземной части зданий и сооружений, в связи с чем разработка математического аппарата, позволяющего реализовать адекватные модели прогнозирования воздействия морозного пучения, является актуальной междисциплинарной задачей.

**Целью работы** является установление закономерности формирования напряженно-деформированного состояния и льдонакопления в промерзающих грунтах с учётом влагопереноса.

**Научная новизна:** разработана динамическая численная модель гидротермического взаимодействия при промерзании водонасыщенных грунтов, основанная на установленном соотношении термодинамических параметров и сопряженном анализе теплопереноса, массопереноса, порового давления и фазового равновесия с учетом соотношения  $\theta_w/\theta_i$ , что позволяет прогнозировать изменение давления, льдовыделение и морозное пучение во времени и по глубине при различной степени влагонасыщения, включая режимы с формированием и без формирования ледяных линз.

### **Замечания по автореферату:**

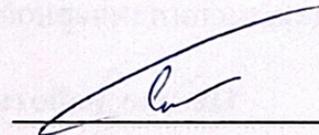
1. В автореферате не приводится сравнение результатов расчетов по другим моделям, описывающим процессы морозного пучения.

**Заключение по работе:** несмотря на указанные замечания, считаю, что работа **Чжоу Бичэн** является законченным научным исследованием, в котором разработана динамическая численная модель гидротермического взаимодействия при промерзании водонасыщенных грунтов. Работа по своему содержанию соответствует паспорту научной специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение. Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Высшей Аттестационной Комиссией Российской Федерации, а её автор, **Чжоу Бичэн**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности: 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

**Я, Ланько Сергей Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.**

Доцент кафедры геотехники

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,

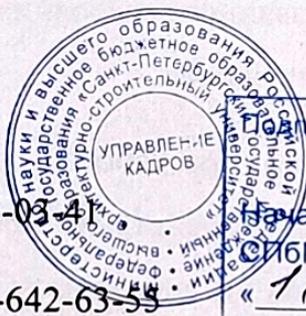
к.т.н, доцент, специальность 2.1.2 (05.23.02),  С.В.

Ланько

Телефон рабочий: 8(812) 316-03-41

Телефон мобильный: +7-904-642-63-55

E-mail: [s.v.lanko@yandex.ru](mailto:s.v.lanko@yandex.ru)



Подпись Ланько С.В.  
**ЗАВЕРЯЮ**  
Заместитель начальника управления кадров  
СИБГАСУ  
« 16 » 02 2026 г.

Адрес: 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Чжоу Бичэн выполненной, на тему: «Напряжённопучинное состояние промерзающих грунтов при миграции влаги» и представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»

Морозное пучение глинистых грунтов, особенно в районах с избыточным увлажнением, представляет собой одну из основных проблемных причин ограниченного срока службы инженерных сооружений, в том числе, автомобильных дорог.

Систематические изучения процесса зимнего пучения грунта начаты ещё в конце позапрошлого века (работы географа Лопатина И.А. – 1876г., проектировщика железных дорог Штукенберга В.И. – 1885г., 1894г., горного инженера Войслава С.Г. – 1891г.). Многочисленные исследования в прошедший период были посвящены изучению влияния процессов замерзания и оттаивания на физико-механические свойства грунтов, а также развитию теорий зимнего влагонакопления и морозного пучения грунтов. К сожалению, ввиду значительных технических трудностей проведение экспериментов по измерению ряда показателей водно-теплового режима земляного полотна, например, порового давления в промерзающих при естественных условиях грунтах, сегодня остаётся невыполнимым. Эта проблема обуславливает необходимость и актуальность разработки физически обоснованных моделей промерзающих тонкодисперсных грунтов, например, земляного полотна автомобильных дорог, позволяющих прогнозировать давление поровой воды и параметры миграции влаги в тех или иных диапазонах отрицательных температур среды.

В рамках рассматриваемого исследования разработана оригинальная численная модель теплообмена в промерзающих глинистых грунтах, верифицированная экспериментальными данными, обладающая научной новизной и практической ценностью. Результаты диссертационной работы Чжоу Бичэна способствуют более углублённому пониманию механизма перераспределения влаги в промерзающих грунтах, прогнозу их пучинных деформаций и разработке эффективных методов регулирования водно-теплового режима инженерных сооружений, что свидетельствует об актуальности, научной новизне и практической ценности исследований выполненных соискателем ученой степени.

*Замечания по автореферату:*

1. Известно, что свойства глинистых грунтов (суглинков, супесь или глина) в значительной мере зависят от их состава (гранулометрия, минералогия, засоленность, льдистость), региона распространения, условий увлажнения и др. Сведения об образцах грунта, применявшихся в экспериментальных исследованиях изложены крайне лаконично.
2. Непонятно, как получены расчётные значения объёмной удельной теплоёмкости, и теплопроводности грунта, необходимые для решения уравнения теплопереноса? По справочной литературе или экспериментально? Диапазон температуры образца при определении, например, коэффициента теплопроводности грунта по справочнику – 20<sup>0</sup>С, что не соответствует условиям максимальной миграции влаги в промерзающем глинистом грунте.
3. Одинаково ли применима предложенная автором модель для глинистых грунтов находящихся в районах сезонного промерзания и распространения многолетнемерзлых грунтов?
4. Уравнения теплопереноса (11), (18) могут быть использованы только для постоянных значений коэффициента теплопроводности. Однако данный коэффициент зависит от соотношения долей водной фазы, льда и грунта.
5. Непонятно, уравнение (21) записано для эффективной среды или для какой-то фазы. Что конкретно обозначает в уравнении (21) переменная  $\theta$ ?

К недостатку работы можно отнести тот факт, что соискатель не рассматривает вопросы, связанные с организацией численного исследования, в работе отсутствует информация о выборе размеров расчетной сетки, шага по времени и количестве конечных элементов. Автор не проводит исследования влияния расчетных параметров на точность полученного решения.

В качестве рекомендации отметим, что для компактности записи формул лучше применять температуру, измеряемую в градусах Кельвина.

*Заключение по работе*

В целом диссертационная работа Чжоу Бичэн, представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, является законченным научным трудом, в котором содержатся решения задач, имеющих существенное значение для геотехники. Она выполнена на современном научно-техническом уровне и отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук, п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор Чжоу Бичэн заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Ефименко Сергей Владимирович

д-р. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Автомобильные дороги»

Томского государственного архитектурно-строительного университета,

Специальность 2.1.8 - «Проектирование и строительство дорог,  
метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей»

Почтовый адрес: Россия, 634002, г. Томск, пл. Соляная, 2

Телефон: +7 906 957 35 00

E-mail: [svefimenko@tsuab.ru](mailto:svefimenko@tsuab.ru)

Ефименко Сергей Владимирович

Я, Ефименко Сергей Владимирович даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Матвиенко Олег Викторович

д-р. техн. наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги»

Томского государственного архитектурно-строительного университета,

Специальность 1.1.9. – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Почтовый адрес: Россия, 634002, г. Томск, пл. Соляная, 2

Телефон: +7 983 238 21 50

E-mail: [matvolegv@mail.ru](mailto:matvolegv@mail.ru)

Матвиенко Олег Викторович

Я, Матвиенко Олег Викторович даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Ефименко Владимир Николаевич

д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильные дороги»

Томского государственного архитектурно-строительного университета,

Специальность 2.1.7 - «Технология и организация строительства»

Почтовый адрес: Россия, 634002, г. Томск, пл. Соляная, 2

Телефон: +7 913 827 54 95

E-mail: [svefimenko\\_80@mail.ru](mailto:svefimenko_80@mail.ru)

Ефименко Владимир Николаевич

Я, Ефименко Владимир Николаевич даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подписи д-ра. техн. наук Ефименко Сергея Владимировича, д-ра. техн. наук Матвиенко Олега Викторовича и д-ра. техн. наук Ефименко Владимира Николаевича заверяю, Учёный секретарь учёного совета ТГАСУ

Какушкин Юрий Александрович

19.02.2026 г.



## ОТЗЫВ

*на автореферат диссертации Чжоу Бичэн  
на тему: «Напряженно-деформированное состояние промерзающих грунтов  
при миграции влаги», представленной на соискание ученой степени кандидата  
геолого-минералогических наук по специальности: 1.6.7 - «Инженерная  
геология, мерзлотоведение и грунтоведение»*

Проблема обеспечения надежности и долговечности фундаментов зачастую связана с пучением грунтов основания, что показывает актуальность решаемой автором задачи.

Диссертационная работа посвящена проблеме морозного пучения глинистых грунтов, которая является одной из главных причин деформаций и потери устойчивости зданий и инженерных сооружений, эксплуатируемых в регионах с холодным климатом и распространением многолетнемерзлых пород.

Автором были проведены экспериментальные исследования по одномерному промерзанию каолинитовой глины, с получением закономерностей распределения в образцах температур, льдистости, содержания незамерзшей воды, величины пучения.

В работе предложена и верифицирована численная модель гидротермического взаимодействия при промерзании грунтов для прогнозирования льдовыделения и морозного пучения.

Практическая значимость работы заключается в создании надежных прогнозных моделей, необходимых для совершенствования методов инженерной защиты сооружений от воздействия морозного пучения.

В качестве замечаний по автореферату можно отметить следующее:

1. В главе 3 автореферата указано, что для экспериментов выбрана каолинитовая глина, так как в ней преобладает свободная вода. Насколько результаты, полученные на каолините, можно распространить на другие типы глинистых грунтов (например, монтмориллонитовые) с высокой связанностью воды?
2. Насколько универсален эмпирический параметр «а» в выражении (16) автореферата? Как его значение, определенное для каолинита, будет влиять на результаты моделирования для грунтов с другим минеральным составом?

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы соискателя.

Диссертация Чжоу Бичэн на тему: «Напряженно-деформированное состояние промерзающих грунтов при миграции влаги», является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям Положения о



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Чжоу Бичэна на тему: «Напряженно-деформированное состояние промерзающих грунтов при миграции влаги», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7.–«Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»

Диссертационная работа Чжоу Бичэна посвящена одной из ключевых проблем инженерной геокриологии – прогнозу морозного пучения, являющегося основной причиной деформаций инженерных сооружений в криолитозоне. Разработка численных моделей, позволяющих оценивать поровое давление и напряженно-деформированное состояние грунтов, имеет важное значение для обеспечения надежности строительства в холодных регионах. Таким образом, актуальность проведенных исследований не вызывает сомнений. Теоретическая значимость работы заключается в развитии представлений о механизмах формирования порового давления и льдонакопления при промерзании. Практическая ценность исследования состоит в создании инструмента (численной модели), позволяющего прогнозировать морозное пучение и миграцию влаги в различных температурных условиях, что применимо при проектировании инженерных объектов.

Проведенное экспериментальное исследование позволило верифицировать предложенную автором модель. Автору удалось доказать, что наличие ледяных линз (шлиров) заметно увеличивает давление поровой воды. Есть ряд отклонений, связанных с деформациями, которые автор осознает и связывает с выбранной каолинитовой глиной в качестве экспериментального грунта. В связи с этим возникает вопрос: можно ли было провести дополнительный эксперимент на более привычных дисперсных грунтах и оценить, насколько предложенная модель будет универсальной?

Автореферат составлен грамотно, структура работы логична и последовательна. Текст в полной мере отражает содержание диссертации.

Автором получены существенные научные результаты, обладающие новизной. Основные результаты опубликованы в 3 статьях в рецензируемых изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science (Q1), и входящих в перечень ВАК.

Диссертация Чжоу Бичэна является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор, Чжоу Бичэн, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7. – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

Научный сотрудник ИМЗ СО РАН,  
к.т.н.

  
Чжан А.А.  
  
Подпись Зав. канц. *Антонович*  
"27" 02

Сведения об авторе отзыва:

Ф.И.О.: Чжан Андрей Антонович

Ученная степень: кандидат технических наук по специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Место работы, занимая должность: Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, лаборатория инженерной геоэкологии, научный сотрудник.

Почтовый адрес: 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотна, д. 36.

Телефон: +79160697763

E-mail: zhang0993@yandex.ru

Я, Чжан Андрей Антонович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

## Отзыв

на автореферат диссертации Чжоу Бичэна

«Напряженно-деформированное состояние промерзающих грунтов при миграции влаги», представленной на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7 Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

В представленной работе рассмотрены промерзающие глинистые грунты и возникающие в них процессы миграции влаги, льдонакопления, формирования порового давления, и, как следствие, изменение напряженно-деформированного состояния грунтового массива.

Рассматриваемая диссертантом тема является сложной и многофакторной, и на сегодняшний день очень актуальной. Рассматриваемые вопросы востребованы в практике строительства и освоения территорий в холодных регионах, где значительные трудности создают силы морозного пучения.

Диссертантом рассмотрен обширный имеющийся материал, выполнен обзор литературных источников, произведена систематизация научных взглядов и идей по рассматриваемой теме.

Разработана численная модель, получены и проанализированы результаты расчетов изменения напряженно-деформированного состояния грунта при промерзании.

Проведен ряд экспериментов, их результаты сопоставлены с теоретическими и расчетными данными по разработанной численной модели. Имеется апробация работы, по ее теме опубликованы статьи.

В качестве замечаний можно отметить отсутствие упоминания работ Вялова С.С. в области реологии мерзлых грунтов, имеющих отношение к рассматриваемой теме.

В ряде фраз, например, на стр.8 автореферата, понятие «грунт» заменено на «почву», что в данном случае не соответствует заявленной теме.

Степень влажности  $S_w$  для глинистых грунтов является весьма грубой оценкой водонасыщения по причине наличия в них связанной воды. В ряде комбинаций «влажность/пористость» этот показатель выходит за пределы единичного интервала, что очевидно некорректно. Расположение  $S_w$  в формуле 4 для определения эффективного напряжения с физической точки зрения логично, но при выполнении расчетов по такому соотношению трудно ожидать высокой точности вычислений.

Положительным в работе является упоминание (согласно рис.8) роли минерального состава глинистых грунтов в происходящих процессах, что является важным, учитывая полиминеральный состав большинства связных грунтов. Однако, автор не упомянул в автореферате связь между процессами промерзания со степенью глинистости, например, процентным содержанием глинистых частиц или числом пластичности. Логично полагать, что эти параметры вошли бы в полученные расчетные зависимости.



# **ОТЗЫВ**

## **на автореферат диссертации**

**Диссертант – Чжоу Бичэн**

**Название диссертации:**  
**«Напряженно-деформированное состояние промерзающих грунтов при миграции влаги»**

**Представлена на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности**

**1.6.7. – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение**

Названная диссертационная работа нацелена на выявление особенностей формирования напряженно-деформированного состояния и льдонакопления в промерзающих грунтах с учетом влагопереноса с позиций механики сплошных сред. Она выполнялась на примере промерзающих глинистых грунтов и заключалась в определении закономерностей их деформирования в зависимости от миграции влаги, формирования порового давления воды и льдонакопления, а также в физическом и математическом моделировании указанных процессов.

Актуальность и высокая и научная, и прикладная значимость работы не вызывают никаких сомнений даже в принципе. Поскольку в холодных регионах, таких как Россия (!), с их с сезонными и многолетнемерзлыми грунтами одной из главных причин деформаций фундаментов зданий и инженерных сооружений является морозное пучение глинистых грунтов. Оно возникает из-за термогидравлического взаимодействия – когда в мерзлой зоне меняется температура и перемещается влага. При этом промерзание грунта вызывает его деформацию, которая, в свою очередь, влияет на дальнейшее движение влаги и перенос тепла. Деформации грунтов при промерзании могут усугубляться еще и формированием ледяных линз (шлиров). Процесс их образования определяется комплексом факторов: как косвенными (температура, влажность, внешняя нагрузка), так и непосредственным параметром – уровнем давления в поровой воде.

Между тем натурные наблюдения и эксперименты по измерению порового давления в мерзлых грунтах, как справедливо указывает диссертант, характеризуются высокой технической сложностью, что ограничивает их широкое применение. В целях повышения эффективности прогнозирования давления поровой воды требуется разработка физически обоснованных расчетных моделей, каковой, например, является числовая модель диссертанта для промерзающих глинистых грунтов. Понятно, что подобные модели должны учитывать ключевые процессы влагопереноса и фазовых переходов, обеспечивая достоверные прогнозные оценки для различных климатических и геотехнических условий.

Сказанное хорошо проиллюстрировано самим диссертантом, которым перво-наперво выполнен анализ механических напряжений в промерзающих грунтах и проведен систематический обзор уравнения Клапейрона–Клаузиуса с

определением границ его применимости. На основе сочетания формулы Терцаги для эффективного напряжения и уравнения Клапейрона–Клаузиуса диссертантом предложена новая расчетная формула для определения порового давления воды в насыщенных мерзлых грунтах (со степенью водо- и льдонасыщения около 1). Это и позволило диссертанту разработать оригинальную численную модель миграции влаги при промерзании. Проверка ее работоспособности осуществлена диссертантом посредством экспериментов по одномерному промерзанию каолинистой глины, в ходе которых изучены закономерности изменения температурных полей, миграции влаги, морозного пучения, порового давления воды и льдообразования. При этом экспериментальные и расчетные данные по температуре и влажности показали высокую степень соответствия. Достоверность модели диссертанта подтверждена как собственными экспериментальными данными, так и результатами, опубликованными другими исследователями. Личный вклад диссертанта очевиден.

Новизна предложенного диссертантом подхода заключается в разработке адекватного соотношения между термодинамическими параметрами для определения порового давления воды в промерзающих водонасыщенных глинистых грунтах; создании на этой основе обозначенной выше оригинальной численной модели гидротермического взаимодействия, прогнозирующей изменение порового давления во времени и по глубине (с учетом и без учета ледяных линз). Отличиями этой модели от существующих аналогов являются сопряженный учет теплопереноса, массопереноса, изменения порового давления и фазового равновесия; а также – соотношения объемного содержания воды к объемному содержанию льда как ключевого параметра разрешимости модели.

Представляется, что полученные диссертантом результаты могут быть использованы не только в области инженерной геокриологии, но и – при должной их адаптации – в сфере других геологических наук, в том числе при числовой оценке динамики флюидных режимов преобладающей среды и характера ее деформирования в зонах метаморфизма, метасоматоза, гидротермальной переработки вмещающих пород в ареалах декомпрессии – для уточнения особенностей протекания этих процессов, а также условий формирования месторождений различного генезиса.

Цель, задачи и основные положения диссертационной работы, на наш взгляд, четко сформулированы, фактически обеспечены, научно аргументированы, ее результаты надлежащим образом апробированы, опубликованы и адекватно отражены в автореферате.

Диссертантом внесен существенный вклад в совершенствование путей и методов прогнозирования несущей способности грунтовых оснований, что имеет принципиальное значение для корректного расчета устойчивости объектов строительства и других инженерных сооружений. Внедрение полученных им результатов в практику инженерного проектирования может обеспечить более точные расчеты устойчивости фундаментов строительных объектов и разного рода других сооружений; снизить тем самым вероятность аварийных ситуаций, вызываемых недооценкой свойств грунтов. Что остается актуальным и для

строительства в районах с сезонным и многолетним промерзанием, высокой влажностью или сложными геологическими условиями.

Таким образом, высоко оценивая в целом квалификацию диссертанта, есть все основания считать, что выполненная работа вполне соответствует необходимым требованиям пп. 9-11, 13-14 раздела II «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Правительством РФ за № 842 от 24.09.2013), предъявляемым к диссертациям, а ее автор, Чжоу Бичэн, достоин присуждения ему степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7. – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

#### Об авторе отзыва:

Фамилия, Имя, Отчество	Митрохин Александр Николаевич
Ученая степень, ученое звание	кандидат геолого-минералогических наук (04.00.11 – геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений, металлогения), старший научный сотрудник
Должность	старший научный сотрудник
Структурное подразделение	лаборатория региональной геологии и тектоники
Сфера научных интересов	структурно-геодинамическая корреляция проявлений тектоники с процессами формирования эндогенного и экзогенного вещества
Полное название организации (ДВГИ ДВО РАН)	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук
Почтовый адрес организации	690022, г. Владивосток, пр-т 100 лет Владивостоку, 159, ДВГИ ДВО РАН
Интернет-сайт организации	<a href="http://www.fegi.ru/">http://www.fegi.ru/</a>
Телефон автора отзыва (моб.)	+7 (914) 792-01-88
E-mail автора отзыва	stakhor@yandex.ru

Я, *Митрохин Александр Николаевич*, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«02» *мая* 2026 г.

А.Н. Митрохин



*Специалист по кадрам О.Т.Н. Сидорова*

