

Независимый электронный журнал ГеоИнфо

Динамические свойства мерзлых грунтов. Часть 2. Испытания методом трехосного сжатия. Стр. 24

Дискретно-элементное моделирование влияния формы частиц на ползучесть каменной наброски. Стр. 34

Основы стратегии инженерных изысканий в XXI веке. Стр. 50



GEOINFO

ISSN 2949-0677 (ONLINE)

WWW.GEOINFO.RU

МАРТ • MARCH • TOM VI • 3-2024

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ СПОНСОРЫ ПРОЕКТА



ООО «ПЕТРОМОДЕЛИНГ»



Австрийская компания
«TRUMER SCHUTZBAUTEN GMBH»
ООО «РТ ТРУМЕР»



Институт
экологического
проектирования
и изысканий

АО «ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗЫСКАНИЙ»



Maccaferri / ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ



ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ООО НПП «ГЕОТЕК»



Компания
Mountain Risk Consultancy



Геотехническая лаборатория
АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ»



ГК «ОЛИМПРОЕКТ»

СПОНСОРЫ ПРОЕКТА



ООО «МИДАС» / MIDAS IT



MalinSoft



ООО «ГЕОИНЖСЕРВИС» / FUGRO



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ENGGEO»



ООО «КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ НЕЗАВИСИМОГО ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА «ГЕОИНФО»

Ананко Виктор Николаевич

Главный редактор журнала «ГеоИнфо»

Баборькин Максим Юрьевич

Главный аналитик Центра геоинформационных технологий Университета Иннополис, главный геолог ООО «Аэрогеоматика», к.г.-м.н., имеет степень MBA

Бершов Алексей Викторович

Генеральный директор ГК «Петромоделинг», ассистент Кафедры Инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Гизатуллин Рушан Рафаэлевич

Инженер-геотехник ООО «НИП-Информатика»

Ермолов Александр Александрович

Научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории геоэкологии Севера Кафедры геоморфологии и палеогеографии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.г.н.

Жидков Роман Юрьевич

Начальник группы разработки программного обеспечения по геологии ГБУ «Мосгоргеотрест», к.г.-м.н.

Зайцев Андрей Александрович

Доцент кафедры "Путь и путевое хозяйство" РУТ (МИИТ), к.т.н.

Исаев Владислав Сергеевич

Старший научный сотрудник Кафедры геокриологии Геологического факультета МГУ, к.г.-м.н.

Королев Владимир Александрович

Профессор Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., член-корреспондент Российской академии естественных наук (РАЕН) по секции наук о Земле

Латыпов Айрат Исламгалиевич

Руководитель Лаборатории по исследованию грунтов в строительстве, доцент по специальности «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение», член национального реестра специалистов в области строительства, эксперт Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан, к.т.н.

Маштаков Александр Сергеевич

Главный специалист ООО Арктический научный центр (Роснефть), руководитель Волгоградского отделения Общественной организации Российское геологическое общество, эксперт Российского газового общества, к.г.-м.н.

Мирный Анатолий Юрьевич

Старший научный сотрудник Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, руководитель проекта «Независимая геотехника», к.т.н.

Миронюк Сергей Григорьевич

Доцент/старший научный сотрудник Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, научный сотрудник ООО «Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова», к.г.-м.н.

Пиоро Екатерина Владимировна

Генеральный директор ООО «Петромоделинг Лаб», к.г.-м.н.

Самарин Евгений Николаевич

Профессор Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н.

Судакова Мария Сергеевна

Старший преподаватель Кафедры сейсмологии и геоакустики Геологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, Научный сотрудник института Криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, к.ф.-м.н.

Слободян Владимир Юрьевич

Генеральный директор АО «Институт экологического проектирования и изысканий» (АО «ИЭПИ»)

Труфанов Александр Николаевич

Заведующий лабораторией «Методов исследования грунтов» НИИОСП им. Н.М. Герсванова, АО «НИЦ Строительство», к.т.н., Почетный строитель России

Федоренко Евгений Владимирович

Научный консультант ООО «НИП-Информатика», к.г.-м.н.

Фоменко Игорь Константинович

Профессор Кафедры инженерной геологии МГРИ, д.г.-м.н.

Фролова Юлия Владимировна

Доцент Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д.г.-м.н.

Шарафутдинов Рафаэль Фаритович

Директор НИИОСП им. Н.М. Герсванова, ученый секретарь Российского Общества по Механике Грунтов, Геотехнике и Фундаментостроению (РОМГГиФ), член ISSMGE, к.т.н.

Шац Марк Михайлович

Ведущий научный сотрудник Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ), к.г.н.



ГЕОИНФО

Электронное издание

Издается с марта 2016 года.

Периодичность: 10 выпусков в год.

ISSN: 2949-0677

Префикс DOI: 10.58339

Редакцией журнала принимаются к рассмотрению статьи по следующим темам: инженерные изыскания для строительства; геотехническое проектирование; инженерная и экологическая геология; механика грунтов, геотехника, проектирование оснований и фундаментов; экология и экологические исследования; проблемы инженерно-геологического риска; методы прогнозирования, предотвращения, минимизации и ликвидации последствий опасных природных процессов и явлений; инженерная защита территории.

Учредитель:

ИП Ананко Виктор Николаевич

Издательство:

ГеоИнфо, ИП Ананко В.Н.

Адрес:

119146, РФ, Москва,
ул. 3-я Фрунзенская, 10/12

Редакция:

Ананко Виктор Николаевич
Главный редактор

Васин Михаил Васильевич
Обозреватель

Дьяченко Людмила
Специальный корреспондент

Еремеева Мария
Специальный корреспондент

Виноградова Вера
Специальный корреспондент

Дизайн и верстка:

ИП Лившиц С.С.

Официальный сайт:

Geoinfo.ru

Адрес в НЭБ:

https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=80357

Распространяется бесплатно.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.

Дата выхода в свет: 28.03.2024

© Ананко Виктор Николаевич, 2024

© ГеоИнфо, 2024

Фото на обложке: www.Pixabay.com

ГЕОРИСКИ. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ

Краткий обзор влияния лесных пожаров на возникновение камнепадов6

Перес-Рей И., Сарро Р., Томас Р., Алехано Л.Р., Эрнандес Гутьеррес Л.Э., Матеос Р.М., Рикельме А.

МЕХАНИКА ГРУНТОВ И ГЕОТЕХНИКА

Анализ поведения глубокого котлована в слабых грунтах для строительства станции метро16

У Б., Пэн И., Лань Я., Мэн Г.

Динамические свойства мерзлых грунтов. Часть 2. Испытания методом трехосного сжатия24

Мирный А.Ю., Идрисов И.Х., Мосина А.С.

Дискретно-элементное моделирование влияния формы частиц на ползучесть каменной наброски34

Ван Ю., Чжао Чж., Сун Э.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ДИСКУССИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Игорь Дудлер: Ошибки случались не только на первых этапах развития инженерной геологии42

Основы стратегии инженерных изысканий в XXI веке50

Дудлер И.В., Пасканый В.И., Вознесенский Е.А., Лаврусевич А.А.

Закупки в изысканиях: как избежать убытков и остаться с прибылью56

Виноградова Вера

Доплеровский эффект: приборы, результаты, производители, ускорение изысканий60

Дьяченко Людмила

Перечень научных специальностей:

- 020102. Основания и фундаменты, подземные сооружения
- 020806. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 010601. Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика
- 010606. Гидрогеология
- 010607. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение
- 010608. Гляциология и криология Земли
- 010609. Геофизика
- 010621. Геоэкология
- 020110. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства
- 010612. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов
- 010616. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия
- 020106. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология
- 010617. Океанология
- 010619. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия
- 010620. Геоинформатика, картография
- 010622. Геодезия
- 020107. Технология и организация строительства
- 020109. Строительная механика



GEORISKS. ENGINEERING PROTECTION OF TERRITORIES

A brief review of the effect of wildfires on rockfall occurrence6
 Perez-Rey I., Sarro R., Tomas R., Alejano L.R., Hernandez Gutierrez L.E., Mateos R.M., Riquelme A.

SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICS

Response analysis of the excavation of a deep foundation pit for a metro station in soft soils16
 Wu B., Peng Yi., Lan Ya., Meng G.

Dynamic properties of frozen soils. Part 2. Triaxial compression tests24
 Mirnyy A.Yu., Idrisov I.H., Mosina A.S.

Discrete element modeling of the effect of particle shape on creep behavior of rockfills34
 Wang Yu., Zhao Zh., Song E.

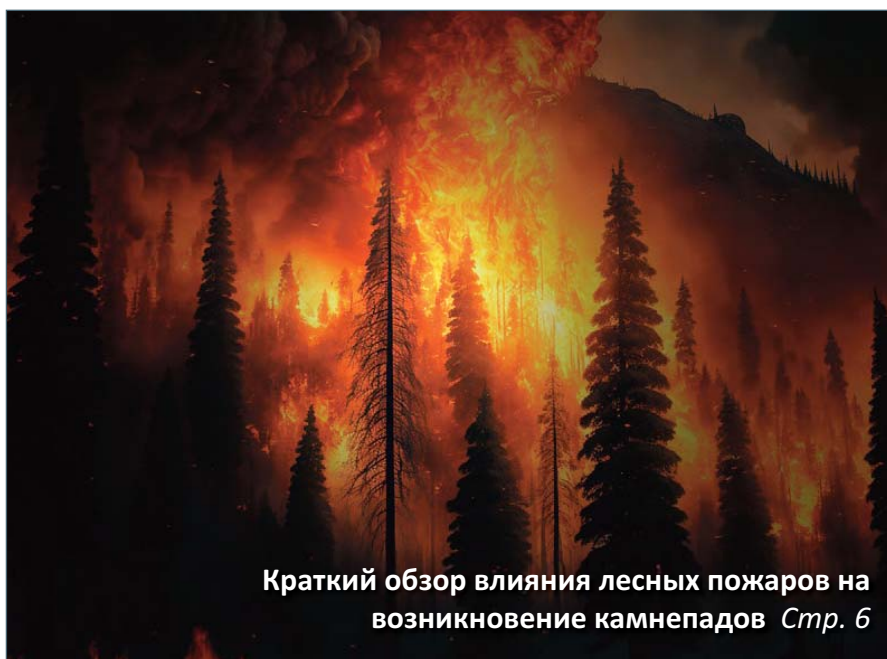
APPENDIX. DISCUSSION MATERIALS

Igor Dudler: Errors occurred not only in the first stages of the development of engineering geology42

Fundamentals of the engineering survey strategy in the 21st century50
 Dudler I.V., Paskanny V.I., Voznesenskiy E.A., Lavrusevich A.A.

Procurements in the engineering survey sphere: how to avoid losses and remain having profit56
 Vinogradova Vera

Doppler effect: devices, results, manufacturers, acceleration of engineering surveys60
 D'yachenko Lyudmila



Краткий обзор влияния лесных пожаров на возникновение камнепадов Стр. 6

GEOINFO

Electronic publication

Published since 2016

Publication frequency:
10 issues per year

ISSN: 2949-0677

DOI prefix: 10.58339

The editorial board of the journal accepts for consideration articles on the following topics: Site Investigation for Construction; Geotechnical Designing; Engineering and Ecological Geology; Soil Mechanics; Geotechnics; Design of Bases and Foundations; Ecology and Environmental Studies; Engineering-Geological Risk Problems; Methods for Forecasting, Preventing, Minimizing and Eliminating the Consequences of Hazardous Natural Processes and Penomena; Engineering Protection of Territories.

Founder:
Ananko Viktor Nikolaevich

Publisher:
GeoInfo, individual entrepreneur
Ananko V.N.

Address:
10/12 3rd Frunzenskaya str., Moscow,
119146, Russian Federation

Editorial staff:
editor-in-chief:
Ananko Viktor Nikolaevich;

analyst:
Vasin Mikhail Vasilyevich;

D'yachenko Lyudmila
Special Correspondent;

Eremeeva Mariya
Special Correspondent;

Vinogradova Vera
Special Correspondent;

Designer and layout designer:
individual entrepreneur
Livshic S.S.

Official website:
Geoinfo.ru

Address in the National Electronic Library of the RF:
https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=80357

It is distributed for free

The editorial staff is not responsible for the content of advertising materials

Publication date: 28.03.2024

© Ananko Viktor Nikolaevich, 2024

© GeoInfo, 2024

Cover photo: www.Pixabay.com



Источник фото: Pixabay.com.
The photo source: Pixabay.com.

КРАТКИЙ ОБЗОР ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ КАМНЕПАДОВ

ПЕРЕС-РЕЙ И.

Лаборатория геотехники Испанского национального научно-исследовательского центра по гражданскому строительству (CEDEX), г. Мадрид, Испания;

Группа исследований по безопасному и устойчивому управлению минеральными ресурсами (GESSMin Group) отдела природных ресурсов и инженерных методов защиты окружающей среды Научно-исследовательского центра технологий, энергетики и производственных процессов (CINTECX) Университета Виго, г. Виго, Испания
ignacio.perez@cedex.es

САРРО Р.

Департамент природных опасностей Геологической службы Испании (IGME), г. Мадрид, Испания

ТОМАС Р.

Факультет гражданского строительства Университета Аликанте, г. Аликанте, Испания

АННОТАЦИЯ

Представляем вниманию читателей немного сокращенный и адаптированный перевод доклада испанских специалистов «Краткий обзор влияния лесных пожаров на возникновение камнепадов» (Perez-Rey et al., 2023). Этот доклад был сделан в 2022 году в Хельсинки (Финляндия) на Региональном симпозиуме Международного общества по механике скальных грунтов «Механика скальных грунтов и разрушений в горном деле». Он также был опубликован в 2023 году в виде статьи в журнале *Earth and Environmental Science* («Науки о Земле и окружающей среде») издательством британской благотворительной научной организации IOP (Institute of Physics – «Институт физики»), ставшей фактически международной. Эта статья находится в открытом доступе по лицензии CC BY 3.0, которая позволяет распространять, переводить, адаптировать и дополнять ее при условии указания типов изменений и ссылки на первоисточник. В нашем случае полная ссылка на источник для представленного перевода (Perez-Rey et al., 2023) приведена в конце.

Лесные пожары и камнепады являются одними из основных опасностей в покрытых лесами горных регионах Европы. Поэтому очень важно понимать процессы и условия, которые приводят к камнепадам во время и после лесных пожаров при различных геологических условиях.

Увеличение количества камнепадов в результате лесных пожаров связано с рядом факторов. Лесные пожары приводят к изменениям механических свойств скальных грунтов и разрывов их сплошности, а также к утрате защищающей от камнепадов роли растений. Свой вклад вносят также воздействие мер по пожаротушению и нарушения в имеющихся сооружениях инженерной защиты из-за экстремальных температур.

АЛЕХАНО Л.Р.

Группа исследований по безопасному и устойчивому управлению минеральными ресурсами (GESSMin Group) отдела природных ресурсов и инженерных методов защиты окружающей среды Научно-исследовательского центра технологий, энергетики и производственных процессов (CINTECX) Университета Виго, г. Виго, Испания

ЭРНАНДЕС ГУТЬЕРРЕС Л.Э.

Региональная служба исследований экологических воздействий Правительства Канарских островов, провинция Тенерифе, Испания

МАТЕОС Р.М.

Департамент природных опасностей Геологической службы Испании (IGME), г. Мадрид, Испания

РИКЕЛЬМЕ А.

Факультет гражданского строительства Университета Аликанте, г. Аликанте, Испания

После лесного пожара в зоне гари увеличиваются частота и интенсивность камнепадов, что оказывает серьезные воздействия на дорожные сети и населенные пункты. Кроме того, из-за уничтожения растительности и обнажения блоков и массивов скальных грунтов обычно увеличивается информированность и беспокойство населения по поводу возможных камнепадов.

В данном обзоре кратко рассмотрены основные факторы, которые влияют на возникновение камнепадов после лесного пожара.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

горные регионы; лес; лесной пожар; зона гари; скальные грунты; механические свойства; нарушения сплошности; камнепады; частота; интенсивность; сооружения инженерной защиты.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Перес-Рей И., Сарро Р., Томас Р., Алехано Л.Р., Эрнандес Гутьеррес Л.Э., Матеос Р.М., Рикельме А. Краткий обзор влияния лесных пожаров на возникновение камнепадов (пер. с англ.) // Геоинфо. 2024. Т. 6. № 3. С. 6–14 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-3-6-14

A BRIEF REVIEW OF THE EFFECT OF WILDFIRES ON ROCKFALL OCCURRENCE

PEREZ-REY I.

Geotechnical Laboratory, Spanish National Public Works Research Centre (CEDEX), Madrid, Spain;

Research Group on Safe and Sustainable Mineral Resources Management (GESSMin Group), Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Research Center in Technologies, Energy and Industrial Processes (CINTECX), University of Vigo, Vigo, Spain
ignacio.perez@cedex.es

SARRO R.

Department of Natural Hazards, Geological Survey of Spain (IGME), Madrid, Spain

TOMAS R.

Department of Civil Engineering, University of Alicante, Alicante, Spain

ALEJANO L.R.

Research Group on Safe and Sustainable Mineral Resources Management (GESSMin Group), Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Research Center in Technologies, Energy and Industrial Processes (CINTECX), University of Vigo, Vigo, Spain

ABSTRACT

We present a slightly abridged and adapted translation of the report “A brief review of the effect of wildfires on rockfall occurrence” by Spanish specialists (Perez-Rey et al., 2023). This report was presented at the Regional Symposium of International Society for Rock Mechanics “Rock and Fracture Mechanics in Rock Engineering and Mining” (“Eurock 2022”) in Helsinki, Finland. It was also published as an article in the journal “Earth and Environmental Science” by the publishing company of the British scientific society “Institute of Physics” (IOP) that is now virtually international. It is an open access article under the CC BY 3.0 license that allows it to be distributed, translated, adapted, and supplemented, provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the full reference to the original paper (Perez-Rey et al., 2023) used for the presented translation is given in the end.

Wildfires and rockfalls are among the major hazards in forested mountainous regions across Europe. Understanding processes and conditions that lead to rockfalls during and after a wildfire in different geological contexts is, therefore, of great relevance.

The increase of rockfalls associated with the occurrence of wildfires is connected to several factors. Wildfires cause changes in the mechanical properties of rocks and discontinuities as well as the loss of protective capacity from vegetation, complemented by the effect induced by firefighting activities and by extreme temperatures that may deteriorate the installed protective measures.

After the occurrence of a wildfire, there is an increase in the frequency and intensity of rockfalls in the burned area, causing a major impact of rockfalls on road networks and inhabited areas. Additionally, the rockfall risk perception is usually increased due to the removal of vegetation by wildfires, exposing both rock blocks and the rock mass.

In this review, the main factors that influence the occurrence of rockfalls after a wildfire are briefly reviewed.



HERNANDEZ GUTIERREZ L.E.

Regional Service of Studies of Ecological Impacts of the Canary Islands Government, Tenerife, Spain

MATEOS R.M.

Department of Civil Engineering, University of Alicante, Alicante, Spain

RIQUELME A.

Department of Civil Engineering, University of Alicante, Alicante, Spain

KEYWORDS:

mountainous regions; forest; wildfire; burned area; rocks; mechanical properties; discontinuities; rockfalls; frequency; intensity; installed protective measures.

FOR CITATION:

Perez-Rey I., Sarro R., Tomas R., Alejano L.R., Hernandez Gutierrez L.E., Mateos R.M., Riquelme A. Kratkiy obzor vliyaniya lesnyh pozharov na vozniknoveniye kamnepadov [A brief review of the effect of wildfires on rockfall occurrence] (translated from English into Russian) // Geoinfo. 2024. T. 6. № 3. S. 6–14 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-3-6-14 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

При полусушливом и засушливом климате лесные пожары случаются очень часто, особенно в летний сезон, когда одновременно наблюдаются высокие температуры, сильные ветры и малое количество или отсутствие осадков. Во время пожаров температура может достигать примерно 400 °С, оказывая серьезные физические и химические воздействия на дисперсные и скальные грунты [1].

Согласно «Ежегодному отчету по лесным пожарам в Европе, на Ближнем Востоке и в Северной Африке за 2019 год» [2] Испания, Португалия и Польша являются европейскими странами с наибольшим количеством лесных пожаров.

В Испании за последние 50 лет было зарегистрировано почти 600 тыс. лесных пожаров, охвативших примерно 7,5 млн га. При этом 1990-е годы характеризовались самым большим количеством пожаров: в среднем за год происходило 19 тыс. пожаров на общей площади 160 тыс. га [3]. За последние годы их количество уменьшилось. Тем не менее частота крупных лесных пожаров (с площадью поражения более 500 га) остается высокой. И активность лесных пожаров опасно меняется, поскольку климатические условия, вызванные глобальным потеплением, явно влияют на частоту, тяжесть и масштабы этих явлений.

В дополнение к экологическим воздействиям лесные пожары увеличивают частоту оползней, в частности потоков обломочных материалов и камнепадов, а также селей [4–7]. Это увеличивает риски для инфраструктуры и людей на территориях влияния гарей.

В нескольких исследованиях, проведенных за последнее десятилетие, анализировалась подверженность возникновению потоков обломочных материалов и селей территорий водоразделов, где прошли пожары [8–12].

В результате лесного пожара меняются грунтовые, гидрогеологические и

гидрологические условия за счет изменений в скоростях эвапотранспирации и инфильтрации. Это увеличивает вероятность возникновения на склонах потоков обломочных материалов и селей [13], которые могут быть очень опасными – способными привести к гибели людей и значительному материальному ущербу [10, 14].

Но по исследованиям камнепадов как последствий лесных пожаров нет исчерпывающих публикаций.

Камнепады являются опасными явлениями из-за высокой кинетической энергии падающих блоков пород. Это часто объясняет сложность принятия быстрых и эффективных мер противодействия, а также разработки соответствующих мер инженерной защиты [15, 16].

После отделения от поверхности склона блоки пород, валуны и булыжники стремительно перемещаются вниз по склону путем падения, отскоков, перекатывания или скольжения. При ударе об землю или об деревья один блок или камень может расколоться на несколько. Когда камень теряет достаточное количество кинетической энергии, он останавливается, достигнув конечного устойчивого положения [17].

Понимание условий, приводящих к камнепадам во время и после лесных пожаров при различных геологических условиях [16], имеет решающее значение, поскольку эти явления и без того очень часты на горных, береговых и других склонах, скалах и обрывах.

Есть опубликованные работы, в которых сообщается о росте камнепадной активности во время и после лесных пожаров [7, 17, 18]. Эта активность увеличивается в результате фрагментации скальных грунтов под воздействием высоких температур, изменений механических свойств грунтов и потери защитной роли древесных растений.

В несвязных дисперсных грунтах происходят химико-минералогические изменения: дегидратация (обезвожива-

ние), дегидроксилирование или окисление. В то время как в скальных грунтах в основном происходят изменения механических свойств за счет теплового расширения [19]. Кроме того, пожары усиливают эрозионные процессы на склонах, в результате чего меняется исходный рельеф [20–22], а это может существенно изменить траектории камнепадов [20, 23].

Лесные пожары приводят к серьезным социальным последствиям, таким как потеря жилья, материальный ущерб, большое количество эвакуированных жителей и отрицательные экологические последствия. Когда лесные пожары происходят в горных районах, при сгорании растительного покрова обнажаются скальные грунты, что приводит к осознанию населением рисков возникновения камнепадов. Это основные причины, требующие понимания опасности камнепадов с двух точек зрения – физической и социальной – и особого внимания к гражданскому строительству и к защите людей, инфраструктуры и окружающей среды на уже застроенных территориях.

Влияние лесных пожаров на возникновение камнепадов схематично представлено на рисунке 1. Склон и прилегающие участки разделены на три основные части: зону зарождения камнепада, зону его перемещения вниз по склону и зону его потенциального воздействия, где останавливается большая часть обломочного материала.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕСНОГО ПОЖАРА НА МАССИВ СКАЛЬНОГО ГРУНТА: ЗОНА ЗАРОЖДЕНИЯ КАМНЕПАДА ►

Высокие температуры, вызванные лесными пожарами, могут существенно повлиять на минеральный скелет скального грунта. Тепловое расширение слагающих его минералов вызывает увеличение поверхностей контакта между ними, приводя к структурным изменениям, влияющим на прочность грунта

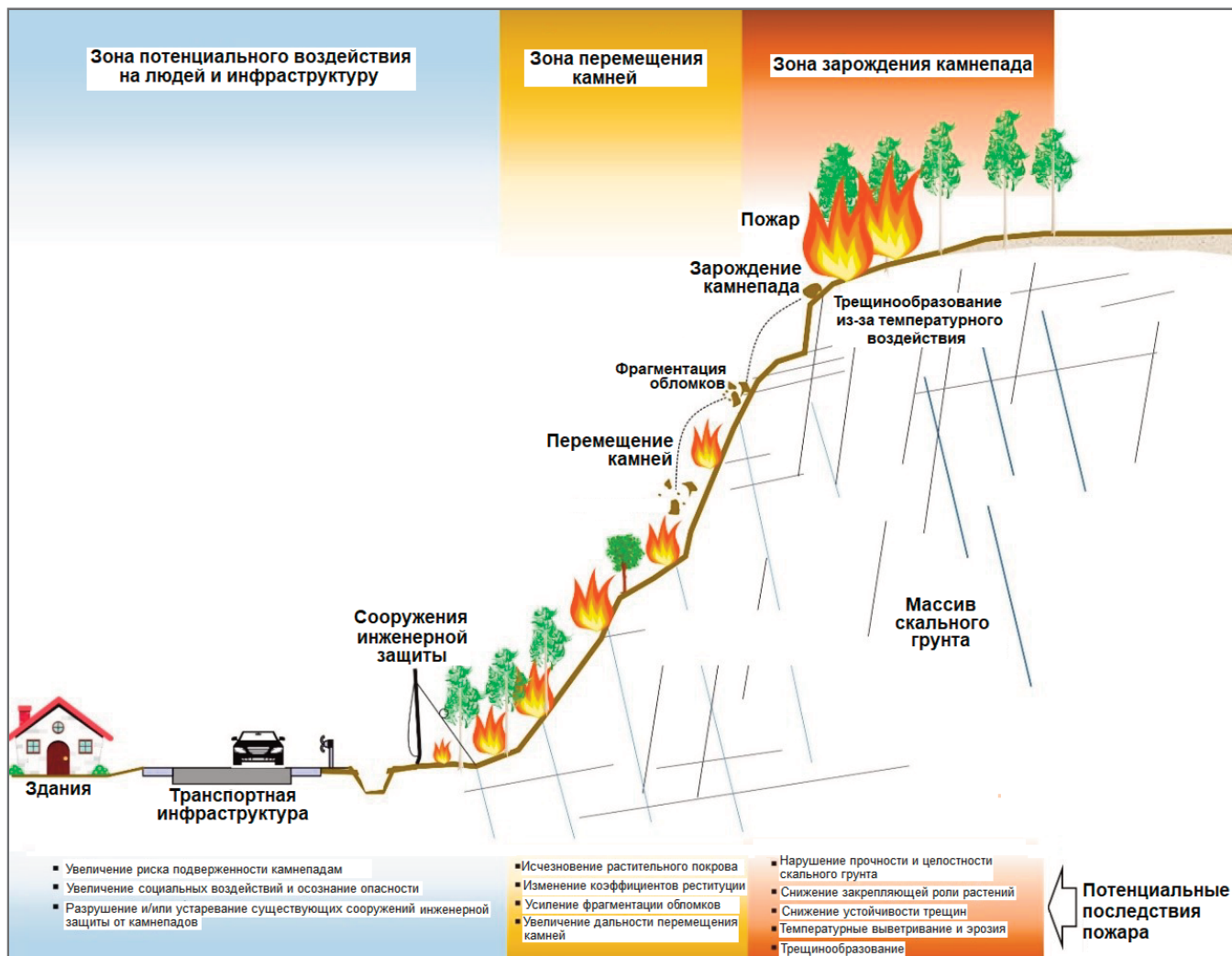


Рис. 1. Схематическое изображение влияния лесных пожаров на возникновение камнепадов

[24–26]. Такие процессы, как дегидратация (обезвоживание) или декарбонизация (обезуглероживание), могут привести к соответствующим изменениям механических свойств пород [25, 26]. Минерально-химические изменения также вызывают полиморфные превращения, расплавление и даже исчезновение некоторых минералов [27–29]. Эти процессы лежат в основе развития новых микротрещин, а также коалесценции (слияния) и увеличения существующих трещин, что приводит к важным изменениям физико-механических свойств скальных грунтов после пожара. Потеря прочности, особенно при сжатии, была подробно изучена для гранитоидов и песчаников, которые при температурах примерно от 800 до 1000 °C показывали снижение предела прочности при одноосном сжатии на величину до 80%.

Влияние температуры на ненарушенные скальные грунты широко изучалось в лабораторных условиях [30–33]. Результаты этих исследований позволяли оценивать изменения химических, фи-

зических и механических свойств пород при нагревании. В большинстве работ использовались обычные ненарушенные образцы скальных грунтов. Их нагревали в печи, следуя стандартным кривым нагрева, которые отражали изучаемые явления. Эти кривые обычно состояли из трех основных этапов, таких как:

1) первоначальное нагревание со скоростью от 1 до 15 °C/мин., начиная с комнатной температуры и достигая типичных значений от 200 до 1000 °C (эта часть кривой соответствует началу пожара);

2) поддержание постоянной температуры в течение интервала времени от 1 до 24 ч (эта часть кривой соответствует дальнейшему процессу пожара);

3) охлаждение, воспроизводимое по-разному: иногда путем медленного охлаждения образцов в печи до комнатной температуры, чтобы имитировать естественное охлаждение породы, а иногда и более быстрым способом – путем погружения образцов в воду или даже в жидкий азот, чтобы вызвать тер-

мический удар, соответствующий результатам мер по пожаротушению.

Влияние способа охлаждения также является важным фактором в грунтовых массивах, пострадавших от лесных пожаров. Предыдущие исследования показали, что снижение параметров прочности и упругости более характерно для быстро охлаждаемых образцов по сравнению с медленно охлаждаемыми на воздухе, поскольку из-за резкого температурного удара увеличивается плотность расположения трещин [34–36].

Влияние температуры на прочность при сдвигах по трещинам практически не изучено. Некоторые исследования были направлены на оценку прочности при сдвигах по нарушениям сплошности пород, подвергнутых воздействиям разных температур (до 800 °C), с помощью испытаний на прямой сдвиг [37–39]. Полученные результаты показали постепенное снижение пиковой прочности на сдвиг по мере повышения температуры при нормальном нагружении. Однако этот температурный эффект по-



Рис. 2. Блок скальной породы, «пойманный» сосной во время камнепада на курорте Каладе-Сан-Висент на острове Ибица в Испании

степенно уменьшался по мере увеличения нормального напряжения.

Лесные пожары в основном воздействуют на массивы скальных грунтов, расширяя их внешние части, что вызывает внутренние напряжения, превышающие пределы прочности на разрыв в зонах трещин.

Наличие заполнителя в детритовых породах смягчает эффект расширения минеральных кристаллов.

Однако в массивных скальных грунтах отсутствие заполнителя и более высокая плотность упаковки кристаллов увеличивают напряжения между ними, поскольку они расширяются, что приводит к растрескиванию. При исследованиях поведения массивных скальных грунтов со схожими пористостью и упаковкой минеральных кристаллов было обнаружено, что карбонатные породы менее чувствительны к воздействию огня, чем кремнистые [19].

ИЗМЕНЕНИЯ НА СКЛОНЕ: ЗОНА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КАМНЕЙ ▶

Лесные пожары приводят к уничтожению растительного покрова и изменениям свойств дисперсных и скальных грунтов, влияя на соответствующие факторы. Это должно отражаться на входных параметрах численных моделей, используемых для оценки устойчивости склонов до и после пожаров.

Уничтожение растительного покрова ▶

Деревья и подлесок выступают естественным барьером, защищающим от

камнепадов, поскольку позволяют существенно уменьшить дальность перемещения камней вниз [40] и способствуют устойчивости склона [18]. Растительный покров не только снижает интенсивность камнепадов, уменьшая энергию и скорость падения камней, но и сокращает частоту этих явлений [41, 42].

На защитный эффект растений влияют распределение и типы деревьев. Сообщалось, что увеличение среднего диаметра деревьев на высоте груди улучшает их способность задерживать движение падающих обломков пород [43, 44] (рис. 2).

Кроме того, в изначальном укреплении грунта и удержании его фрагментов на месте чрезвычайно важна роль корней.

Таким образом, опасность камнепадов на склонах, заросших лесом, следует анализировать, уделяя особое внимание как характеристикам леса, так и динамике камнепадов.

Когда происходит лесной пожар, естественная защита, обеспечивавшаяся до этого растениями, теряется. Пожары повреждают деревья от кроны до корней, а кустарники обычно сгорают полностью. Более того, сгорание корней в трещинах скальных грунтов ускоряет физическое выветривание.

Воздействие лесного пожара на растительный покров зависит от его интенсивности и продолжительности. Полное восстановление окружающей среды после пожара может занять от нескольких лет до нескольких десятилетий в за-

висимости от погоды и климатических условий [12].

В работе [45] было продемонстрировано критическое влияние изменений климата на возникновение пожаров высокой интенсивности, а также на более медленное восстановление растительности после этих событий [45].

Увеличение частоты камнепадов ▶

Из геомеханических характеристик на первое место выходят количество сетей трещин в массиве скальных грунтов, характер их заполнителя (если он есть), наличие или отсутствие воды [96]. Во время лесного пожара эти условия изменяются. Кроме того, происходит ухудшение свойств минерального скелета породы, снижающее прочность массива и увеличивающее его трещиноватость, а также вероятность фрагментации породы при возникновении камнепадных процессов.

Увеличение частоты и интенсивности камнепадов после лесного пожара связано не только с его воздействием на грунтовый массив, но и с потерей растительного покрова. Доррен с соавторами [46] объяснили это тем, что деревья уменьшают энергию падающих камней, прежде всего вызывая вращение камней и перемещение их по корням, а также деформирование и «разбивание» обломков при ударах о стволы. В этом отношении существует связь между типом леса (то есть диаметром стволов на уровне груди и плотностью расположения деревьев) и его способностью сдерживать движение камней определенных размеров. Авторы некоторых исследований [44, 47] предполагают, что если одна треть деревьев имеет диаметр на уровне груди, равный среднему размеру падающих обломков, то это приводит к снижению скорости камней в среднем на 26% и к уменьшению максимальной высоты отскока в среднем на 75%.

Влияние на параметры моделирования ▶

Численное моделирование может помочь определить траектории камнепада и оценить кинематическое поведение падающих камней. Наиболее важными входными параметрами в этом случае являются коэффициенты реституции и динамического трения. Оба этих коэффициента отражают количество энергии, теряемой при ударе падающего камня о поверхность склона.

Коэффициент реституции зависит в основном от угла удара и свойств по-

крывающего склон грунта, а коэффициент динамического трения определяет силу, противоположную направлению скольжения блока. Величина второго коэффициента зависит не только от формы падающего обломка, но и от характеристик поверхности склона.

Оценка коэффициентов реституции и динамического трения представляет собой сложную задачу, до сих пор еще не стандартизованную. Это связано со сложностями калибровки и валидации параметров грунта, используемых в моделях.

В любом случае, если моделирование проводится для сторевшей территории, влияние пожара является фактором, который необходимо учитывать. Лесные пожары оказывают воздействие на свойства грунта. Тяжесть этого влияния зависит от их продолжительности, интенсивности и частоты [48]. При пожарах малой интенсивности, при которых температуры не очень высоки, воздействие на растительный покров невелико и затрагивает только самый верхний слой грунта. Однако во время пожаров высокой интенсивности, при которых достигаются более высокие температуры, растительный покров уничтожается в значительной степени, что может привести к серьезным изменениям свойств грунта.

Тем не менее из публикаций по моделированию камнепадов видно, что лишь в немногих исследованиях учитывалось то, как после лесных пожаров изменяются коэффициенты реституции и динамического трения.

Сабатакакис с коллегами [49] в пяти случаях оценили значения коэффициентов реституции при исследованиях в Западной Греции, показав, что из-за уничтожения растительного покрова исходные значения этих коэффициентов снизились после пожаров на 15–25%.

ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ПОРАЖЕНИЕ ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ЛЕСНОГО ПОЖАРА ▶

Тушение пожаров и противокаменные мероприятия ▶

Тушение лесных пожаров является опасным делом. Хотя проводится множество исследований, касающихся подверженности пожарных воздействию газов или высоких температур во время тушения, мало что известно об их подверженности камнепадам.

Основным статистическим показателем для оценки влияния камнепадов на

деятельность по тушению пожаров является количество погибших. Данные, представленные Управлением пожарной охраны США (US Fire Administration, USFA), показали общую тенденцию к росту числа погибших пожарных. В период с января 2000 года по октябрь 2019 года в результате пожаров на природных территориях погибло 99 человек. При этом 32,3% смертельных исходов произошли из-за попадания в огненную ловушку, 23,2% – из-за столкновений транспортных средств, 20,2% – из-за стресса/перенапряжения, 16,2% – из-за поражения падающими камнями или деревьями. Почти 70% всех этих смертей произошли во время тушения лесных пожаров [50].

В Испании практически отсутствует информация о погибших пожарных. По официальной информации, за последние 10 лет было зафиксировано 3 случая гибели людей в результате камнепадов [51]. По сведениям, полученным от испанских пожарных, некоторые действия, совершаемые при тушении пожара, могут спровоцировать камнепады. Основные причины этого: дестабилизация камней из-за разворачивания и натяжения пожарных рукавов; перемещение пожарного оборудования (например, пожарных машин) и персонала вблизи бровок склонов или на склонах; воздействие на склоны и обрывы струй воды из пожарных рукавов или из средств пожаротушения с воздуха.

Воздействие на инфраструктуру ▶

Подверженность камнепадам можно оценить для разных элементов: населения, зданий, транспортной инфраструктуры, природных территорий, объектов культурного наследия и пр. Для этого необходимо знать характеристики камнепадов, провоцирующие их факторы, а также их пространственно-временное распределение.

Во многих случаях для борьбы с камнепадами используется инженерная защита: укрепление каменных блоков на склоне нагелями, их удерживание сетчатыми покрытиями, драпировками, завесами или торкрет-бетоном, установкой камнеулавливающих ограждений (противокаменных барьеров, которые обычно включают в себя системы металлических опор с опорными пластинами, оттяжек, несущих тросов, сеток, амортизирующих элементов и анкеров). Однако высокие температуры при пожаре могут повлиять на эти средства и сооружения инженерной защиты.

Одними из основных последствий воздействия лесного пожара на противокаменные барьеры являются повреждение тросов, оттяжек, амортизирующих элементов и сеток, что ухудшает или уничтожает защитные функции этих сооружений. В таких случаях все поврежденные элементы нуждаются в замене.

Пожары также могут повредить сетчатые покрытия склонов, драпировки, завесы и нагели, сделав их более хрупкими и слабыми в зависимости от их состава и достигнутых температур.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ▶

Лесные пожары могут вызывать физические и химические изменения в массивах скальных грунтов, увеличивая их фрагментацию и уменьшая их прочность в местах нарушений сплошности, что повышает частоту возникновения и интенсивность камнепадов. А из-за уничтожения пожаром растительного покрова изменяются траектории и дальность перемещения камней.

Леса чрезвычайно важны для защиты от камнепадов, поскольку деревья снижают скорость падающих камней и высоту их отскоков.


При моделировании камнепадов надо учитывать изменения входных параметров (в частности, коэффициентов реституции) при уничтожении растительности. Сопоставление моделей до и после пожара могло бы быть эффективным инструментом для оценки новой опасности склона.

Особое внимание следует уделять сопоставлению характеристик лесного пожара (интенсивности, продолжительности и т. д.) с частотой, интенсивностью и дальностью распространения камнепадов. Картирование интенсивности лесных пожаров и тяжести обгорания территории в сочетании с инвентаризацией камнепадов до и после пожаров поможет понять корреляционную связь между ними.

Средства и сооружения по стабилизации и инженерной защите склонов от камнепадов могут потерять свою функциональность из-за высоких температур, в результате чего потребуются их замена или ремонт. К тому же после лесных пожаров повышается осведомленность населения о социальных рисках – и люди начинают требовать срочного применения дорогостоящих мер защиты.

Кроме того, меры по пожаротушению также могут повысить актив-

ность камнепадов. Пожарные организации и управления по чрезвычайным ситуациям в сотрудничестве с научным сообществом должны разработать стратегии по снижению рисков

камнепадов во время и после лесных пожаров. 

Авторы выражают благодарность компаниям *Paramassi* и *V-Traverca* за

разрешение использовать их изображения и Консорциуму пожарных провинции Аликанте (Испания) за поддержку и ценную информацию, предоставленную для подготовки этой работы.

ИСТОЧНИК ДЛЯ ПЕРЕВОДА ►

(SOURCE FOR THE TRANSLATION) ►

Perez-Rey I., Sarro R., Tomas R., Alejano L.R., Hernandez Gutierrez L.E., Mateos R.M., Riquelme A. A brief review of the effect of wildfires on rockfall occurrence // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1124. Rock and Fracture Mechanics in Rock Engineering and Mining (Eurock 2022): a Regional Symposium of International Society for Rock Mechanics (ISRM), 11.09.2022 – 15.09.2022, Helsinki, Finland. Article 012122. DOI: 10.1088/1755-1315/1124/1/012122.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ АВТОРАМИ ПЕРЕВЕДЕННОЙ СТАТЬИ ►

(REFERENCES USED BY THE AUTHORS OF THE TRANSLATED ARTICLE) ►

1. Wotton B.M., Gould J.S., McCaw W.L., Cheney N.P., Taylor S.W. // Int. J. Wildland Fire. 2012. Vol. 21. P. 270–281.
2. San Miguel J., Durrant T., Boca R., Maiani P., Liberta G., Artes T., Jacome D., Branco A., De Rigo D., Ferrari D., Pfeiffer H., Grecchi R., Nuijten D., Leray T. Forest fires in Europe, Middle East and North Africa 2019. Publications Office of the European Union, 2020. ISBN 978-92-76-23208-7.
3. Andrade A., Bello J., Chopo S., Elazar J.M., Enriquez E., Hernandez E., Lopez-Santalla A., Munoz A. Los incendios forestales en Espana: decenio 2006–2015. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019. ISBN 003190315.
4. Cannon S.H., Gartner J.E., Rupert M.G., Michael J.A., Rea A.H., Parrett C. Predicting the probability and volume of postwildfire debris flows in the intermountain western United States // Geological Society of America Bulletin. 2010. Vol. 122. № 1/2. P. 127–144. DOI:10.1130/B26459.1.
5. Santi P., Cannon S., DeGraff J. Treatise on Geomorphology (ed. by J.F. Shroder). San Diego: Academic Press, 2013. P. 262–287. ISBN 978-0-08-088522-3.
6. Staley D.M., Tillery A.C., Kean J.W., McGuire L.A., Pauling H.E., Rengers F.K., Smith J.B. Estimating post-fire debris-flow hazards prior to wildfire using a statistical analysis of historical distributions of fire severity from remote sensing data // Int. J. Wildland Fire. 2018. Vol. 27. P. 595–608.
7. De Graff J.V., Gallegos A.J. The challenge of improving identification of rockfall hazard after wildfires // Environmental & Engineering Geoscience. 2012. Vol. 18. P. 389–397.
8. Parise M., Cannon S.H. Wildfire impacts on the processes that generate debris flows in burned watersheds // Nat. Hazards. 2012. Vol. 61. № 1. P. 217–227. DOI:10.1007/s11069-011-9769-9.
9. Nyman P., Sheridan G.J., Smith H.G., Lane P.N.J. Evidence of debris flow occurrence after wildfire in upland catchments of south-east Australia // Geomorphology 2011. Vol. 125. № 3. P. 383–401. DOI:10.1016/j.geomorph.2010.10.016.
10. Cui Y., Cheng D., Chan D. Investigation of Post-Fire Debris Flows in Montecito // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2019. Vol. 8. № 1. Article 5. URL: <https://doi.org/10.3390/ijgi8010005>.
11. Kean J.W., Staley D.M., Cannon S.H. In situ measurements of post-fire debris flows in southern California: comparisons of the timing and magnitude of 24 debris-flow events with rainfall and soil moisture conditions // Journal of Geophysical Research F: Earth Surface. 2011. Vol. 116. № 4. DOI:10.1029/2011JF002005.
12. Carabella C., Miccadei E., Paglia G., Sciarra N. Post-Wildfire Landslide Hazard Assessment: The Case of The 2017 Montagna Del Morrone Fire (Central Apennines, Italy) // Geosciences. 2019. Vol. 9. Article 175. URL: <https://doi.org/10.3390/geosciences9040175>.
13. Rengers F.K., McGuire L.A., Oakley N.S., Kean J.W., Staley D.M., Tang H. Landslides after wildfire: initiation, magnitude, and mobility // Landslides. 2020. Vol. 17. P. 2631–2641.
14. Dowling C.A., Santi P.M. Debris flows and their toll on human life: A global analysis of debris-flow fatalities from 1950 to 2011 // Nat. Hazards. 2014. Vol. 71. № 1. P. 203–227. DOI:10.1007/s11069-013-0907-4.
15. Jaccard C.J., Abbruzzese J.M., Howald E.P. An evaluation of the performance of rock fall protection measures and their role in hazard zoning // Nat. Hazards 2020. Vol. 104. P. 459–491.
16. Sarro R., Mateos R.M., Garcia-Moreno I., Herrera G., Reichenbach P., Lain L., Paredes C. The Son Poc rockfall (Mallorca, Spain) on the 6th of March 2013: 3D simulation // Landslides. 2014. Vol. 11. P. 493–503. ISSN 1612-5118.
17. Melzner S., Shtober-Zisu N., Katz O., Wittenberg L. Brief communication: post-wildfire rockfall risk in the eastern Alps // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2019. Vol. 19. P. 2879–2885. DOI:10.5194/nhess-19-2879-2019.
18. Gehring E., Maringer J. Disturbance calls for disaster: why forest fires increase landslides and rockfall hazards // Research Outreach. 2020. URL: <https://researchoutreach.org/articles/disturbances-disaster-forest-fires-increase-landslides-rockfall-hazards/>.

19. Gomez-Heras M., McCabe S., Smith B.J., Fort R. Impacts of fire on stone-built heritage // *Journal of Architectural Conservation*. 2009. Vol. 15. № 2. P. 47–58.
20. Vick L.M., Zimmer V., White C., Massey C., Davies T. Significance of substrate soil moisture content for rockfall hazard assessment // *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2019. Vol. 19. P. 1105–1117. ISSN 1561-8633. URL: <https://doi.org/10.5194/nhess-19-1105-2019>.
21. Rammer W., Brauner M., Ruprecht H., Lexer M.J. Evaluating the effects of forest management on rockfall protection and timber production at slope scale // *Scandinavian Journal of Forest Research* 2015. Vol. 30. № 8. P. 719–731. ISSN 0282-7581. URL: <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1046911>
22. Stoffel M., Wehrli A., Kuhne R., Dorren L.K.A., Perret S., Kienholz H. Assessing the protective effect of mountain forests against rockfall using a 3D simulation model // *Forest Ecology and Management*. 2006. Vol. 225. № 1. P. 113–122. ISSN 03781127. DOI:10.1016/j.foreco.2005.12.030.
23. Sarro R., Maria Mateos R., Reichenbach P., Aguilera H., Riquelme A., Hernandez-Gutierrez L.E., Martin A., Barra A., Solari L., Monserrat O., Alvioli M., Fernandez-Merodo J.A., Lopez-Vinielles J., Herrera G. Geotechnics for rockfall assessment in the volcanic island of Gran Canaria (Canary Islands, Spain) // *Journal of Maps*. 2020. Vol. 16. P. 605–613. DOI:10.1080/17445647.2020.1806125.
24. David C., Menendez B., Darot M. Influence of stress-induced and thermal cracking on physical properties and microstructure of la peyrate granite // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 1999. Vol. 4. P. 433–448. ISSN 0148-9062.
25. Sygala A., Bukowska M., Janoszek T. High temperature versus geomechanical parameters of selected rocks – the present state of research // *Journal of Sustainable Mining*. 2013. Vol. 12. № 4. P. 45–51. ISSN 2300-3960. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2300396015300689>.
26. Zhao Zh. Thermal influence on mechanical properties of granite: a microcracking perspective // *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2016. Vol. 49. № 3. P. 747–762. DOI:10.1007/s00603-015-0767-1.
27. Hajpal M., Torok A. Mineralogical and colour changes of quartz sandstones by heat // *Env. Geol.* 2004. Vol. 46. P. 311–322. ISSN 1432-0495 URL <https://doi.org/10.1007/s00254-004-1034-z>.
28. Vazquez P., Shushakova V., Gomez-Heras M. Influence of mineralogy on granite decay induced by temperature increase: Experimental observations and stress simulation // *Engineering Geology*. 2015. Vol. 189. P. 58–67. ISSN 0013-7952.
29. Martinez-Ibanez V., Benavente D., Hidalgo Signes C., Tomas R., Garrido M.E. Temperature-induced explosive behaviour and thermochemical damage on pyrite-bearing limestones: causes and mechanisms // *Rock Mech. Rock Eng.* 2021. Vol. 54. P. 219–234. ISSN 1434-453X.
30. Gomez-Heras M., Vazquez P., Fort R., Carrizo L., Alonso F.J. Effects of high temperatures in building granites: micro-cracking patterns and ultrasound velocity attenuation // 19th Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association. Thessaloniki, Greece, 23–26 September 2010: Abstracts Volume. 2010.
31. Liu S., Xu J. Mechanical properties of Qinling biotite granite after high temperature treatment // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2014. Vol. 71. P. 188–193. ISSN 1365-1609. DOI:10.1016/j.ijrmmms.2014.07.008.
32. Yin T.B., Shu R.H., Li X.B., Wang P., Liu X.L. Comparison of mechanical properties in high temperature and thermal treatment granite // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2016. Vol. 26. № 7. P. 1926–1937. ISSN 1003-6326. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S100363261664311X>.
33. Biro A., Hlavicka V., Lubloy E. Effect of fire-related temperatures on natural stones // *Construction and Building Materials*. 2019. Vol. 212. № 7. P. 92–101. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2019.03.333.
34. Kumari W.G.P., Ranjith P.G., Perera M.S.A, Chen B.K., Abdulgatov I.M. Temperature-dependent mechanical behaviour of Australian Strathbogie granite with different cooling treatments // *Engineering Geology*. 2017. Vol. 229. P. 31–44. ISSN 0013-7952 URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795217304593>.
35. Shao S., Wasantha P.L.P., Ranjith P.G., Chen B.K. Effect of cooling rate on the mechanical behavior of heated Strathbogie granite with different grain sizes // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2014. Vol. 70. P. 381–387. ISSN 1365-1609. DOI:10.1016/j.ijrmmms.2014.04.003.
36. Zhang F., Zhao J., Hu D., Skoczylas F., Shao J. Laboratory investigation on physical and mechanical properties of granite after heating and water-cooling treatment // *Rock Mech. Rock Eng.* 2018. Vol. 51. P. 677–694. ISSN 1434-453X. URL: <https://doi.org/10.1007/s00603-017-1350-8>.
37. Khamrat S., Thongprapha T., Fuenkajorn K. Thermal effects on shearing resistance of fractures in Tak granite // *Journal of Structural Geology*. 2018. Vol. 111. P. 64–74. ISSN 0191-8141.
38. Tang Z.C. Experimental investigation on temperature-dependent shear behaviors of granite discontinuity // *Rock Mech. Rock Eng.* 2020. Vol. 53. № 9. P. 4043–4060. ISSN 1434-453X.
39. Kim T., Jeon S. Experimental study on shear behavior of a rock discontinuity under various thermal, hydraulic and mechanical conditions // *Rock Mech. Rock Eng.* 2019. Vol. 52. P. 2207–2226. ISSN 1434-453X. URL: <https://doi.org/10.1007/s00603-018-1723-7>.
40. Zabota B., Mikos M., Kobal M. Rockfall modelling in forested areas: the role of digital terrain model spatial resolution // *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Preprint. European Geosciences Union, 2019. Preprint nhess-2019-372. URL: <https://doi.org/10.5194/nhess-2019-372>.

41. Moos C., Dorren L., Stoffel M. Quantifying the effect of forests on frequency and intensity of rockfalls // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2017. Vol. 17. № 2. P. 291–304. ISSN 1684-9981. DOI:10.5194/nhess-17-291-2017.
42. Dupire S., Bourrier F., Monnet J.M., Bigot S., Borgniet L., Berger F., Curt T. The protective effect of forests against rockfalls across the French Alps: Influence of forest diversity // Forest Ecology and Management. 2016. Vol. 382. P. 269–279. ISSN 03781127. DOI:10.1016/j.foreco.2016.10.020.
43. Jonsson M.J.O. Energy absorption of trees in a rockfall protection forest: Ph.D. thesis. ETH Zurich, 2007.
44. Dorren L.K.A., Berger F., Putters U.S. Real-size experiments and 3-D simulation of rockfall on forested and non-forested slopes // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2006. Vol. 6. P. 145–153. ISSN 1684-9981. URL: <https://nhess.copernicus.org/articles/6/145/2006/nhess-6-145-2006.pdf>.
45. Davis K.T., Dobrowski S.Z., Higuera P.E., Holden Z.A., Veblen T.T., Rother M.T., Parks S.A., Sala A., Maneta M.P. Wildfires and climate change push low-elevation forests across a critical climate threshold for tree regeneration // PNAS. 2019. Vol. 116. № 13. P. 6193–6198. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.1815107116>.
46. Dorren L., Berger F., Jonsson M., Krautblatter M., Molk M., Stoffel M., Wehrli A. State of the art in rockfall – forest interactions // Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen. 2007. Vol. 158. № 6. P. 128–141. ISSN 0036-7818. URL: <https://doi.org/10.3188/szf.2007.0128>.
47. Jancke O., Berger F., Dorren L.K.A. Mechanical resistance of coppice stems derived from full-scale impact tests // Earth Surface Processes and Landforms. 2013. Vol. 38. № 9. P. 994–1003. ISSN 1096-9837. DOI:10.1002/esp.3381. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/esp.3381>.
48. Zavala L.M., De Celis R., Jordan A. How wildfires affect soil properties. A brief review // Cuadernos de Investigacion Geografica. 2014. Vol. 40. № 2. P. 311–332. ISSN 1697-9540, 0211-6820. URL: <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/2522>.
49. Sabatakakis N., Depountis N., Vagenas N. Evaluation of Rockfall Restitution Coefficients //: Engineering Geology for Society and Territory. Springer International Publishing, 2015. Vol. 2. P. 2023–2026. ISBN 978-3-319-09056-6 978-3-319-09057-3.
50. Administration U.S.F. Firefighters fatalities: report. 2020
51. MAP. Fallecidos en incendios forestales en (Espana), 1991-2015: tech. rep. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, 2016.

Независимый электронный журнал **ГеоИнфо**

**С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.**



WWW.GEOINFO.RU

Здесь может быть ваша
РЕКЛАМА



Рекламная статья в журнале – **35 000** рублей.

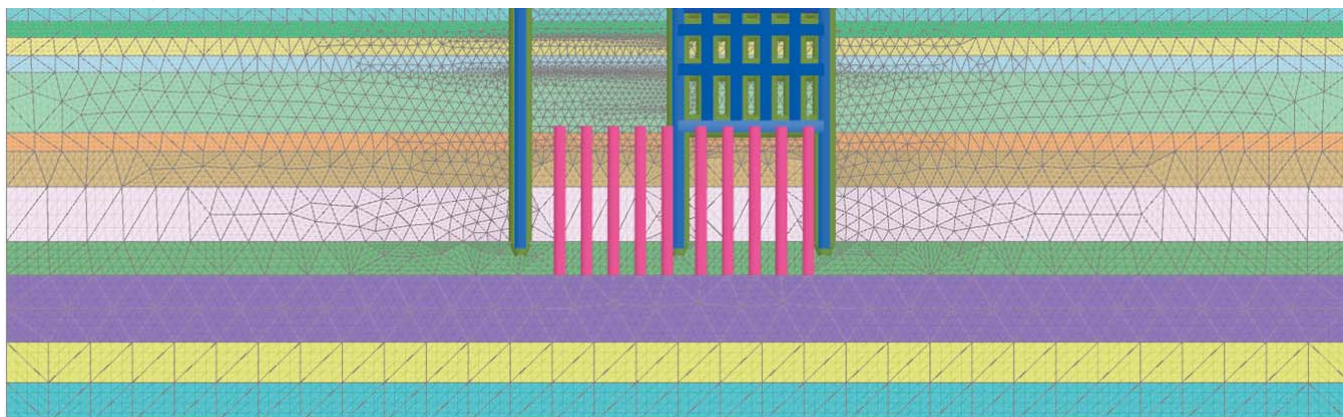
В каждую статью могут быть добавлены любые дополнительные материалы: каталоги оборудования, прайсы, фотографии, видеоролики, демоверсии программ и пр.

Логотип в разделе «Спонсоры проекта» в правой колонке – **35 000** рублей в месяц.

Все наши спонсоры получают свою персональную страницу на сайте журнала, где размещается информация о компании-спонсоре, все статьи ее сотрудников, опубликованные в журнале «ГеоИнфо» или в Базе знаний, а также любые дополнительные материалы (каталоги, буклеты, видео).

Коллеги и друзья! Наше с Вами рекламное сотрудничество будет взаимовыгодным. Вы получите отличную площадку для лоббирования своих интересов, а мы – возможность и дальше развивать проект, бороться за интересы отрасли инженерных изысканий и помогать профессионалам.

WWW.GEOINFO.RU



АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ГЛУБОКОГО КОТЛОВАНА В СЛАБЫХ ГРУНТАХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СТАНЦИИ МЕТРО

У Б.

Колледж гражданского строительства и архитектуры и Ключевая лаборатория по предотвращению стихийных бедствий и безопасности строительных объектов Министерства образования, Университет Гуанси, г. Наньнин, провинция Гуанси, Китай

ПЭН И.

Колледж гражданского строительства и архитектуры и Ключевая лаборатория по предотвращению стихийных бедствий и безопасности строительных объектов Министерства образования, Университет Гуанси, г. Наньнин, провинция Гуанси, Китай 18508465856@163.com

ЛАНЬ Я.

Колледж гражданского строительства и архитектуры и Ключевая лаборатория по предотвращению стихийных бедствий и безопасности строительных объектов Министерства образования, Университет Гуанси, г. Наньнин, провинция Гуанси, Китай

МЭН Г.

Колледж гражданского строительства и архитектуры и Ключевая лаборатория по предотвращению стихийных бедствий и безопасности строительных объектов Министерства образования, Университет Гуанси, г. Наньнин, провинция Гуанси, Китай

АННОТАЦИЯ

Представляем вниманию читателей немного сокращенный и адаптированный перевод доклада китайских геотехников «Анализ поведения глубокого котлована в слабых грунтах для строительства станции метро» (Wu et al., 2019). Этот доклад был сделан в 2019 году в городе Цзилинь (провинция Цзилинь, Китай) на Международной конференции по достижениям в сферах гражданского строительства, энергетических ресурсов и инженерным методам охраны окружающей среды. Он также был опубликован в 2019 году в виде статьи в журнале *Earth and Environmental Science* («Науки о Земле и окружающей среде») издательством британской благотворительной научной организации IOP (Institute of Physics – «Институт физики»), ставшей фактически международной. Эта статья находится в открытом доступе по лицензии CC BY 3.0, которая позволяет распространять, переводить, адаптировать и дополнять ее при условии указания типов изменений и ссылки на первоисточник. В нашем случае полная ссылка на источник для представленного перевода (Wu et al., 2019) приведена в конце.

Проектирование и строительство глубокого котлована для станции метро на территории города Нинбо, сложенной слабыми грунтами, проводилось с помощью конечноэлементного моделирования в программе PLAXIS на основе модели упрочняющегося грунта (Hardening Soil – HS) и сравнительного анализа с данными полевого мониторинга.

Выполненный анализ показал, что результаты численного моделирования могут хорошо согласовываться с данными полевого мониторинга. Было показано, что с помощью модели PLAXIS на основе модели грунта HS вполне можно выполнять численный анализ строительства сложных котлованов в массивах слабых грунтов.

По данным мониторинга и расчетным значениям, горизонтальные смещения подпорной стенки борта котлована («стены в грунте») и осадки поверхности окружающих грунтов, вызванные откопкой примыкающего вспомогательного котлована, невелики и мало влияют на основной котлован. Было показано, что способ крепления котлована и метод строительства, использованные при реализации данного проекта, позволяют хорошо контролировать влияние строительства вспомогательного котлована на основной.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

слабые грунты; сложный котлован; система крепления; подпорная стенка; «стена в грунте»; горизонтальные смещения; осадки поверхности; конечноэлементное моделирование; модель упрочняющегося грунта; полевой мониторинг; сравнительный анализ.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

У Б., Пэн И., Лань Я., Мэн Г. Анализ поведения глубокого котлована в слабых грунтах для строительства станции метро (пер. с англ.) // *Геоинфо*. 2024. Т. 6. № 3. С. 16–22 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-3-16-22

RESPONSE ANALYSIS OF THE EXCAVATION OF A DEEP FOUNDATION PIT FOR A METRO STATION IN SOFT SOILS

B. WU

College of Civil Engineering and Architecture and the Key Laboratory of Disaster Prevention and Structural Safety of Ministry of Education, Guangxi University, Nanning, Guangxi, China

Y. PENG

College of Civil Engineering and Architecture and the Key Laboratory of Disaster Prevention and Structural Safety of Ministry of Education, Guangxi University, Nanning, Guangxi, China
18508465856@163.com

Y. LAN

College of Civil Engineering and Architecture and the Key Laboratory of Disaster Prevention and Structural Safety of Ministry of Education, Guangxi University, Nanning, Guangxi, China

G. MENG

College of Civil Engineering and Architecture and the Key Laboratory of Disaster Prevention and Structural Safety of Ministry of Education, Guangxi University, Nanning, Guangxi, China

ABSTRACT

We present a slightly abridged and adapted translation of the report "Response analysis of the excavation of a deep foundation pit for a metro station in soft soils" by Chinese geotechnical engineers (Wu et al., 2019). This report was presented in 2019 at the International Conference on Advances in Civil Engineering, Energy Resources and Environment Engineering in Jilin (China). It was also published as an article in the journal "Earth and Environmental Science" by the publishing company of the British scientific society "Institute of Physics" (IOP) that is now virtually international. It is an open access article under the CC BY 3.0 license that allows it to be distributed, translated, adapted, and supplemented, provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the full reference to the original paper (Wu et al., 2019) used for the presented translation is given in the end.

The whole process of the construction of a deep foundation pit for a subway station in Ningbo soft soil area was modeled using the PLAXIS finite element software on the basis of the HS (Hardening Soil) constitutive model. A comparative analysis of the obtained simulation results and field monitoring data was carried out.

The analysis indicated that the numerical simulation results could be well fitted to the field monitoring data. It was proved that the PLAXIS model on the basis of the HS constitutive model could perform the numerical simulation analysis of complex foundation pit excavation in a soft soil area very well.

According to the monitoring data and calculated values, the horizontal displacements of the retaining wall (diaphragm wall) and the ground surface settlements, which were caused by the excavation of the auxiliary foundation pit, were small and had little effect on the main foundation pit. It was proved that the construction method of the foundation pit support system for the considered project could control the influence of the excavation of the auxiliary foundation pit on the main foundation pit very well.

KEYWORDS:

soft soils; complex pit; pit retaining system; retaining wall; diaphragm wall; horizontal displacements; surface settlements; finite element modeling; hardening soil model; field monitoring; comparative analysis.

FOR CITATION:

Wu B., Peng Yi., Lan Ya., Meng G. Analiz povedeniya glubokogo kotlovana v slabom grunte dlya stroitel'stva stantsii metro [Response analysis of the excavation of a deep foundation pit for a metro station in soft soils] (translated from English into Russian) // Geoinfo. 2024. T. 6. № 3. S. 16–22 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-3-16-22 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

С постоянным развитием строительства городского метро появилось большое количество проектов глубоких котлованов. Юго-восточная прибрежная территория Китая характеризуется развитой экономикой, и количество строящихся глубоких и крупных котлованов там велико. При этом грунты на этой территории слабые, плохого качества, с большой ползучестью, высокими коэффициентами фильтрации (водопроницаемости) и влажностью. Поэтому для строительства глубокого котлована для станции метро на такой территории требуются особые исследования.

В настоящее время при создании глубоких котлованов успешно применяются численные расчеты. Например, в работе [1] использовалось конечноэлементное программное обеспечение для выполнения анализа на основе численного моделирования всего процесса откопки глубокого котлована для проекта строительства коммерческого и жилого комплекса «Ухань Лаопу Филм». В исследовании [2] применялась программа PLAXIS 3D для исследований в процессе проектирования котлована в районе Западного железнодорожного вокзала города Цзинань. В работе [3] использовались данные полевого мониторинга

для численного анализа строительства глубокого котлована для метро в Пекине. В статье [4] рассказано о применении конечноэлементного программного обеспечения для анализа характеристик системы крепления котлована для строительства станции Цютао метро Ханчжоу. Автор публикации [5] для создания модели использовал конечноэлементную программу ABAQUS и обобщил основную закономерность поднятия дна котлована.

В настоящее время появляется все больше и больше проектов глубоких котлованов, прилегающих друг к другу, но соответствующих публикаций не

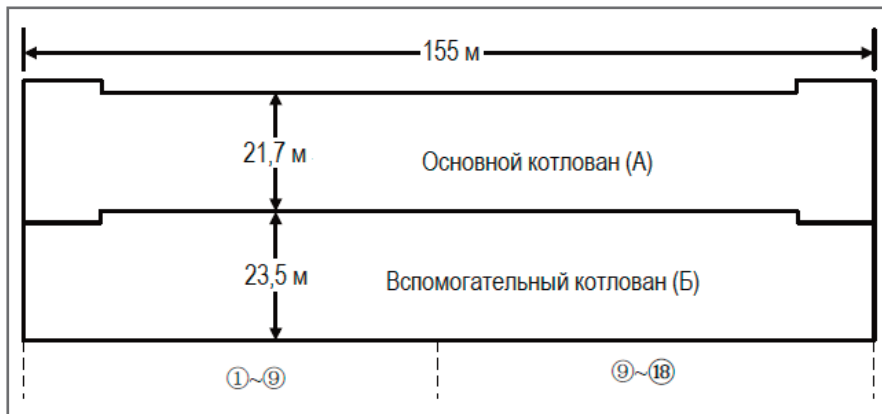


Рис. 1. Схема котлована в плане

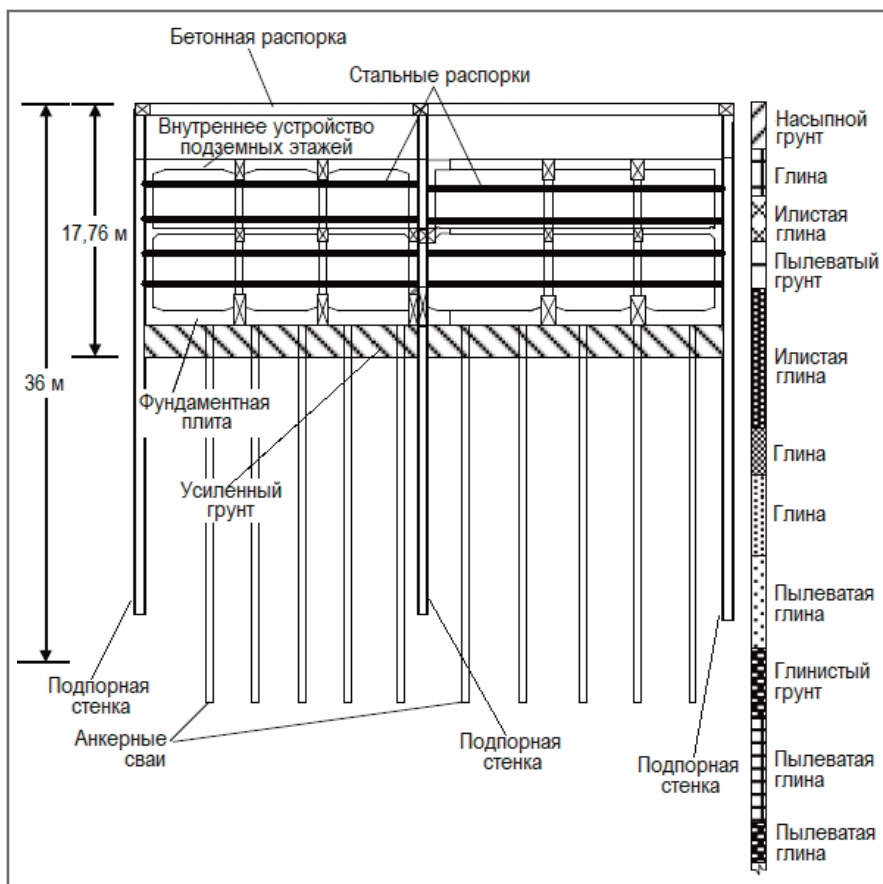


Рис. 2. Схема котлована в поперечном разрезе

хватает. Поэтому в данной статье представлено исследование с использованием конечноэлементной программы PLAXIS 2D для анализа процесса строительства сложного котлована для станции метро на линии Нинбо № 3. Эта работа может быть полезна для проектирования и строительства других глубоких котлованов в слабых грунтах.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТЕ ►

Глубокий котлован для строительства станции метро создавался с использованием метода открытой выемки грунта. Он имел форму прямоугольного

параллелепипеда. При строительстве он разделялся на две части.

Основной котлован (А) для станции метро имел длину 155 м, ширину по большей части длины 21,7 м и глубину 17,76 м. Для него было предусмотрено 5 ярусов распорок: в первом ярусе сверху – железобетонные распорки, в остальных – стальные.

Примыкающий вспомогательный котлован (Б) имел длину 155 м, ширину по большей части длины 23,5 м и глубину 17,76 м. Для него также было предусмотрено 5 ярусов распорок: в первом ярусе сверху – железобетонные распорки, в остальных – стальные.

Готовое сооружение должно иметь два подземных этажа и свайно-плитный фундамент. Грунт под железобетонной фундаментной плитой был усилен на глубину 3 м от ее подошвы. Нижние торцы свай находились на глубине более 36 м от дневной поверхности.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема рассматриваемого котлована в плане, на рисунке 2 – устройство котлована, фундамента и подземных этажей в поперечном разрезе.

Геологические условия площадки строительства являются непростыми. Она расположена в равнинной местности сбросовой впадины Нинбо. Вмещающие грунты котлована являются слабыми по механическим свойствам и богатыми водой (см. рис. 2). Поэтому строительство имело большие риски и высокий уровень сложности.

КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА КОТЛОВАНА ►

Чтобы глубоко изучить деформации подпорной стенки котлована («стены в грунте») и осадки дневной поверхности рядом с котлованом в процессе выемки грунта, была создана численная модель в конечноэлементной программе PLAXIS, которая может эффективно анализировать проблемы деформирования, устойчивости, уплотнения и просачивания подземных вод при геотехническом строительстве и широко используется при проектировании глубоких котлованов.

Двумя наиболее важными факторами при расчетах на основе метода конечных элементов являются создание модели и выбор параметров грунта. Поскольку форма котлована в плане представляет собой обычную «длинную полосу», для 2D моделирования было выбрано поперечное сечение котлована вертикальной плоскостью. Процесс строительства котлована включал устройство «стены в грунте», выемку грунта и установку распорок. Эти процессы были упрощены за счет «активации» и «заморозки» эффектов.

Особенно важны при моделировании выбор комплексной геомеханической (конститутивной) модели поведения грунта и определение его параметров. С помощью модели упрочняющегося грунта (Hardening Soil – HS) можно моделировать поведение различных типов дисперсных грунтов в их разных слоях. Эта модель может учитывать характеристики упрочнения слабой глины и использовать различные модули нагрузки/разгрузки. Она моделирует влияние

Таблица.

Параметры грунтов

Тип грунта (сверху вниз, см. рис. 2)	E_{oed}^{ref} , МПа	E_{50}^{ref} , МПа	E_{ur}^{ref} , МПа	C'_{ref} , кПа	φ' , град.	R_f
Насыпной грунт	5,00	5,00	20,00	10,0	28,0	0,50
Глина	4,63	4,63	23,15	5,6	26,7	0,76
Илистая глина	2,40	3,60	19,20	6,7	24,7	0,83
Пылеватый грунт	2,07	3,10	16,56	5,9	23,8	0,83
Илистая глина	2,23	3,35	17,84	6,9	23,7	0,83
Глина	2,92	2,92	14,60	5,3	23,4	0,76
Глина	6,52	6,52	32,60	24,1	24,9	0,76
Пылеватая глина	5,95	5,95	29,75	21,8	25,1	0,66
Глинистый грунт	7,22	7,22	21,66	4,4	28,5	0,50
Усиленный грунт под фундаментной плитой	65	65	195	60,0	25,0	0,90

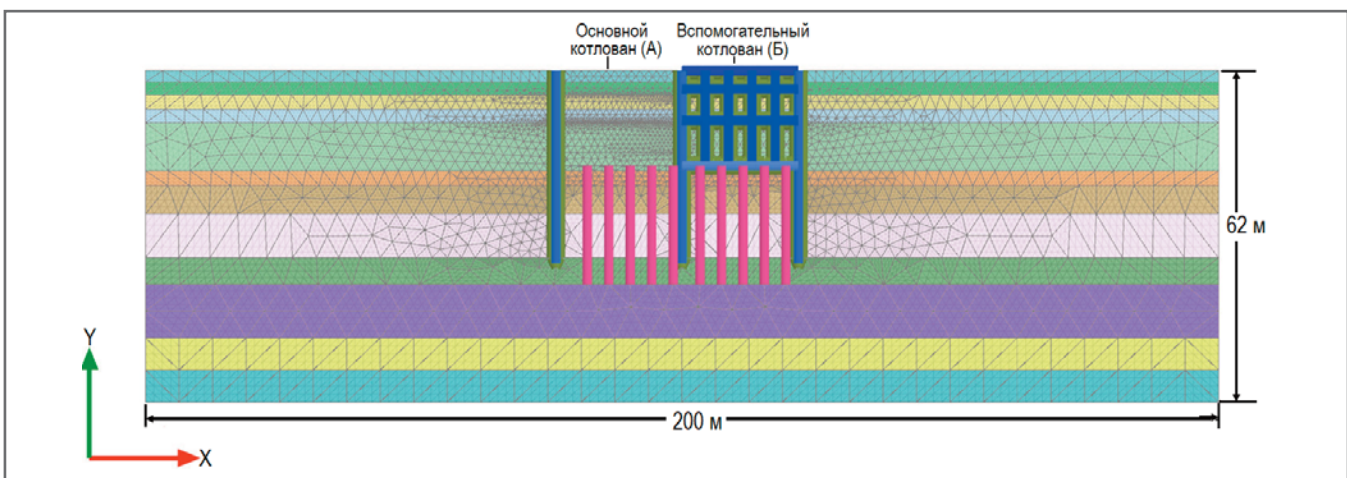


Рис. 3. Конечноэлементная модель грунтового основания и фундамента



Рис. 4. Схема расположения точек мониторинга поведения котлована А

истории напряжений и траектории напряжений на деформирование грунта и | подходит для численного моделирова- | ных условиях. Параметры грунта на ос-
 ния создания котлована в чувствитель- | нове отчета по инженерным изыска-



Рис. 5. Схема расположения точек мониторинга поведения котлована Б

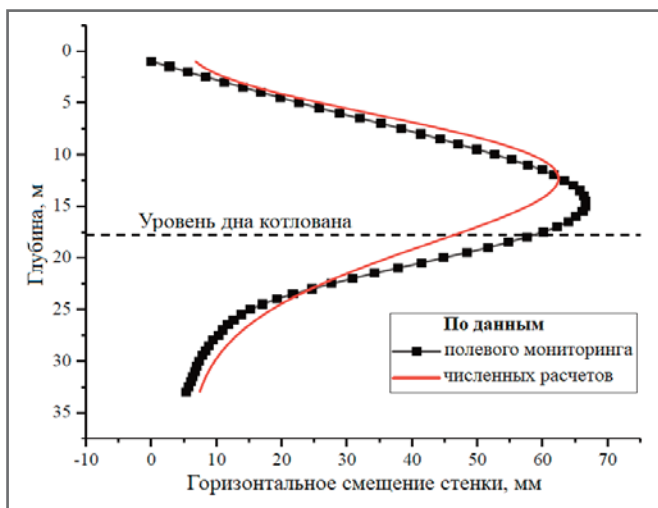


Рис. 6. Сопоставление результатов моделирования и мониторинга горизонтальных смещений подпорной стенки котлована А

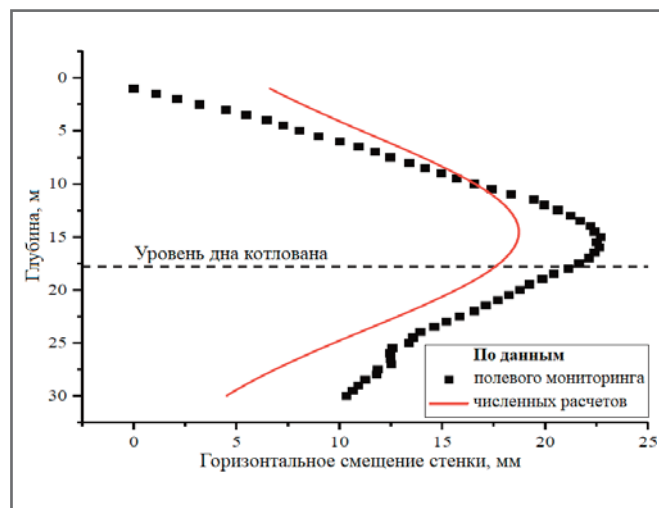


Рис. 7. Сопоставление результатов моделирования и мониторинга горизонтальных смещений подпорной стенки котлована Б

ниям и данных из работ [6–8] представлены в таблице. Расчетная модель котлована показана на рисунке 3.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТОВ И ДАННЫХ МОНИТОРИНГА

Схема расположения точек мониторинга

Чтобы полностью понять деформационное поведение глубокого котлована во время строительства, при его создании выполнялся комплексный мониторинг. В основном отслеживались горизонтальные (с помощью наклонной скважины) и вертикальные смещения подпорной стенки, осевые усилия в распорках, осадки дневной поверхности,

окружающих зданий, проходящего поблизости трубопровода, дна котлована, а также уровни подземных вод.

На рисунке 4 показано расположение основных точек мониторинга для основного котлована (А). На рисунке 5 – размещение основных точек мониторинга для вспомогательного котлована (Б).

Горизонтальные смещения подпорной стенки

На рисунках 6 и 7 сопоставлены результаты моделирования и мониторинга горизонтальных смещений подпорных стенок основного (А) и примыкающего вспомогательного (Б) котлованов соответственно при выемке грунта до дна.

Из рисунков 6 и 7 видно, что расчетные и измеренные значения горизон-

тальных смещений «стен в грунте» очень близки друг к другу. Максимальная измеренная величина смещения для котлована А составляет 66,66 мм, расчетная – 62,46 мм (ошибка – 6,3%); Максимальное измеренное значение для котлована Б равно 22,70 мм, расчетное – 18,72 мм (ошибка – 17,5%). Поскольку погрешность для вспомогательного котлована значительно больше, чем для основного, можно сделать вывод, что с помощью двумерной модели трудно полностью отразить геотехнические условия.

Осадки поверхности

На рисунках 8 и 9 сопоставлены осадки дневной поверхности по данным мониторинга и результатам численного моделирования при выемке грунта до

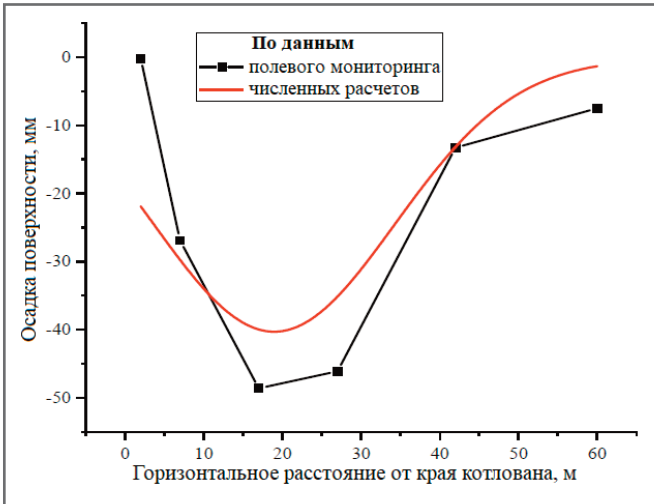


Рис. 8. Сопоставление результатов моделирования и мониторинга осадок дневной поверхности грунта в зависимости от расстояния от края котлована А

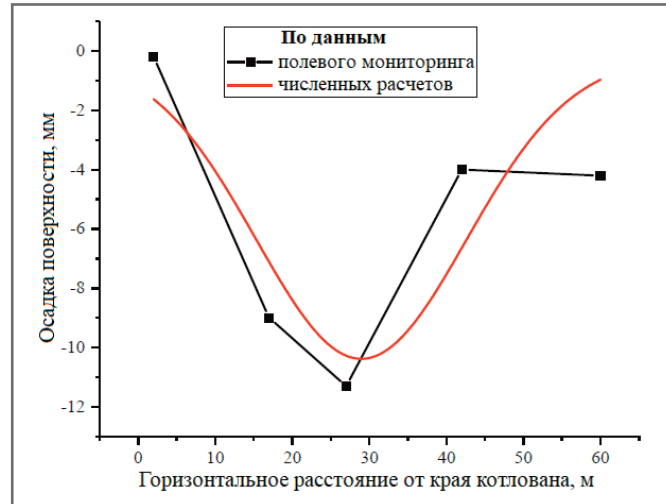


Рис. 9. Сопоставление результатов моделирования и мониторинга осадок дневной поверхности грунта в зависимости от расстояния от края котлована Б

дна для основного (А) и вспомогательного (Б) котлованов соответственно.

Из рисунков 8 и 9 видно, что данные численного моделирования и мониторинга хорошо соответствуют друг другу, а самые большие осадки поверхности произошли посередине выбранного диапазона расстояний от края котлована. Когда котлован А вырыт до дна, максимальная осадка поверхности по данным мониторинга составляет 48,60 мм, а по результатам моделирования – 40,28 мм (ошибка – 17,1%). Для котлована Б при выемке грунта до дна максимальная осадка поверхности по данным мониторинга равна 11,30 мм, а по результатам моделирования – 10,38 мм (ошибка – 8,1%)

ВЫВОДЫ ►

Результаты конечноэлементного моделирования горизонтальных смещений

подпорных стенок и осадок поверхности вокруг котлованов при выемке грунта до дна хорошо согласуются с данными полевого мониторинга.

Численное моделирование на основе метода конечных элементов при использовании комплексной геомеханической модели поведения грунта HS (модели упрочняющегося грунта) можно использовать для моделирования откопки котлована в сложных грунтовых условиях. Результаты моделирования являются разумными и надежными.

Из данных полевого мониторинга и численного моделирования видно, что максимальное горизонтальное смещение «стены в грунте» при откопке котлована до дна происходит примерно на 5 м выше дна котлована.

Из данных мониторинга и моделирования также видно, что деформиро-

вание борта («стены в грунте») вспомогательного котлована, примыкающего к основному котловану, относительно невелико. Максимальное горизонтальное смещение его подпорной стенки по данным мониторинга составляет 34,05% от такового для основного котлована, а максимальная осадка поверхности окружающего грунта равна всего 23,25% от таковой для основного котлована. Это доказывает, что при методе строительства, принятом в рассмотренном проекте, деформирование котлована может хорошо контролироваться.

Данные по рассмотренному в данной статье проекту могут быть использованы как ориентиры при проектировании и строительстве глубоких котлованов в аналогичных слоях слабых грунтов. ■

ИСТОЧНИК ДЛЯ ПЕРЕВОДА ►

(SOURCE FOR THE TRANSLATION) ►

Wu B., Peng Yi., Lan Ya., Meng G. Response analysis of excavation of deep foundation pit in metro station of soft soil // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 330. International Conference on Advances in Civil Engineering, Energy Resources and Environment Engineering, 28–30 June 2019, Jilin, China. № 2. Article 022102. DOI: 10.1088/1755-1315/330/2/022102. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/330/2/022102.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ АВТОРАМИ ПЕРЕВЕДЕННОЙ СТАТЬИ ►

(REFERENCES USED BY THE AUTHORS OF THE TRANSLATED ARTICLE) ►

1. Feng X., Xiong Z., Mo Y., et al. Numerical simulation and analysis of surrounding environment deformation influenced by excavation of foundation pits under complex conditions // Chinese Journal of Geotechnical Engineering. 2014. Vol. 36. № S2. P. 330–336.
2. Li L., Zhang Y., Hu X. Finite element analysis of a pit-in-pit excavation based on PLAXIS 3D // Chinese Journal of Underground Space and Engineering. 2016. Vol. 12. № S1. P. 254–261.
3. Liu N., Gong X., Lou C. Deformation behavior of nearby facilities analysis induced by excavation in soft clay // Journal of Zhejiang University. 2014. Vol. 48. № 07. P. 1141–1147.

4. Yang Y., Wu J. Analysis of retaining structures for deep foundation pit of Qiutao Road Station in Hangzhou Metro // Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. 2008. № S2. P. 3386–3392.
5. Cao L. Finite element method analysis of bottom upheaval of deep foundation pits in soft-clay ground due to excavation // Chinese Journal of Geotechnical Engineering. 2013. № S2. P. 819–824.
6. Wang W., Xu Z. New progress and expectation of foundation excavation engineering technology // Construction Technology. 2018. Vol. 47. № 06. P. 53–65.
7. Song G., Song E. Selection of soil constitutive models for numerical simulation of foundation pit excavation // Engineering Mechanics. 2014. № 05. P. 86–94.
8. Yang L., Zhou L., Xia W., et al. Experimental study of parameters of HS model for numerical analysis of foundation pits in Ningbo soft soil area // Tunnel Constructioun. 2018. Vol. 38. № 06. P. 954–962.

Независимый электронный журнал **ГеоИнфо**

**С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.**



WWW.GEOINFO.RU

Здесь может быть ваша
РЕКЛАМА



Рекламная статья в журнале – **35 000** рублей.

В каждую статью могут быть добавлены любые дополнительные материалы: каталоги оборудования, прайсы, фотографии, видеоролики, демоверсии программ и пр.

Логотип в разделе «Спонсоры проекта» в правой колонке – **35 000** рублей в месяц.

Все наши спонсоры получают свою персональную страницу на сайте журнала, где размещается информация о компании-спонсоре, все статьи ее сотрудников, опубликованные в журнале «ГеоИнфо» или в Базе знаний, а также любые дополнительные материалы (каталоги, буклеты, видео).

Коллеги и друзья! Наше с Вами рекламное сотрудничество будет взаимовыгодным. Вы получите отличную площадку для лоббирования своих интересов, а мы – возможность и дальше развивать проект, бороться за интересы отрасли инженерных изысканий и помогать профессионалам.

WWW.GEOINFO.RU



ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ. ЧАСТЬ 2. ИСПЫТАНИЯ МЕТОДОМ ТРЕХОСНОГО СЖАТИЯ

МИРНЫЙ А.Ю.

Доцент геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, генеральный директор ООО «Независимая геотехника», к. т. н., г. Москва, Россия
info@indep-geo.ru

ИДРИСОВ И.Х.

Генеральный директор
ООО НПП «Геотек», г. Москва, Россия

МОСИНА А.С.

Научный сотрудник лаборатории изучения состава и свойств грунтов ИГЭ РАН, заместитель генерального директора ООО «Независимая геотехника», к. г.-м. н., г. Москва, Россия
Mosina.A.S@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

В первой части предлагаемого читателям цикла статей были подробно представлены результаты испытаний мерзлых грунтов в резонансной колонке.

Как показывает анализ опубликованных данных, исследование динамических свойств мерзлых грунтов чаще выполняют методом трехосного сжатия. Его преимущество, по сравнению с испытаниями в резонансной колонке, заключается в возможности оценки упруго-вязкопластического деформирования мерзлых грунтов. Испытания низкочастотными высокоамплитудными колебаниями позволяют оценить механическое поведение мерзлого грунта, например при сейсмическом воздействии.

В данной статье приведен литературный обзор результатов испытаний мерзлых грунтов методом трехосного сжатия с упором на температурные изменения. Результаты обобщения динамических свойств мерзлых грунтов показали, что при низкой отрицательной температуре ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и менее) модуль деформации обычно бывает выше 4000 МПа, при температуре от минус 3 до минус 5 $^{\circ}\text{C}$ он в среднем варьирует от 600 до 3000 МПа, а при температуре выше минус 3 $^{\circ}\text{C}$ он снижается до 715-400 МПа в зависимости от состава, свойств грунта и условий испытания. Коэффициент поглощения мерзлого грунта D колеблется в широком диапазоне – от 0,01 до 0,2 и выше (в зависимости от состава, влажности, температуры грунта и условий проведения испытаний), причем в большинстве работ отмечается его увеличение при росте температуры мерзлого грунта.

В статье также приведены результаты измерений порового давления грунта с температурой минус 0,2 $^{\circ}\text{C}$ в ходе его динамического нагружения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

многолетнемерзлые грунты; мерзлый грунт; динамические свойства; лабораторные испытания; динамическое трехосное сжатие; температура; модуль деформации; коэффициент поглощения; поровое давление.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Мирный А.Ю., Идрисов И.Х., Мосина А.С. Динамические свойства мерзлых грунтов. Часть 2. Испытания методом трехосного сжатия // Геоинфо. 2024. Т. 6. № 3. С. 24–32 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-3-24-32

DYNAMIC PROPERTIES OF FROZEN SOILS. PART 2. TRIAXIAL COMPRESSION TESTS

MIRNYY A.Yu.

Associate professor at the Faculty of Geology of Lomonosov Moscow State University, the head of "Independent Geotechnics" LLC, PhD, Moscow, Russia
info@indep-geo.ru

IDRISOV I.Kh.

Head of "Geotek" LLC, Moscow, Russia

MOSINA A.S.

Researcher at the Laboratory for Studying the Composition and Properties of Soils, Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Science; the deputy general director of "Independent Geotechnic" LLC, PhD, Moscow, Russia
Mosina.A.S@yandex.ru

ABSTRACT

In the first part of the series of articles, which are offered to the readers of the "GeoInfo" journal, the results of testing frozen soils in a resonant column were presented in detail.

As an analysis of published data shows, studies of the dynamic properties of frozen soils is often carried out using the triaxial compression method. Its advantage, compared to testing in a resonant column, is the possibility of assessing the elastic-viscoplastic deformations of frozen soils. Testing by this method using low-frequency high-amplitude vibrations make it possible to evaluate the mechanical behavior of frozen soils (for example, under seismic influence).

This article provides a literature review of the results of triaxial compression tests of frozen soils with an emphasis on temperature variations. The results of generalization of the dynamic properties of frozen soils show that at low negative temperatures ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ or lower) the deformation modulus is usually more than 4000 MPa, at temperatures from minus $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ to minus $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ it varies on average from 600 to 3000 MPa, at temperatures higher than minus $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ it decreases to 715–400 MPa, depending on the composition, properties of the tested soil and on the test conditions. The damping ratios of frozen soils (D) vary in a wide range (from 0.01 to 0.2 and higher), depending on the composition, humidity, temperature of the tested soil and on the test conditions). Most publications note increasing damping ratio values with increasing temperature of the tested frozen soil.

This article also presents the results of measuring the pore pressure of soil, which have a temperature of minus $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, during its dynamic loading.

KEYWORDS:

permafrost soils; frozen soil; dynamic properties; laboratory tests; dynamic triaxial compression; temperature; deformation modulus; damping ratio; pore pressure.

FOR CITATION:

Mirnyy A.Yu., Idrisov I.H., Mosina A.S. Dinamicheskiye svoystva merzlykh gruntov. Chast' 2. Ispytaniya metodom trekhosnogo szhatiya [Dynamic properties of frozen soils. Part 2. Triaxial compression tests] // GeoInfo. 2024. T. 6. № 3. S. 24–32 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-3-24-32 (in Rus.).

Введение ►

Испытания мерзлых грунтов методом динамического трехосного сжатия проводятся путем на сплошной цилиндрический образец осевой циклической нагрузки. По результатам экспериментов в основном определяют: начальный модуль сдвига, секущий модуль сдвига, модуль Юнга, коэффициент поглощения и их изменения с увеличением количества циклов нагрузки; в некоторых исследованиях определяют динамическую прочность мерзлого грунта по предельному уровню деформации. Однако, несмотря на единство определяемых параметров, в работах разных исследователей не представлено схожего подхода к методике выполнения испытаний. Основные различия заключаются в способах передачи колебаний на мерзлый об-

разец. Так, колебания могут задаваться путем циклического приложения постоянного значения либо деформации, либо напряжения. Последний вариант наиболее популярен у современных ученых.

Динамические испытания с передачей циклических напряжений реализуются по одноступенчатой (рис. 1, а) и многоступенчатой (рис. 1, б) схемам нагружения.

Одноступенчатая схема подразумевает приложение напряжений с постоянной амплитудой колебаний от начала эксперимента до его завершения. В случае многоступенчатых испытаний амплитуда динамического напряжения увеличивается на каждой ступени на некоторую постоянную величину, при этом в пределах каждой ступени его

значение постоянно и передается на образец некоторое количество раз. В подавляющем большинстве случаев данный метод встречается в работах китайских исследователей.

Еще одним существенным отличием является разный подход к пониманию амплитуды динамических напряжений. Одни исследователи за амплитуду напряжения принимают половину разницы между минимальным и максимальным напряжениями за колебание (рис. 2, а). Другие под амплитудой понимают полную разницу между минимальным и максимальным напряжениями за колебание (от нижнего пика до верхнего пика нагрузки) (рис. 2, б). Кроме этого, не во всех научных трудах указан принцип фиксации амплитуды напряжений. Подобные неоднозначно-

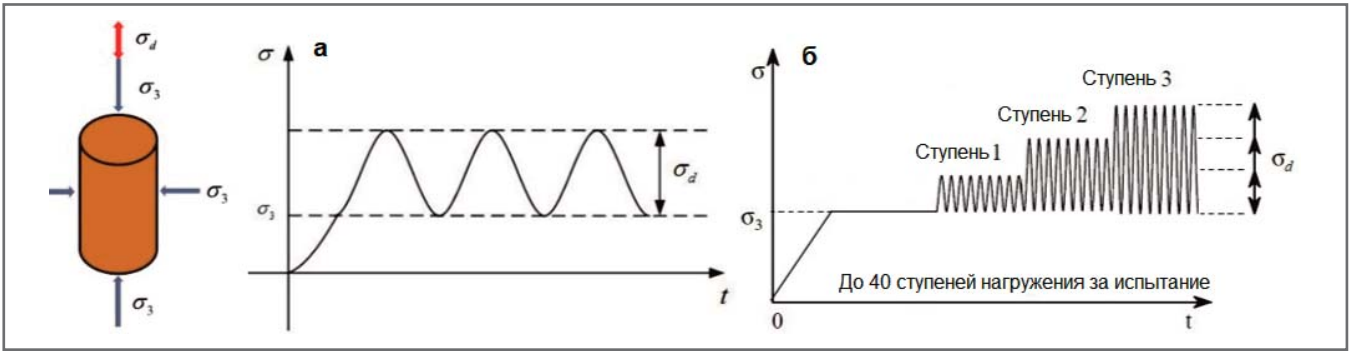


Рис. 1. Одноступенчатая (а) и многоступенчатая (б) схемы испытаний мерзлых грунтов методом динамического трехосного сжатия

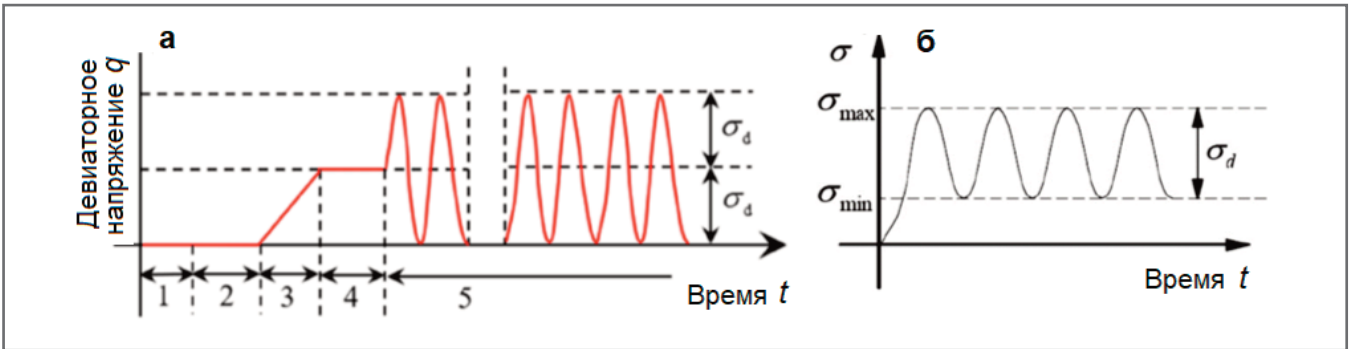


Рис. 2. Два подхода к пониманию амплитуды напряжений при испытании мерзлых грунтов методом динамического трехосного сжатия

сти могут привести к неверной интерпретации результатов. В настоящей статье подход к понятию амплитуды колебаний указан только для тех исследований, для которых он приведен в литературных источниках.

Испытания мерзлых грунтов методом динамического трехосного сжатия ведут либо до достижения заданного количества циклов нагрузки, либо до заданного уровня предельной деформации. В последнем случае диапазон деформаций в литературных источниках варьирует от 5 до 15%. Нередко для достижения заданного уровня деформации при многоступенчатом нагружении требуется передать на образец очень высокий уровень напряжений. Так, в некоторых исследованиях амплитуда деформаций доходила до 6–8 МПа. Частота нагрузки при испытаниях варьирует от 0,7 до 6 Гц.

Обзор литературы ▶

Исследования динамического поведения мерзлых грунтов в условиях трехосного сжатия начались в 70–80-х годах прошлого века. В 1976 году автор работы [1] для изучения сейсмического влияния на свойства мерзлых грунтов провел циклические испытания мерзлой глины в условиях трехосного сжатия при амплитудах деформаций от 3×10^{-3} до $2 \times 10^{-2} \%$ при разных значениях всестороннего давления, темпера-

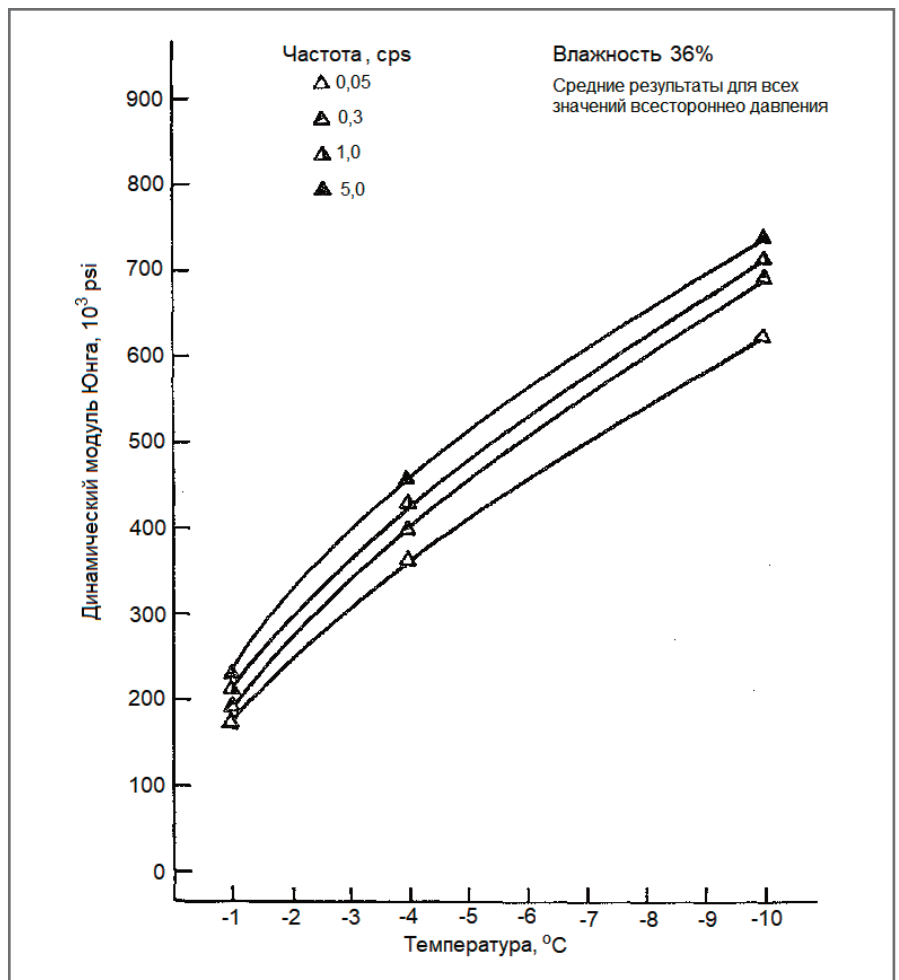


Рис. 3. Зависимость модуля Юнга мерзлой глины от ее температуры при разной частоте испытаний (0,05–5 Гц), влажности 36% по результатам динамического трехосного сжатия при амплитуде осевой деформации $3,16 \times 10^{-3} \%$ (psi – фунт-сила/дюйм², 1 psi ≈ 0,00689 МПа, 1 cps = 1 Гц) [1]

туры и частоты воздействия. Влияние всестороннего давления и степени влажности на модуль Юнга оказалось незначительным, при этом увеличение температуры грунта привело к его уменьшению. Например, при повышении температуры от минус 10 до минус 1 °С модуль Юнга снижался с 4206–4757 до 1310–1480 МПа при амплитуде осевой деформации $3,16 \times 10^{-3} \%$ и частотах 0,05–5 Гц (рис. 3).

В 1979 году группа американских ученых [2] провела серию динамических испытаний мерзлого песка методом трехосного сжатия. Ими была использована схема динамического нагружения с амплитудой осевых деформаций в диапазоне от 3×10^{-3} до $3 \times 10^{-2} \%$, всесторонним давлением 0–1,4 МПа, частотой 0,05–5,0 Гц и температурой от минус 1 до минус 10 °С. Результаты испытаний показали, что динамический модуль Юнга увеличивается с увеличением частоты и всестороннего давления, но уменьшается с увеличением амплитуды деформации и температуры. Например, при росте температуры грунта от минус 10 до минус 1 °С ($\sigma_3 = 0,3$ МПа, амплитуда деформации $1 \times 10^{-2} \%$, частота 1 Гц) модуль Юнга изменялся от 7600 МПа до 4800 МПа соответственно (рис. 4). Коэффициент поглощения мерзлого песка в среднем варьировал от 0,025 при минус 10 °С и частоте 5,0 Гц до 0,25 при температуре минус 1 °С и частоте 0,05 Гц.

В 2009 году китайские исследователи [3] выполнили динамические испытания мерзлой глины. Ими была использована многоступенчатая схема динамического нагружения (12 циклов на каждую ступень) с контролем напряжений. Амплитуда осевых напряжений была принята от минимума до максимума нагрузки (до осевого напряжения 3,9 МПа с частотой воздействия 6 Гц). По результатам испытаний, начальный модуль деформации мерзлой глины снижался с

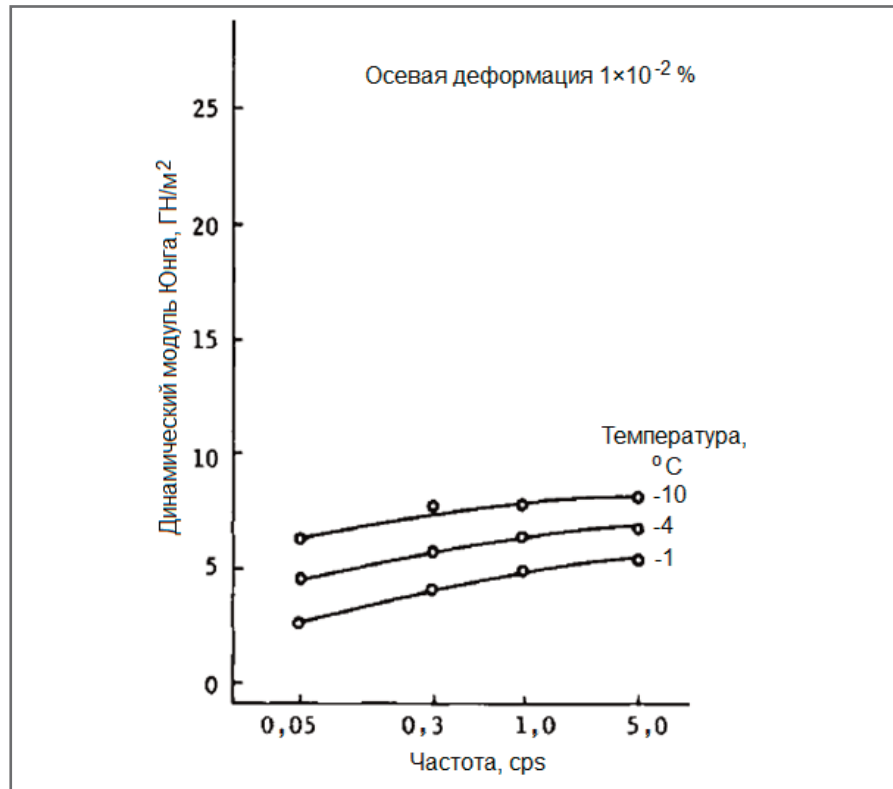


Рис. 4. Модуль Юнга мерзлого песка при разной частоте и температуре по результатам динамического трехосного сжатия с всесторонним давлением 0,3 МПа (1 cps=1 Гц) [2]

увеличением температуры и увеличивался с ростом всестороннего давления. Например, его значение при температуре минус 12 °С составило 1600 МПа, а при минус 2 °С – уже менее 1200 МПа. Однако с ростом температуры грунта в диапазоне от минус 12 до минус 5 °С снижение начального модуля деформации происходило менее интенсивно – от 1600 МПа до 1500 МПа соответственно. Повышение температуры привело к резкому изменению кривой зависимости динамического напряжения от осевой деформации – увеличился уровень последней (рис. 5).

В 2009 году автор работы [4] защитил диссертацию на тему «Влияние замораживания-оттаивания на потенциал разжижения и динамические свойства пы-

леватого грунта из Мейбл-Крик». В данной работе приведены интересные результаты динамических трехосных испытаний высокотемпературных мерзлых грунтов с измерением порового давления. Эксперименты были выполнены при всестороннем давлении 0,1 МПа и частоте воздействия 0,1 Гц с заданной амплитудой деформации. Исследовалось динамическое поведение пылеватого грунта с положительной температурой и температурой минус 0,2 °С. Показатели динамических свойств грунта определялись по формулам:

$$r_u = \Delta u / \sigma'_3;$$

$$G = E/2/(1 + \nu),$$

где r_u – приведенное поровое давление;

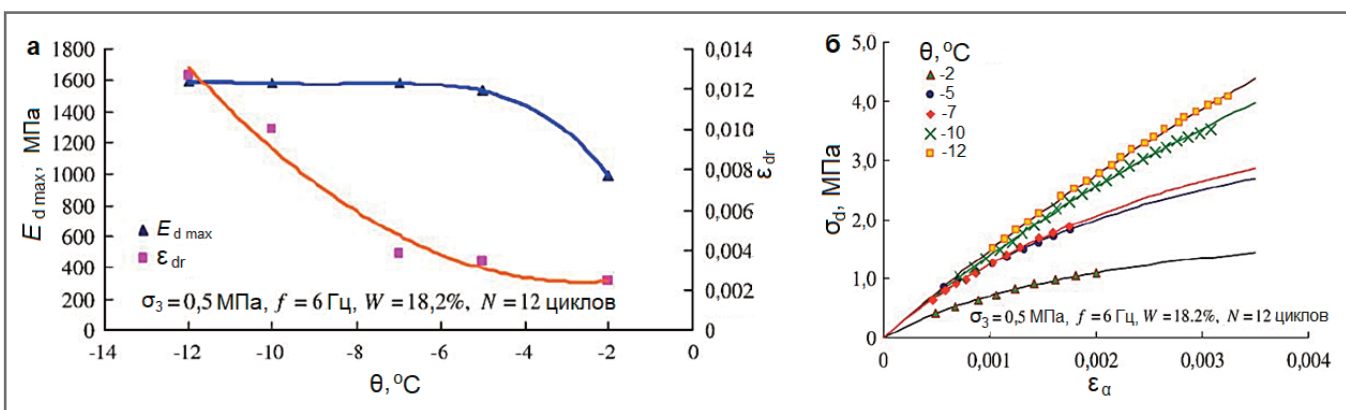


Рис. 5. Результаты испытаний мерзлой глины в условиях динамического трехосного сжатия [3]

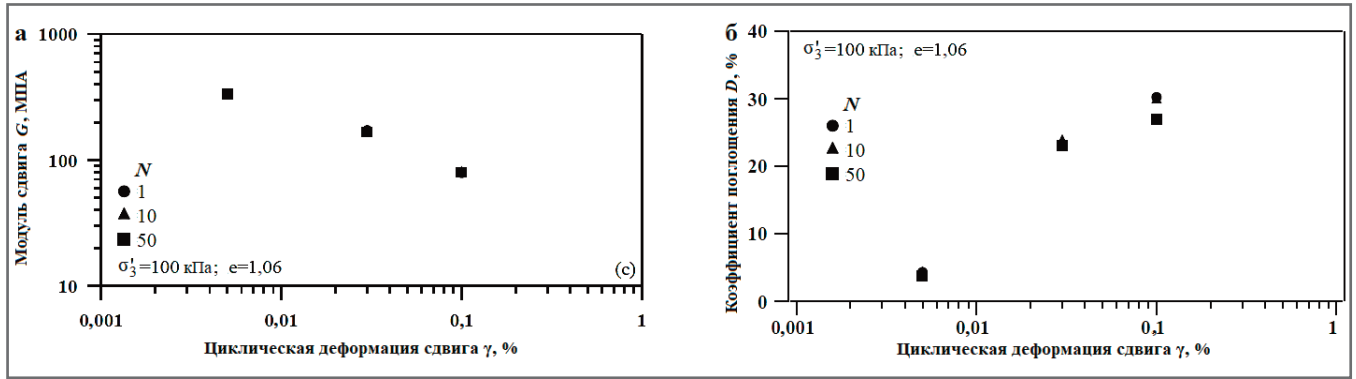


Рис. 6. Модуль сдвига G и коэффициент поглощения D пылеватого грунта в зависимости от уровня деформации сдвига γ и количества циклов нагрузки N при температуре минус 0,2 °С по результатам динамического трехосного сжатия [4]

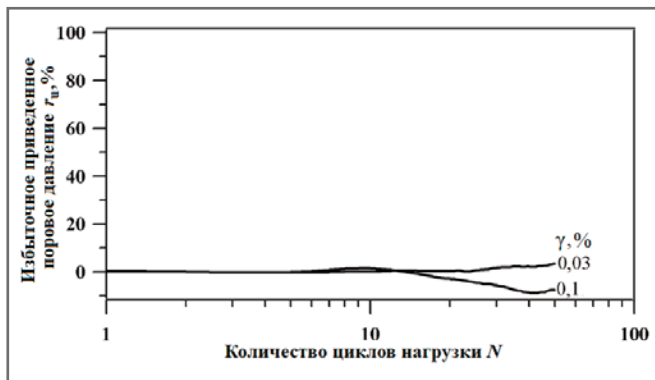


Рис. 7. Изменения избыточного приведенного порового давления r_u с увеличением количества циклов нагрузки N для пылеватого грунта при температуре минус 0,2 °С (уровень деформаций приведен на графике) [4]

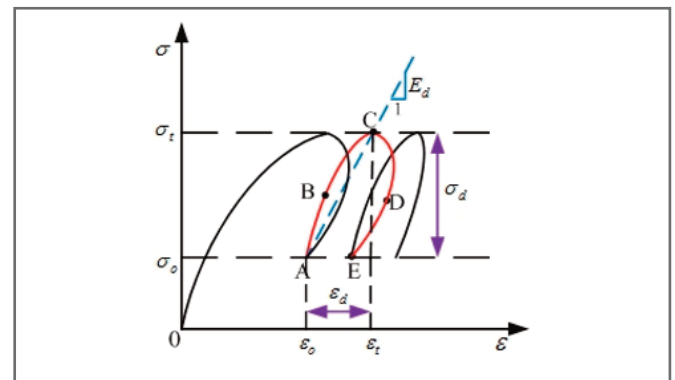


Рис. 8. Определение модуля деформации [5]

Δu – избыточное поровое давление в конце цикла нагрузки; σ_3^1 – начальное эффективное всестороннее давление; $E = \sigma_{d \max} / \epsilon_{\max}$; $\sigma_{d \max}$ – максимальное напряжение (значение половины размаха колебательной волны); ϵ_{\max} – максимальная осевая деформация; γ – деформация сдвига; ν – коэффициент Пуассона.

Результаты показали, что при температуре минус 0,2 °С не происходит снижение модуля сдвига с увеличением циклов нагружения. Его начальное значение при $\gamma = 0,005\%$ составило около 340 МПа. Коэффициент поглощения при $\gamma = 0,005\%$ составил 4% (рис. 6).

По результатам испытаний было обнаружено низкое значение приведенного порового давления у грунта с температурой минус 0,2 °С. Так, его значение при амплитуде деформации сдвига 0,03% с увеличением количества циклов нагрузки практически не изменялось – на всем протяжении эксперимента поровое давление r_u оставалось ниже 4%. А при амплитуде деформации 0,1% спустя 10 циклов нагрузки поровое давление даже начало снижаться в сторону отрицательного значения,

дойдя при этом до минус 7,5% спустя 50 циклов нагрузки. Вероятно, наблюдение эффекта отрицательного порового давления связано с перераспределением незамерзшей воды внутри образца в ходе динамического нагружения (рис. 7) [4].

Авторы работы [5] в 2017 году представили результаты динамических испытаний мерзлого сильнольдистого песка. Ими была использована одноступенчатая схема нагружения с частотой нагрузки 2,4 и 6 Гц при всестороннем давлении 0,1–0,3 МПа. Испытания проводились при трех значениях температуры грунта: –5, –10, –15 °С. За амплитуду была принята разница между минимумом и максимумом напряжения. Определение модуля деформации схематически приведено на рисунке 8.

По полученным результатам было определено, что начальный модуль деформации мерзлого сильнольдистого песка при температуре минус 5 °С составляет 2941 МПа, при снижении температуры до минус 10 и минус 15 °С его значения увеличиваются до 4480 МПа

и 8333 МПа соответственно (при частоте нагрузки 4 Гц, всестороннем давлении 0,2 МПа). При увеличении всестороннего давления с 0,1 до 0,3 МПа начальный модуль деформации вырос с 3870 до 5306 МПа (при температуре грунта минус 10 °С, частоте нагрузки 4 Гц). Увеличение частоты нагрузки с 4 до 6 Гц привело к возрастанию начального модуля деформации с 3600 до 6300 МПа (при температуре грунта минус 10 °С, всестороннем давлении 0,2 МПа).

Авторы работы [6] получили динамические параметры мерзлого пылеватого грунта при температуре грунта от минус 1 до минус 15 °С и всестороннем давлении 0,1–0,4 МПа. Была использована многоступенчатая схема нагружения с амплитудой осевой нагрузки, доходившей до 4–5 МПа (за амплитуду была принята разница между минимумом и максимумом нагрузки), и частотой нагрузки 2 Гц. Каждая ступень нагрузки прикладывалась 12 раз. Испытание продолжалось до достижения предельной осевой деформации 10%. Результаты испытания

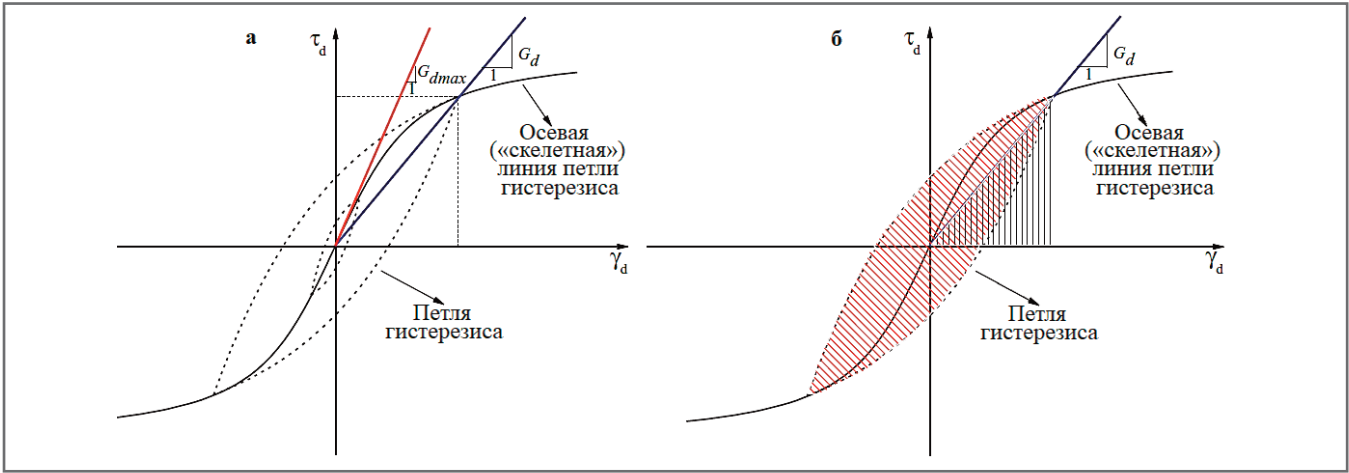


Рис. 9. Определение модуля сдвига мерзлого грунта по результатам динамического трехосного сжатия [6]

интерпретировались по следующим зависимостям (рис. 9):

$$\begin{aligned} \gamma_d &= \varepsilon_d (1 + \mu); \\ \tau_d &= \sigma_d / 2; \\ \tau_d &= \gamma_d / (a + b \times \gamma_d); \\ G_d &= \tau_d / \gamma_d; \\ G_{d \max} &= G_d |_{\gamma_d \rightarrow 0} = 1/a; \\ \tau_{d \text{ ult}} &= \tau_d |_{\gamma_d \rightarrow +\infty} = 1/b; \\ y_{dr} &= \tau_{d \text{ ult}} / G_{d \max} = a/b; \\ G_d &= G_{d \max} / (1 + y_d / y_{dr}). \end{aligned}$$

По полученным результатам было определено, что динамическая прочность грунта (ступенчатое достижение предела деформации 10%) при повышении температуры с минус 15 до минус 1 °С снизилась почти в 10 раз (рис. 10). Начальный модуль сдвига снизился с 870 до 276 МПа при увеличении температуры с минус 15 до минус 1 °С. Его значение при температуре минус 5 °С составило 294 МПа. Коэффициент поглощения увеличивался с повышением температуры. Так, при

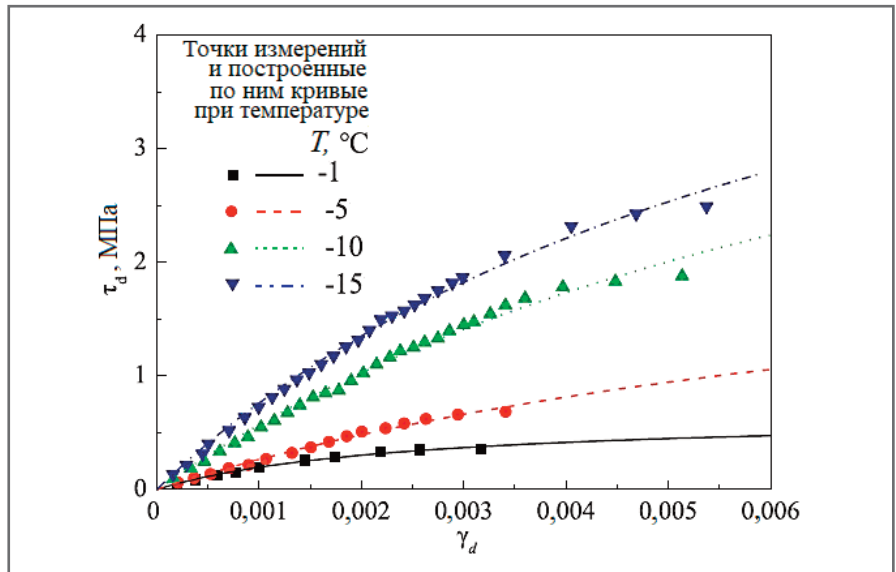


Рис. 10. Фрагменты графиков деформирования мерзлого пылеватого грунта по результатам динамического трехосного сжатия [6]

температуре минус 15 °С его значение составило 0,0169, а при минус 1 °С – 0,0435 (рис. 11).

Авторы работы [7] исследовали динамическое поведение мерзлого грунта при температуре минус 1,5 °С. Экспе-

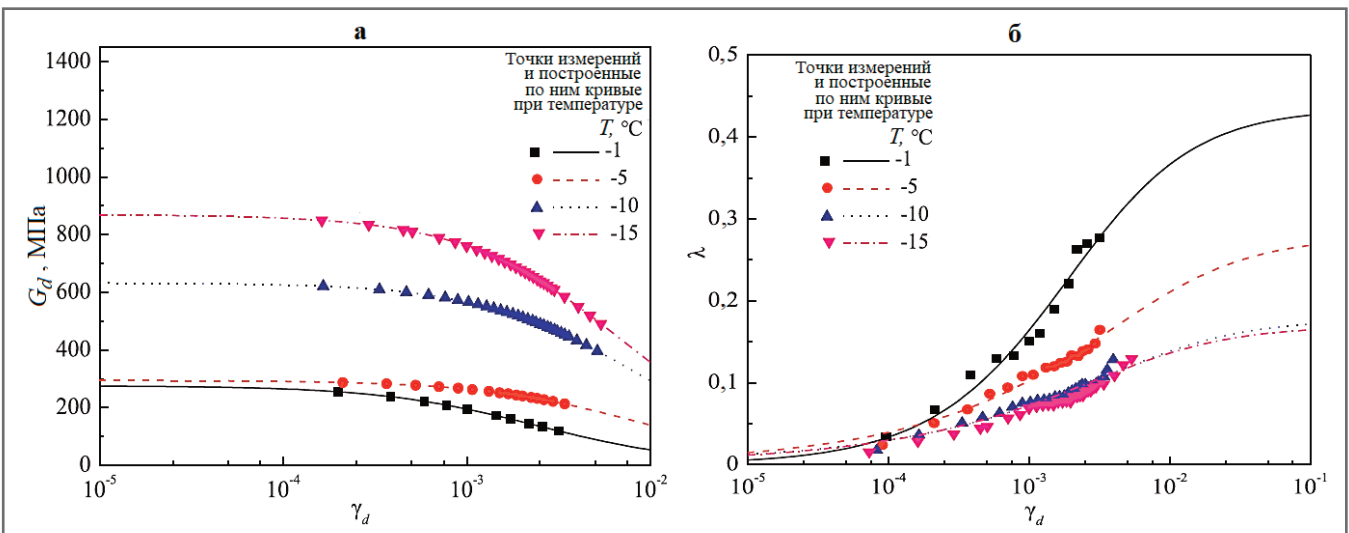


Рис. 11. Модуль сдвига (а) и коэффициент поглощения (б) мерзлого пылеватого грунта при разных температурах по результатам динамического трехосного сжатия [6]

рименты были проведены по одноступенчатой схеме нагружения с амплитудами девиатора напряжений: 25, 40, 42,5 кПа (амплитуда соответствовала разнице между минимумом и максимумом нагрузки), при всестороннем давлении 0,020–0,03 МПа и частоте 6 Гц. Испытания завершали при относительной осевой деформации 5% или спустя 50 тыс. циклов нагрузки. По полученным результатам было определено, что с увеличением амплитуды воздействия модуль деформации падал. Его максимальное значение было получено при амплитуде девиатора напряжений 25 кПа. Спустя 1 тыс. циклов нагрузки он составил 90 МПа, спустя 50 тыс. циклов – 96,1 МПа [7].

В 2022 году авторы работы [8] получили параметры динамических свойств мерзлых грунтов при температурах минус 5 и минус 15 °С (в большинство об-

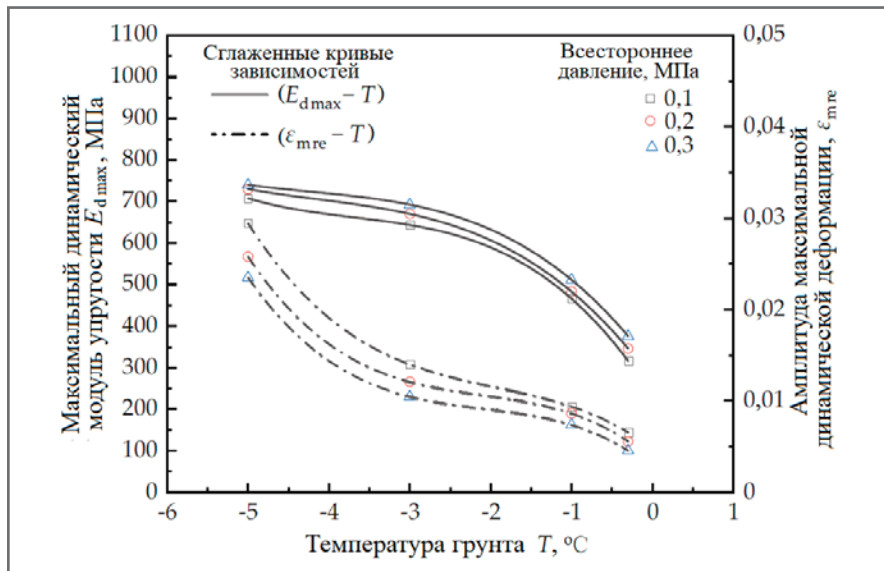


Рис. 12. Зависимость начального модуля деформации от температуры мерзлого грунта и всестороннего давления при влажности грунта 16% и частоте нагрузки 4 Гц по результатам динамического трехосного сжатия [9]

Результаты испытания мерзлой глины методом динамического трехосного сжатия [9]

Таблица 1.

Влажность грунта w , %	Всестороннее давление σ_3 , МПа	Температура грунта T , °С	Частота нагрузки f , Гц	Начальный модуль деформации E_{dmax} , МПа	Коэффициент поглощения λ_{min}
14	0,1	-3	4	597,7286	0,0533
14	0,2	-3	4	616,9031	0,0494
14	0,3	-3	4	629,3266	0,0460
16	0,1	-3	4	643,5006	0,0503
16	0,2	-3	4	670,2413	0,0459
16	0,3	-3	4	692,5208	0,0431
18	0,1	-3	4	665,5790	0,0480
18	0,2	-3	4	689,1799	0,0444
18	0,3	-3	4	715,3076	0,0412
16	0,1	-1	4	465,9832	0,0546
16	0,2	-1	4	483,0918	0,0494
16	0,3	-1	4	511,5090	0,0463
16	0,1	-5	4	707,7141	0,0429
16	0,2	-5	4	729,9270	0,0392
16	0,3	-5	4	740,1925	0,0353
16	0,1	-3	2	634,1154	0,0619
16	0,2	-3	2	661,3757	0,0606
16	0,3	-3	2	681,1989	0,0558
16	0,1	-3	1	627,3526	0,0667
16	0,2	-3	1	651,0417	0,0667
16	0,3	-3	1	672,0430	0,0638
14	0,3	-3	1	581,3953	0,0667
14	0,3	-3	2	602,4096	0,0551
18	0,3	-3	1	653,5948	0,0600
18	0,3	-3	2	684,9315	0,0545
16	0,1	-0,3	4	316,4557	0,0619
16	0,2	-0,3	4	346,0208	0,0538
16	0,3	-0,3	4	375,9398	0,0490

разцов при их формировании была добавлена резина). Результаты интерпретировались по зависимостям, аналогичным представленным в работе [6] и на рисунке 9. Эксперименты выполнялись с многоступенчатым нагружением (каждая ступень, в свою очередь, нагружалась 40 раз) с частотой воздействия 1 Гц и всесторонним давлением 0,4 МПа. Амплитуда девиатора напряжений достигла 0,7 МПа (за амплитуду была принята разница между минимумом и максимумом нагрузки). Испытания велись до достижения предельной деформации 5%.

По полученным результатам было определено, что начальный модуль сдвига «чистой» мерзлой глины при температуре минус 5 °С составил около 200 МПа, при снижении температуры до минус 15 °С его значение увеличилось до 510 МПа. Коэффициент поглощения при температуре минус 5 °С варьировал от 0,18 до 0,175.

Авторы публикации [9] выполнили исследования динамического поведения мерзлой глины при многоступенчатой схеме нагружения (за амплитуду была принята разница между минимумом и максимумом нагрузки) с разными частотами воздействия: 1, 2, 4 Гц. Каждый шаг нагрузки прикладывался в течение 15 циклов, всестороннее давление варьировало от 0,1 до 0,3 МПа. При испытаниях была задана температура мерзлой глины от минус 0,3 до минус 5 °С. Определение модуля деформации проводилось по принципу, отраженному на рисунке 9.

По полученным результатам было определено, что с увеличением всестороннего давления, влажности грунта, частоты нагружения и снижением температуры коэффициент поглощения уменьшается, а начальный модуль деформации увеличивается. При этом наибольшее изменение начального модуля деформации происходит при повышении температуры от минус 3 до минус 0,3 °С. При повышении температуры от минус 5 до минус 3 °С его снижение идет менее интенсивно. Так, при температуре минус 5 °С начальный модуль деформации составил 708–740 МПа, при температуре минус 3 °С – 581–715 МПа, при минус 1 °С – 466–512 МПа, при минус 0,3 °С – 316–376 МПа (рис. 12). Коэффициент поглощения мерзлой глины варьировал от 0,035–0,040 при минус 5 °С до 0,049–0,062 при минус 0,3 °С. Некоторые из результатов испытаний приведены в таблице.

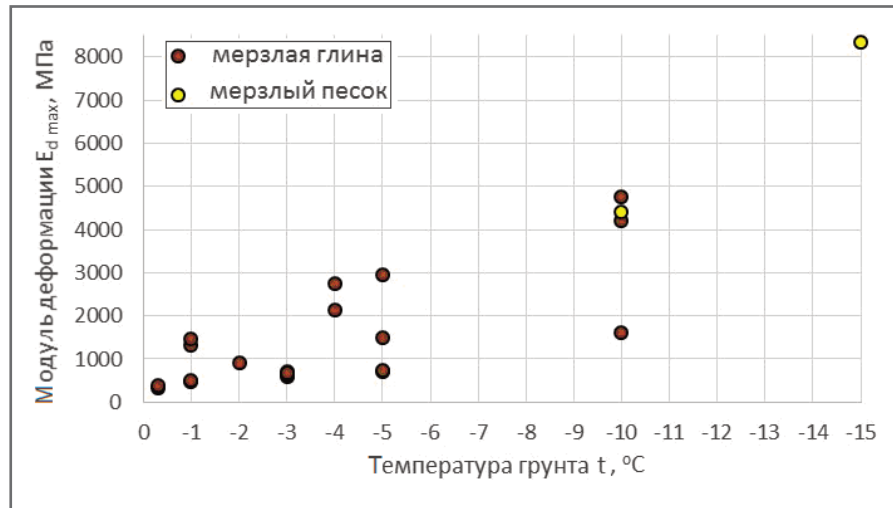


Рис. 13. Обобщенный график зависимости начального модуля деформации мерзлого грунта от его температуры по результатам испытаний в условиях динамического трехосного сжатия

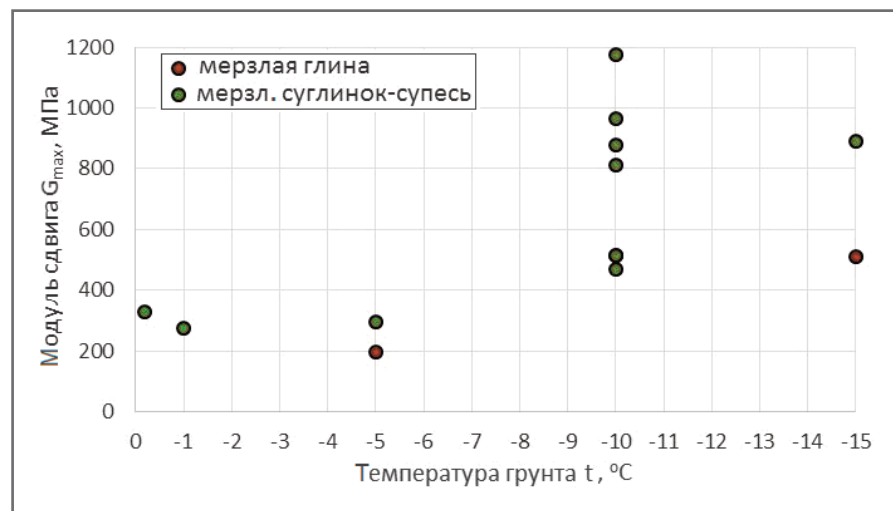


Рис. 14. Обобщенный график зависимости начального модуля сдвига мерзлого грунта от его температуры по результатам испытаний в условиях динамического трехосного сжатия

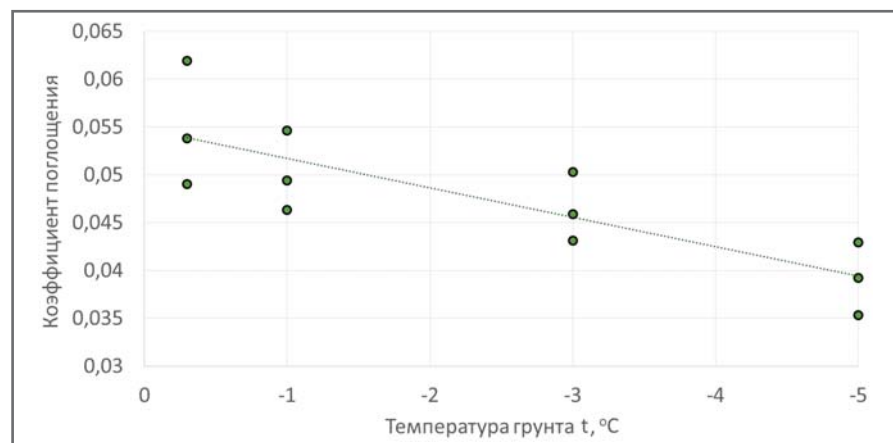


Рис. 15. Температурная зависимость коэффициента поглощения мерзлой глины по результатам испытания методом динамического трехосного сжатия при влажности грунта 16% и частоте нагрузки 4 Гц (при всестороннем давлении 0,1–0,3 МПа)

Обобщение и выводы ►

По результатам количественного обобщения показателей динамических

свойств мерзлых грунтов различными исследователями были получены следующие данные.

При низкой отрицательной температуре ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и менее) модуль деформации мерзлого грунта чаще имеет значение выше 4000 МПа, а модуль сдвига колеблется от 500 до 1100 МПа. При температуре мерзлого грунта от минус 3 до минус $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ модуль деформации варьирует в среднем от 600 до 3000 МПа. Увеличение температуры мерзлого грунта выше минус $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к снижению модуля деформации до 512–715 МПа при минус $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, до менее чем 400 МПа при минус $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ и к уменьшению модуля сдвига до 280–350 МПа при температуре ниже минус $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 13, 14). Однако следует понимать, что значение модуля деформации будет зависеть от состава, свойств грунта и условий прове-

дения динамических испытаний.

В проанализированной литературе был найден только один пример изменения порового давления в мерзлых грунтах при их динамических испытаниях с достаточно высокой температурой ($-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) [4]. По результатам, полученным авторами работы [4], величина порового давления оказалась либо незначительной (4% при амплитуде деформации 0,03%), либо отрицательной, но также малой ($-7,5\%$ при амплитуде деформации 0,1%). Отсюда можно предположить, что даже в высокотемпературных мерзлых грунтах поровое давление, по-видимому, не будет оказывать значительного влияния на их динамическое поведение.

Коэффициент поглощения мерзлого грунта колеблется в широких пределах – от 0,01 до 0,2 и выше в зависимости от его состава, влажности, температуры и условий проведения испытаний. При увеличении температуры чаще всего наблюдается увеличение коэффициента поглощения. Так, на рисунке 15 видно, что увеличение температуры от минус 5 до минус $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к росту коэффициента поглощения мерзлой глины от 0,035–0,042 до 0,049–0,062 соответственно (при частоте 4 Гц, всестороннем давлении 0,1–0,3 МПа, влажности 16%). Однако в некоторых работах встречается обратная зависимость – снижение коэффициента поглощения с ростом температуры. **и**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ►

(REFERENCES) ►

1. Vinson T.S. Dynamic properties of ice and frozen clay under cyclic triaxial loading conditions. Final Report of Research Conducted Under Research Grant ENG74-13506 “Shear Moduli and Damping Factors in Frozen Soils” for the Period October 1, 1974 to September 30, 1976. East Lansing, Michigan, USA: Division of Engineering Research, Michigan State University, 1976. Report № MSU-CE-76-4. P. 288.
2. Li J.C., Baladi G., Andersland O. Cyclic triaxial tests on frozen sand // Engineering Geology. 1979. № 13. P. 233–246. DOI:10.1016/0013-7952(79)90035-8.
3. Ling X., Zhu Z., Zhang F. Dynamic elastic modulus for frozen soil from the embankment on Beiluhe Basin along the Qinghai-Tibet Railway // Cold Regions Science and Technology. 2009. № 57 (1). P. 7–12.
4. Yu Zh. Impact of Freeze-Thaw on Liquefaction Potential and Dynamic Properties of Mabel Creek Silt: PhD Thesis. 2009. P. 191.
5. An L.S., Ling X.Z., Geng Y.C. Dynamic and Static Mechanical Properties of Ice-Rich Frozen Sand Electronic Journal of Geotechnical Engineering. 2017. Vol. 22. P. 1325–1344.
6. Zhao F., Chang L., Zhang W. Experimental investigation of dynamic shear modulus and damping ratio of Qinghai-Tibet frozen silt under multi-stage cyclic loading // Cold Regions Science and Technology. 2019. Vol. 170. Article 102938. DOI:10.1016/j.coldregions.2019.102938.
7. Song L., Liu J., Jin Y., Li Ch., Cai S. Experimental study on warm permafrost dynamic characteristics under cyclic loading in the cold region // Advances in Civil Engineering. Vol. 2022. Article ID 754828. DOI:10.1155/2022/7548284.
8. Lu J., Yang Zh., Shi W., Lu Zh. Dynamic characteristics of rubber reinforced expansive soil (ESR) at positive and negative ambient temperatures // Polymers. 2022. Vol. 14. № 19. DOI:10.3390/polym14193985.
9. Zhang X., Sun B., Xu Zh., Huang A., Guan J. Experimental study on the dynamic characteristics of frozen silty clay and its influencing factors // Sustainability. 2023. Vol. 15, № 2. Article 1205. DOI:10.3390/su15021205.



Телеграм-канал журнала

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>

Здесь может быть ваша
РЕКЛАМА



Рекламная статья в журнале – **35 000** рублей.

В каждую статью могут быть добавлены любые дополнительные материалы: каталоги оборудования, прайсы, фотографии, видеоролики, демоверсии программ и пр.

Логотип в разделе «Спонсоры проекта» в правой колонке – **35 000** рублей в месяц.

Все наши спонсоры получают свою персональную страницу на сайте журнала, где размещается информация о компании-спонсоре, все статьи ее сотрудников, опубликованные в журнале «ГеоИнфо» или в Базе знаний, а также любые дополнительные материалы (каталоги, буклеты, видео).

Коллеги и друзья! Наше с Вами рекламное сотрудничество будет взаимовыгодным. Вы получите отличную площадку для лоббирования своих интересов, а мы – возможность и дальше развивать проект, бороться за интересы отрасли инженерных изысканий и помогать профессионалам.

WWW.GEOINFO.RU



ДИСКРЕТНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ КАМЕННОЙ НАБРОСКИ

ВАН Ю.

Факультет гражданского строительства
Университета Цинхуа, г. Пекин, Китай
wangyj14@mails.tsinghua.edu.cn

ЧЖАО Чж.

Факультет гражданского строительства
Университета Цинхуа, г. Пекин, Китай
zhzhao@mail.tsinghua.edu.cn

СУН Э.

Факультет гражданского строительства
Университета Цинхуа, г. Пекин, Китай
songex@mail.tsinghua.edu.cn

АННОТАЦИЯ

Представляем немного сокращенный и адаптированный перевод статьи исследователей из Университета Цинхуа (г. Пекин, Китай) «Дискретно-элементное моделирование влияния формы частиц на ползучесть каменной наброски» (Wang Yu et al., 2017). Эта работа была опубликована в журнале *International Journal of Geological and Environmental Engineering* («Международном журнале по инженерной геологии и инженерным методам охраны окружающей среды») и находится в открытом доступе на сайте издательства WASET (World Academy of Science, Engineering and Technology – «Всемирной академии наук, техники и технологий») по лицензии CC BY 4.0, которая позволяет распространять, микшировать, адаптировать, переводить и использовать (даже в коммерческих целях) статьи при условии указания типов изменений и ссылок на первоисточники. В нашем случае полная ссылка на источник для представленного перевода (Wang Yu et al., 2017) приведена в конце.

В гражданском строительстве широко используются насыпи из каменных набросок, например при создании плотин, железных дорог и фундаментов аэропортов в горных районах. На их работоспособность или даже безопасность могут повлиять значительные длительные осадки таких насыпей после сдачи в эксплуатацию.

На ползучесть каменных набросок влияет ряд факторов, таких как размер, прочность и форма частиц, содержание воды и уровень напряжений. Однако влияние формы частиц на ползучесть каменной наброски до сих пор остается плохо изученным вопросом и заслуживает тщательных исследований. Для моделирования этого процесса при различных граничных условиях в представленной работе использовался метод дискретных элементов (МДЭ), применяемый в целях имитации механического поведения твердых частиц. При данном численном исследовании рассматривались модельные образцы, состоящие как из округлых, так и из угловатых частиц.

Предварительные виртуальные испытания показали, что при одноосном сжатии угловатые частицы подвергаются большему разрушению и более сильным деформациям ползучести, чем округлые. А при испытаниях на прямой сдвиг, наоборот, деформации ползучести были больше в случае округлых частиц. Механизм, ответственный за это различие, заключается в том, что возможность существования так называемой ключевой («триггерной») частицы среди округлых частиц выше, чем среди угловатых.

Выполненное исследование продемонстрировало, что с помощью МДЭ можно правильно смоделировать влияния формы частиц на ползучесть каменных набросок. Моделирование с использованием МДЭ может облегчить понимание деформационных свойств каменных набросок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

каменная наброска; ползучесть; дробление частиц; метод дискретных элементов (МДЭ); граничные условия.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ван Ю., Чжао Чж., Сун Э. Дискретно-элементное моделирование влияния формы частиц на ползучесть каменной наброски (пер. с англ.) // Геоинфо. 2024. Т. 6. № 1. С. 34–41 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-3-34-41

DISCRETE ELEMENT MODELING OF THE EFFECT OF PARTICLE SHAPE ON CREEP BEHAVIOR OF ROCKFILLS

WANG Yu.

Civil Engineering Department, Tsinghua University, Beijing, China
wangyj14@mails.tsinghua.edu.cn

ZHAO Zh.

Civil Engineering Department, Tsinghua University, Beijing, China
zhzhao@mail.tsinghua.edu.cn

SONG E.

Civil Engineering Department, Tsinghua University, Beijing, China
songex@mail.tsinghua.edu.cn

ABSTRACT

We present a slightly abridged and adapted translation of the paper “Discrete element modeling of the effect of particle shape on creep behavior of rockfills” (Wang Yu. et al., 2017) by researchers from Tsinghua University (Beijing, China). This paper was published in the International Journal of Geological and Environmental Engineering. It is an open access article that is available on the website of the WASET publisher (World Academy of Science, Engineering and Technology) under the CC BY 4.0 license that allows it to be copied, distributed, translated, adapted, modified, mixed and used for any purposes (even commercial ones) provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the full reference to the original paper (Wang Yu. et al., 2017) is in the end.

Rockfills are widely used in civil engineering, such as dams, railways, and airport foundations in mountain areas. A significant long-term post-construction settlement may affect the serviceability or even the safety of rockfill infrastructures.

The creep behavior of rockfills is influenced by a number of factors, such as particle size, strength and shape, water condition and stress level. However, the effect of particle shape on rockfill creep still remains poorly understood, which deserves a careful investigation. Particle-based discrete element method (DEM) was used to simulate the creep behavior of rockfills under different boundary conditions. Both rounded and angular particles were considered in this numerical study in order to investigate the influence of particle shape.

The preliminary results showed that angular particles experience more breakages and larger creep strains under one-dimensional compression than rounded ones. On the contrary, larger creep strains were observed in the rounded specimens in the direct shear test. The mechanism responsible for this difference is that the possibility of the existence of key particle in rounded particles is higher than that in angular ones.

The above simulations demonstrated that the influence of particle shape on the creep behavior of rockfills could be simulated by DEM properly. The method of DEM simulation may facilitate our understanding of deformation properties of rockfill materials.

KEYWORDS:

rockfill; creep behavior; particle crushing; discrete element method (DEM); boundary conditions.

FOR CITATION:

Wang Yu., Zhao Zh., Song E. Diskretno-elementnoye modelirovaniye vliyaniya formy chastits na polzuchest' kamennoy nabroski [Discrete element modeling of the effect of particle shape on creep behavior of rockfills] (translated from English into Russian) // Geoinfo. 2024. Т. 6. № 3. С. 34–41 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-3-34-41 (in Rus.).



ВВЕДЕНИЕ ▶

Каменные наброски с прошлого века широко используются в гражданском строительстве, например при создании плотин, железных дорог и фундаментов аэропортов в горных районах. Большое количество полевых наблюдений показало, что механическое поведение каменных набросок зависит от времени, а их осадки после строительства продолжают в течение многих десятилетий [1, 2]. Широко признано, что основной причиной ползучести каменной наброски является разрушение частиц. Было приложено много усилий и лабораторных испытаний образцов каменных набросок для изучения влияния размеров, прочности и формы частиц, содержания воды и уровня напряжений [3]. Однако микроскопический механизм ползучести каменной наброски до сих пор остается малоизученным.

По сравнению с физическими экспериментами моделирование методом дискретных элементов (МДЭ) дает возможность наблюдать и контролировать микроскопическое поведение каменной наброски на уровне отдельных частиц. С учетом того, что разрушение частиц является основной причиной ползучести каменных набросок, имеется два основных способа их моделирования:

- 1) использование разрушаемого скрепленного кластера для моделирования частицы [4];
- 2) замена исходного неразрушаемого диска или комка на набор дисков или комков меньшего размера [5, 6].

Чтобы смоделировать зависящее от времени поведение каменной наброски, в работе [7] была разработана модель на основе МДЭ, в которой зерна задаются как комки из скрепленных более мелких частиц, а критерием их разрушения является субкритическое распространение в них трещин.

В работах [8, 9] была смоделирована ползучесть каменной наброски с включением в метод механики поведения материальных точек (частиц) моделей старения связей между ними, уменьшения либо прочности параллельных связей, либо диаметра связей.

Результаты вышеупомянутых исследований продемонстрировали, что с помощью МДЭ на основе поведения частиц можно моделировать поведение ползучести каменной наброски.

В недавних работах [10, 11] было исследовано влияние на ползучесть каменных набросок со стороны гидрологических условий и уровня напряжений.

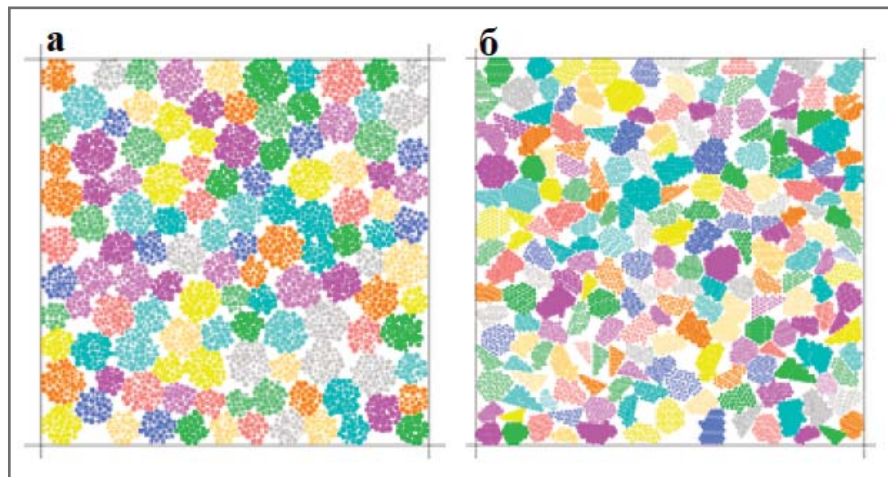


Рис. 1. Примеры смоделированных образцов каменной наброски из округлых (а) и угловатых (б) частиц

Такая важная характеристика, как форма частиц, редко изучалась на предмет ее влияния на поведение каменной наброски. Авторы публикации [12] изучали влияние формы частиц на пиковую прочность каменной наброски с помощью 3D моделирования с использованием МДЭ. Однако в предыдущих исследованиях не сообщалось о влиянии формы частиц на ползучесть набросок.

Основная цель данной статьи – изучение влияния формы частиц на ползучесть каменной наброски при разных граничных условиях.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ▶

В этой работе для двумерного моделирования поведения каменных набросок использовалась коммерческая программа Particle Flow Code 2D (PFC 2D) версии 2008 года, разработанная компанией Itasca. Чтобы имитировать разрушение частиц, обломки скального грунта можно представить в виде кластеров, состоящих из ряда еще более мелких частиц, связанных друг с другом. Использовались параллельные связи с учетом усилий на контактах и моментов в кластере.

Каждая параллельная связь имеет пять параметров: нормальную и сдвиговую жесткость, нормальную и сдвиговую прочность и радиус. Как только нормальное или сдвиговое напряжение превышает прочность связи, она разрывается и появляется микротрещина. Более подробную информацию об использованной модели связей можно найти в публикации [13].

Для моделирования ползучести каменной наброски из-за дробления частиц в работах [8, 9, 14, 15] было предложено несколько моделей старения связей. По мнению авторов публика-

ции [10], все эти модели можно использовать для имитации ползучести каменной наброски с соответствующими эмпирическими параметрами.

В представленном в настоящей статье исследовании использовалась модель старения связей, предложенная авторами работы [8], то есть снижение прочности параллельных связей со временем. Математические выражения для этой модели таковы:

$$\sigma_s^t = \begin{cases} \sigma_s^0 & \sigma_n < \beta_1 \sigma_s^0 \\ \sigma_s^0 \left[1 - \beta_1 \int_0^t \exp\left(\beta_2 \frac{\sigma_n}{\sigma_s^0} - \beta_1\right) dt \right] & \beta_1 \sigma_s^0 \leq \sigma_n \leq \sigma_s^0; \\ & \sigma_s^0 < \sigma_n \end{cases} \quad (1)$$

$$\tau_s^t = \begin{cases} \tau_s^0 & \sigma_n < \beta_1 \sigma_s^0 \\ \tau_s^0 \left[1 - \beta_1 \int_0^t \exp\left(\beta_2 \frac{\sigma_n}{\sigma_s^0} - \beta_1\right) dt \right] & \beta_1 \sigma_s^0 \leq \sigma_n \leq \sigma_s^0, \\ & \sigma_s^0 < \sigma_n \end{cases} \quad (2)$$

где σ_b^0 , σ_b^t – соответственно кратковременная и долговременная прочность при сжатии/растяжении (нормальная прочность); τ_b^0 , τ_b^t – соответственно кратковременная и долговременная прочность при сдвиге (сдвиговая прочность); β_1 , β_2 , β_3 – три эмпирических параметра, которые зависят от размера частиц, их формы и свойств материала. Параметр β_1 «контролирует» величину напряжения активации. Если приложенное нормальное напряжение σ_n ниже напряжения активации $\beta_1 \sigma_b^0$, то снижение прочности не активируется. Если σ_n больше напряжения активации $\beta_1 \sigma_b^0$, но меньше кратковременной прочности, то снижение прочности активируется и тогда прочность параллельной связи уменьшается со временем согласно приведенным выше уравнениям. Когда σ_n превышает кратковременную прочность, то параллельная связь разрывается и появляется микротрещина.

Микропараметры модельных образцов каменной наброски

Микропараметр		Единица измерения	Значение
Число частиц	округлых	-	120
	угловатых	-	213
Плотность		кг/м ³	2230
Модуль деформации по контактам		ГПа	4,0
Отношение нормальной жесткости к сдвиговой		-	0,4
Коэффициент контактного трения		-	0,3
Множитель (коэффициент) радиуса параллельной связи		-	1,0
Модуль параллельной связи		ГПа	4,0
Отношение сдвиговой жесткости параллельной связи к ее нормальной жесткости		-	0,4
Средняя нормальная прочность параллельной связи		МПа	10,0
Стандартное отклонение для нормальной прочности параллельной связи		МПа	3,0
Средняя сдвиговая прочность параллельной связи		МПа	10,0
Стандартное отклонение для сдвиговой прочности параллельной связи		МПа	3,0
Эмпирические параметры	β_1	-	0,4
	β_2	-	40
	β_3	-	5×10^{-11}

В этом исследовании временной шаг при расчете деградации связи был постоянным и составлял 100 секунд.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ▶

Модельные квадратные образцы имели исходную длину стороны 200 мм. Были использованы две разные формы составляющих их частиц – округлая (предложенная в работе [10]) и угловатая (предложенная в публикации [11]) (рис. 1). Если условно назвать наибольшее расстояние между двумя точками частицы ее диаметром, то диапазон диаметров как округлых, так и угловатых частиц составил 6,82–11,18 мм (в среднем – 9,18 мм). При начальной пористости 0,3 в модели было сгенерировано 120 округлых и 213 угловатых частиц. Основные модельные микропараметры приведены в таблице. Более подробную информацию об имитации образцов можно найти в публикациях [10, 11].

После генерации образцов были смоделированы испытания на одноосное сжатие и на прямой сдвиг.

Во время одноосного сжатия боковые стенки и уровень дна были зафиксированы, в то время как верхняя поверхность перемещалась вниз с определенной скоростью для достижения желаемого уровня напряжения (рис. 2, а). Для автоматического поддержания по-

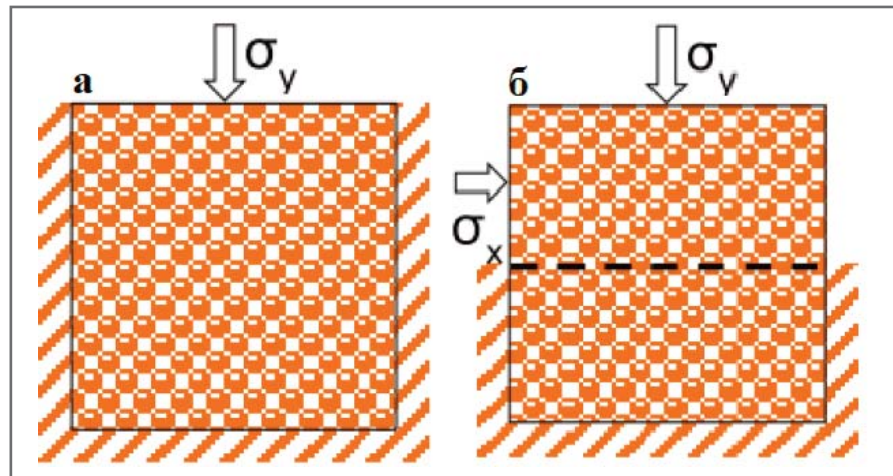


Рис. 2. Разные граничные условия при модельных испытаниях на одноосное сжатие (а) и на прямой сдвиг (б)

стоянного нормального напряжения во время развития процесса ползучести в образце использовался сервоалгоритм.

Для испытания на прямой сдвиг требуемые нормальные и сдвиговые напряжения были достигнуты путем перемещения верхнего бокса установки (рис. 2, б). Затем напряжения поддерживались постоянными с помощью сервоалгоритма. Нижний бокс был зафиксирован на протяжении всего процесса. После начала моделирования ползучести в течение всего испытания контролировались цепочки усилий, разруше-

ние частиц каменной наброски и деформации образца.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ▶**Испытания на одноосное сжатие** ▶

Нормальные напряжения, приложенные при одноосном сжатии, составляли 400, 600, 800, 1000 и 1140 кПа. Было сгенерировано 6 образцов из округлых частиц и 8 – из угловатых при различных упаковках (распределении частиц) и прочностях связей, которые были соз-

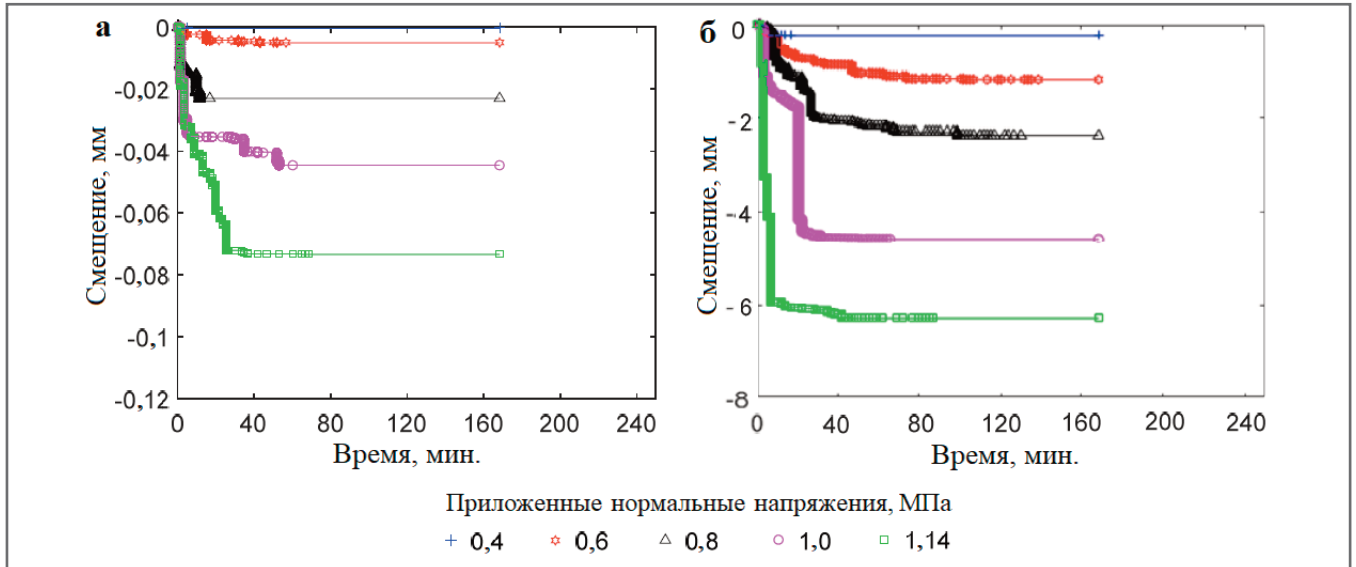


Рис. 3. Деформирование модельных образцов каменной наброски с округлыми (а) и угловатыми (б) частицами при одноосном сжатии

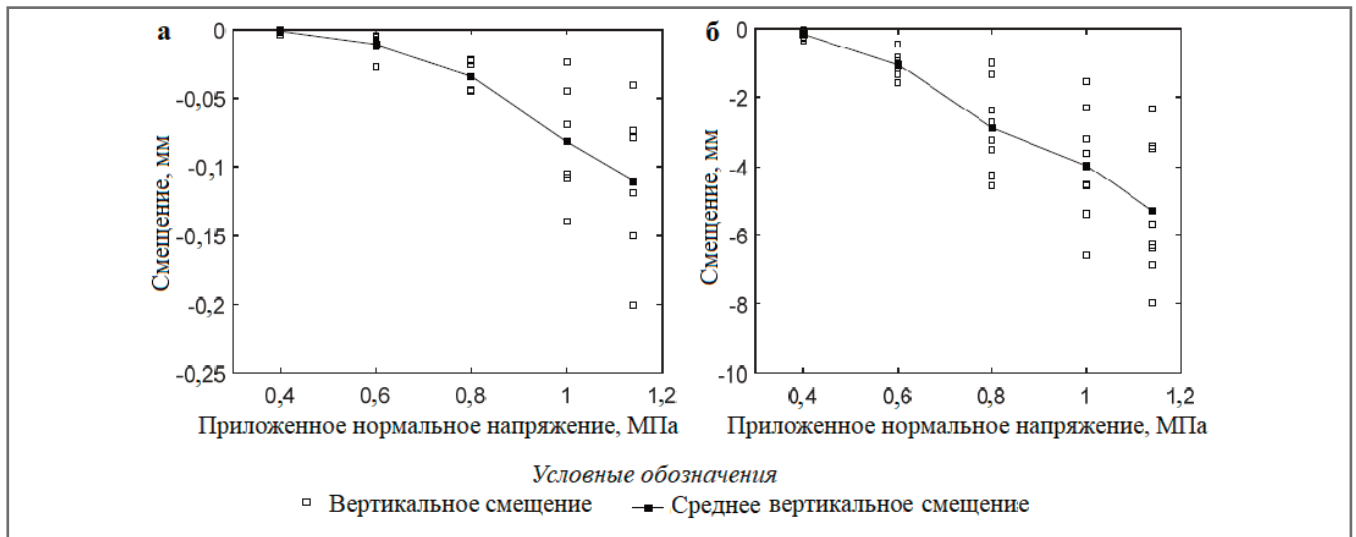


Рис. 4. Деформации ползучести при одноосном сжатии модельных образцов каменной наброски с округлыми (а) и угловатыми (б) частицами через 10 тысяч секунд приложения того или иного нормального напряжения

даны путем изменений начального значения генератора случайных чисел.

На рисунке 3 показаны типичные кривые ползучести (изменения смещений во времени) при каждом постоянном нормальном напряжении для модельных образцов каменной наброски с округлыми (а) и угловатыми (б) частицами. В обоих случаях происходило увеличение нормального смещения при росте приложенного нормального напряжения. По сравнению с образцами с округлыми частицами образцы с угловатыми частицами испытывали более сильные деформации ползучести при таком же нормальном напряжении.

На рисунке 4 сопоставлены нормальные смещения через 10 тысяч секунд воздействия приложенных напряжений. Как округлые, так и угловатые частицы показали увеличение среднего нормаль-

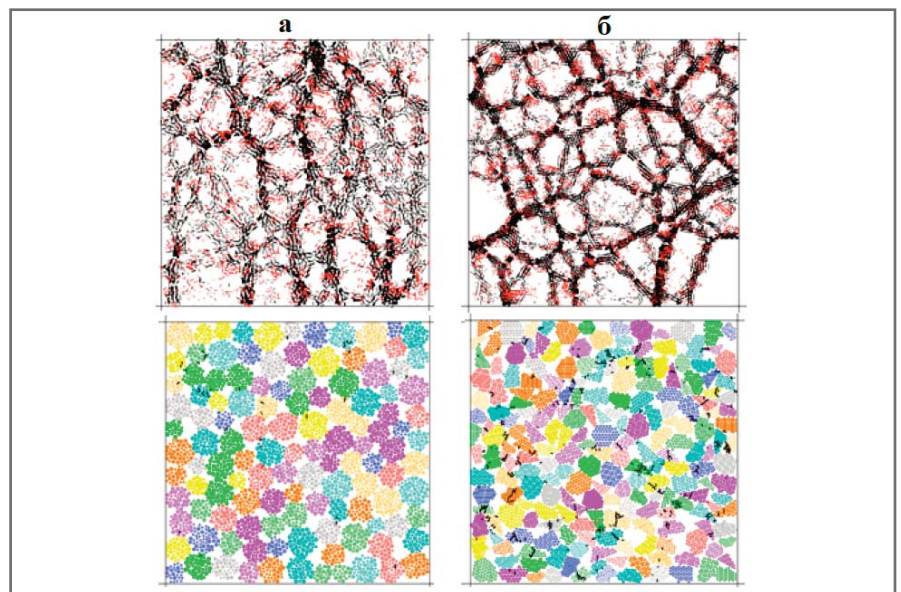


Рис. 5. Распределение сил связей (сцепления) и микротрещин при одноосном сжатии образцов каменной наброски с округлыми (а) и угловатыми (б) частицами

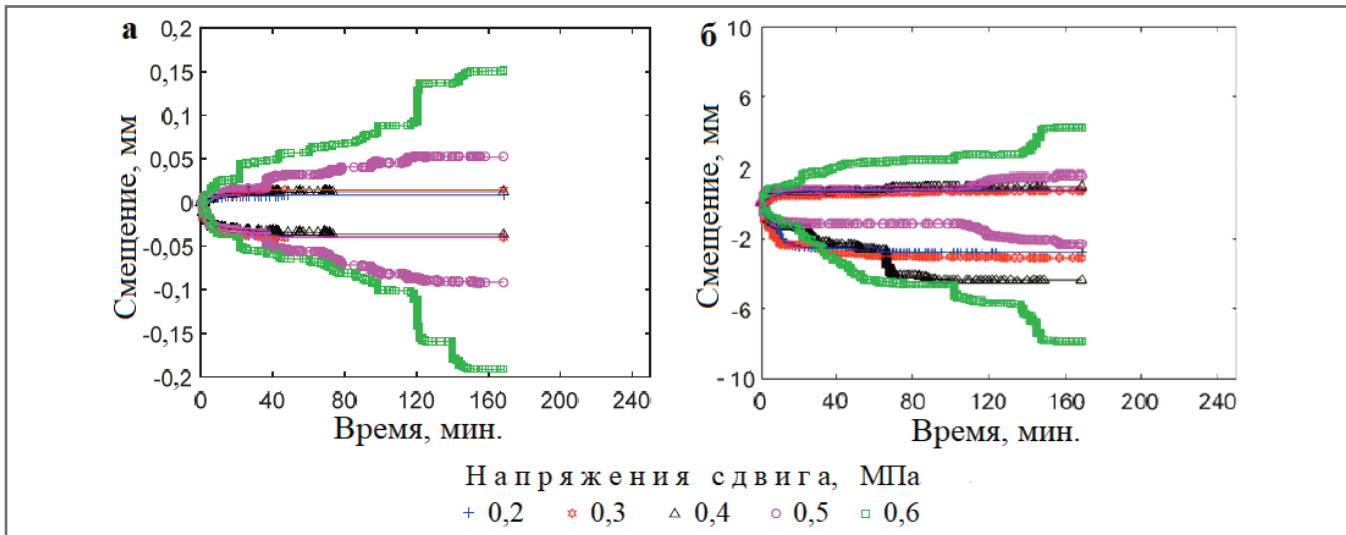


Рис. 6. Деформации образцов каменной наброски с округлыми (а) и угловатыми (б) частицами при испытаниях на прямой сдвиг

ного смещения при возрастании приложенного напряжения. Однако приращение для образцов с угловатыми частицами были более значительными.

На рисунке 5 показаны примеры распределений сил связи (сцепления) и микротрещин при нормальном напряжении 0,8 МПа. Образцы с угловатыми частицами имели более неравномерное распределение сил и подвергались большому количеству разрушений, чем образцы с округлыми частицами, что могло быть причиной более сильных нормальных смещений для образцов с угловатыми частицами.

Испытания на прямой сдвиг ▶

В случае испытания на прямой сдвиг к верхнему боксу установки прикладывалось постоянное нормальное напряжение 1,14 МПа. Напряжение сдвига варьировало от 0,2 до 0,6 МПа (интервал составлял 0,1 МПа). Как и в предыдущем случае, было смоделировано 6 образцов с округлыми частицами и 8 – с угловатыми с различными упаковками (распределением частиц) и прочностью связей (сцепления).

На рисунке 6 представлены типичные кривые развития смещений во времени при различных напряжениях сдвига. Характеристики деформаций сильно зависели от напряжения сдвига и формы частиц. Если напряжение сдвига было низким, то как нормальные, так и сдвиговые смещения быстро увеличивались, а затем оставались почти постоянными, что можно рассматривать как фазы первичной и вторичной ползучести. При высоком сдвиговом напряжении нормальные смещения были более значительными, чем сдвиговые. При этом как нормальные, так и сдви-

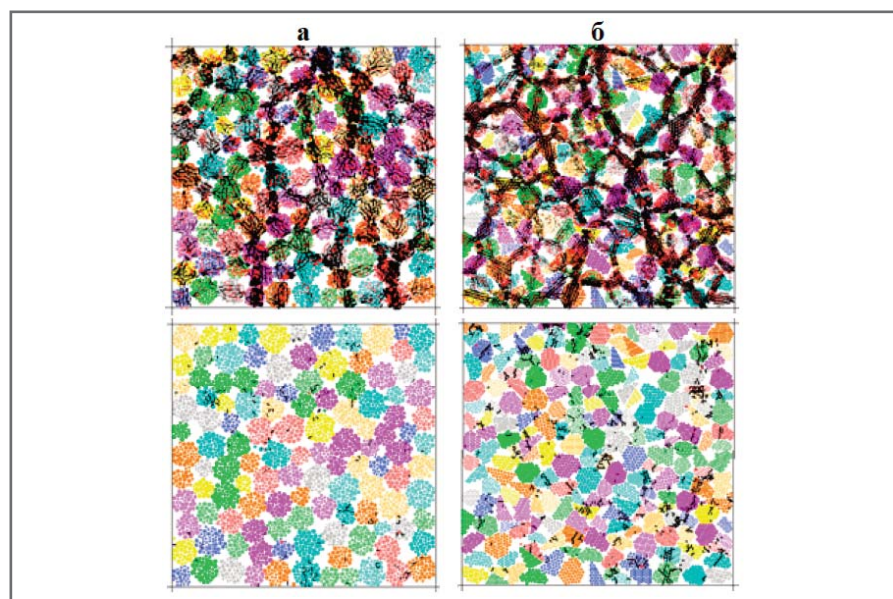


Рис. 7. Распределение сил связи (сцепления) и микротрещин в образцах каменной наброски с округлыми (а) и угловатыми (б) частицами при испытании на прямой сдвиг при напряжении сдвига 0,5 МПа

говые смещения увеличивались с ростом напряжения сдвига. Однако приращение сдвигового смещения для образцов с округлыми частицами были более значительными.

На рисунке 7 показаны примеры распределения сил связи (сцепления) и микротрещин через 10 тысяч секунд при сдвиговом напряжении 0,5 МПа. В образце с закругленными частицами силы сцепления были статистически более равномерно распределены, а микротрещины образовывались преимущественно «в углах» частиц. Однако в образце с угловатыми частицами появилось больше микротрещин, а фрагментация (дробление) частиц была более полной.

Результаты испытаний на прямой сдвиг через 10 тысяч секунд представ-

лены на рисунке 8. Как округлые, так и угловатые частицы показали увеличение среднего смещения сдвига при росте сдвигового напряжения. Однако среднее нормальное смещение, которое указывает на вызванное сдвигом сжатие (дилатансию), не проявило аналогичной тенденции для округлых и угловатых частиц. Среднее нормальное смещение угловатых частиц было почти постоянным с увеличением напряжения сдвига, тогда как нормальное смещение округлых частиц значительно возрастало с ростом напряжения сдвига. Можно полагать, что в процессе ползучести округлых частиц важную роль играет ключевая частица.

В цепочке усилий в качестве ключевой может быть определена частица,

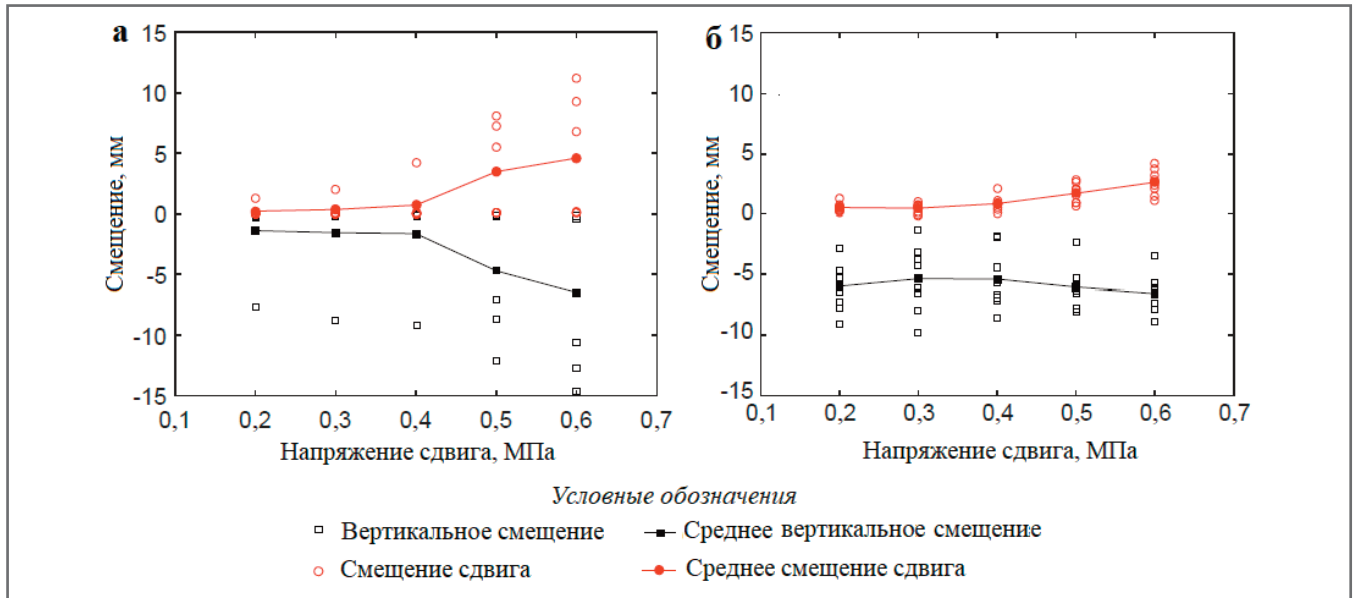


Рис. 8. Деформации ползучести при модельных образцах каменной наброски с округлыми (а) и угловатыми (б) частицами при испытании на прямой сдвиг через 10 тысяч секунд приложения сдвигового напряжения

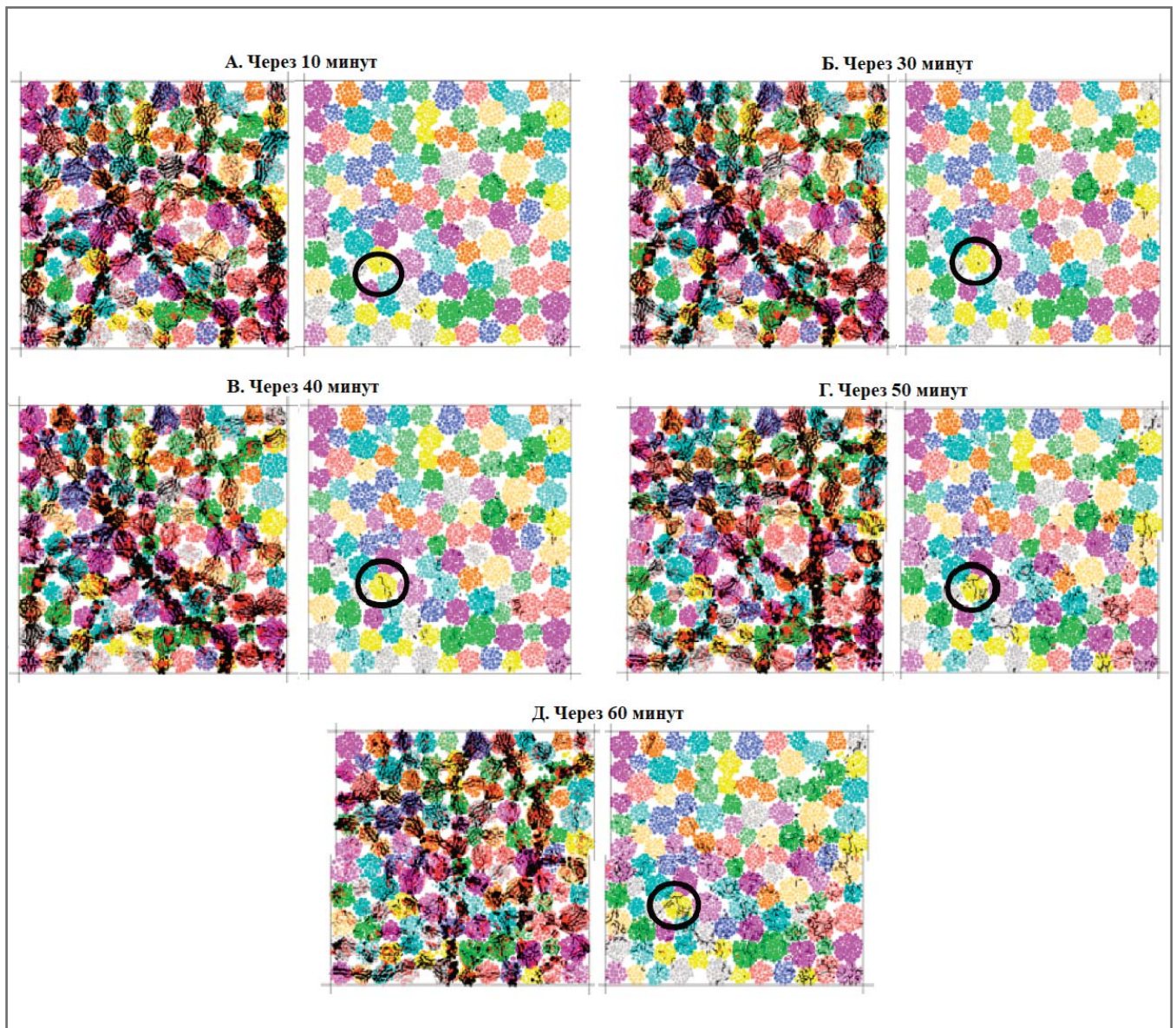


Рис. 9. Изменения в распределении сил связи и микротрещин в процессе испытания на прямой сдвиг образца с округлыми частицами при сдвиговом напряжении 0,5 МПа. Ключевая частица обведена черным овалом

разрушение которой может вызвать цепную реакцию, в конечном итоге приводящую к разрушению образца. На рисунке 9 показаны случаи того, как она работает в образце с округлыми частицами в процессе развития ползучести. Через 10 минут цепочка усилий была стабильна и появилось небольшое количество микротрещин. Через 30 минут возникла полная фрагментация, однако смещения все еще были небольшими, то есть образец еще оставался устойчивым. Через 40 минут разрушилась ключевая частица, что привело к смене цепочек усилий и в результате – к многочисленным разрушениям в следующие 10 минут.

ВЫВОДЫ ►

Было исследовано влияние формы частиц на ползучесть образцов каменных набросок с различными граничными условиями с помощью численного моделирования с использованием метода дискретных элементов. Для моделирования развития ползучести образцов была использована модель старения связей (сцепления), предложенная в работе [8]. Приведем основные выводы.

1. При одноосном сжатии нормальные смещения увеличивались при возрастании нормального напряжения. Смещения для образцов с угловатыми частицами были более значительными.

2. При испытании на прямой сдвиг как нормальные, так и сдвиговые смещения ползучести округлых частиц были больше, чем в случае угловатых частиц.

3. Ключевая частица была выявлена в образцах как с округлыми, так и с угловатыми частицами. Однако при округлых частицах она играла более важную роль. **и**

Это исследование было финансово поддержано Национальной программой фундаментальных исследований Китая (Программой 973, № контракта: 2014CB047003).

ИСТОЧНИК ДЛЯ ПЕРЕВОДА ►

(SOURCE FOR THE TRANSLATION) ►

Wang Yu., Zhao Zh., Song E. Discrete element modeling of the effect of particle shape on creep behavior of rockfills // International Journal of Geological and Environmental Engineering. WASET, 2017. Vol. 11. № 9. DOI: doi.org/10.5281/zenodo.1132286. URL: publications.waset.org/10007963/discrete-element-modeling-of-the-effect-of-particle-shape-on-creep-behavior-of-rockfills; publications.waset.org/10007963/pdf.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ АВТОРАМИ ПЕРЕВЕДЕННОЙ СТАТЬИ ►

(REFERENCES USED BY THE AUTHORS OF THE TRANSLATED ARTICLE) ►

1. Sowers G.F., Williams R.C., Wallace T.S. Compressibility of broken rock and the settlement of rockfills // Proceedings of the 6th ICSMFE. 1965. Vol. 2. P. 561–565.
2. Marsal R.J., Arellano L.R., Guzman M.A., Adame H. Infernillo: behavior of dams built in Mexico. Mexico: Instituto de Ingeniería, UNAM, 1976.
3. Oldecop L., Alonso E. Theoretical investigation of the time-dependent behaviour of rockfill // Geotechnique. 2007. Vol. 57. № 3. P. 289–301.
4. Cheng Y.P., Nakata Y., Bolton M.D. Discrete element simulation of crushable soil // Geotechnique. 2003. Vol. 53. № 7. P. 633–642.
5. McDowell G.R., de Bono J.P. On the micro mechanics of one-dimensional normal compression // Geotechnique. 2013. Vol. 63. № 11. P. 895. DOI:10.1680/geot.12.P.041.
6. Tapias M., Alonso E.E., Gili J. A particle model for rockfill behaviour // Geotechnique. 2015. Vol. 65. № 12. P. 975–994.
7. Alonso E.E., Tapias M., Gili J. Scale effects in rockfill behaviour // Geotechnique Letters. 2012. Vol. 2. № 3. P. 155–160.
8. Tran T.H., Venier R., Cambou B. Discrete modelling of rock-ageing in rockfill dams // Computers and Geotechnics. 2009. Vol. 36. № 1. P. 264–275.
9. Potyondy D.O. Simulating stress corrosion with a bonded-particle model for rock // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2007. Vol. 44. № 5. P. 677–691.
10. Zhao Z., Song E.X. Particle mechanics modeling of creep behavior of rockfill materials under dry and wet conditions // Computers and Geotechnics. 2015. Vol. 68. P. 137–146.
11. Zhou M., Song E. A random virtual crack DEM model for creep behavior of rockfill based on the subcritical crack propagation theory // Acta Geotechnica. 2016. Vol. 11. № 4. P. 827–847.
12. Zhou W., Ma G., Chang X., Zhou C. Influence of particle shape on behavior of rockfill using a three-dimensional deformable DEM // Journal of Engineering Mechanics. 2013. Vol. 139. № 12. P. 1868–1873.
13. Potyondy D.O., Cundall P.A. A bonded-particle model for rock // International journal of rock mechanics and mining sciences. 2004. Vol. 41. № 8. P. 1329–1364.
14. Silvani C., Desoyer T., Bonelli S. Discrete modelling of time-dependent rockfill behaviour // International journal for numerical and analytical methods in Geomechanics. 2009. Vol. 33. № 5. P. 665–685.
15. Kwok C.Y., Bolton M.D. DEM simulations of soil creep due to particle crushing // Geotechnique. 2013. Vol. 63. № 16. P. 1365–1376.



ИГОРЬ ДУДЛЕР: ОШИБКИ СЛУЧАЛИСЬ НЕ ТОЛЬКО НА ПЕРВЫХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

АННОТАЦИЯ

Сегодня инженерная геология как наука и инженерно-геологические изыскания как практическое применение этой науки находятся в стагнации и даже в упадке. Об этом свидетельствует целый ряд событий и фактов, наблюдаемых в течение последних 30 с лишним лет. Можно ли повернуть ситуацию вспять, вернуть профильным органам власти, заказчикам, руководителям строительных вузов понимание первоочередного значения инженерной геологии в хозяйственном освоении страны? Конечно, да. И это необходимо сделать. Потому что в противном случае аварии на важных ответственных объектах будут случаться все чаще, а стоимость и сроки строительства будут неуклонно расти с одновременным снижением надежности сооружений.

Однако это невозможно без понимания того, как все было раньше. В связи с приближающимся столетием инженерной геологии мы поговорили с одним из корифеев отрасли – Игорем Владиславовичем Дудлером, награжденным медалью имени Сергеева «За вклад в развитие инженерной геологии». Он рассказал нам об истории инженерной геологии и выдвинул ряд предложений по необходимым изменениям в этой сфере в наше время.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инженерная геология; престиж; развитие; стагнация; инженерно-геологические изыскания; проектно-изыскательские работы; подготовка специалистов; нормативные документы; экспертиза; научные исследования; практическая деятельность.

IGOR DUDLER: ERRORS OCCURRED NOT ONLY IN THE FIRST STAGES OF THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING GEOLOGY

ABSTRACT

Today, engineering geology as a science and engineering-geological surveys as the practical application of this science are in stagnation and even in decline. This is evidenced by a number of events and facts that have observed over the past 30 years or a little longer. Is it possible to reverse the situation, to return an understanding of the primary importance of Engineering Geology in the economic development of the country to the relevant authorities, customers, and heads of construction universities? Of course, yes. And this must be done. Because otherwise, accidents at important critical facilities will occur more and more often, and the cost and construction time will be steadily increasing with simultaneously decreasing the reliability of buildings and structures.

However, this is impossible without understanding how the things were before. In connection with the approaching centenary of Engineering Geology, we talked with Igor Vladislavovich Dudler who is one of the luminaries in this sphere and who was awarded by the Sergeev medal "For contribution to the development of Engineering Geology". He told us about the history of Engineering Geology and put forward a number of proposals for necessary changes in our time in this sphere.

KEYWORDS:

Engineering Geology; prestige; development; stagnation; engineering-geological surveys; design and engineering survey work; training of specialists; regulations; expertise; scientific research; practical activities.

Ред.: Евгений Михайлович Сергеев считал, что инженерная геология как самостоятельная наука сформировалась в 1930-е годы. Согласны ли Вы с этим? Какой позиции придерживаетесь Вы?

И.Д.: Я не в полной мере согласен с этим утверждением. Прежде всего отмечу, что впервые о времени появления в нашей стране инженерной геологии как науки высказался Валерий Давидович Ломтадзе. Он писал в своем учебнике 1978 года, что инженерная геология как самостоятельная область науки о Земле начала формироваться в 1929 году, когда вместо Отдела подземных вод Гидрогеологического комитета был учрежден Центральный институт гидрогеологии и инженерной геологии. В нем наряду с другими отделами был организован отдел инженерной геологии. Поэтому Валерий Давидович отмечал, что в 1979 году было 50 лет инженерной геологии как самостоятельной геологической науки. Хотя есть и некоторое противоречие: вначале Ломтадзе пишет, что в 1929 году эта наука только начала формироваться, а через несколько абзацев утверждает, что в том году она уже была самостоятельной наукой.

Совершенно очевидно, что отдел инженерной геологии, о котором писал Ломтадзе, мог появиться только после того, как возникла потребность в этой области научной деятельности, появились ученые, которые представляли основные направления формирования и развития новой геологической науки и только когда появились специалисты, имевшие начальный опыт практических работ в этом направлении. Следовательно, еще до 1929 года возникла инженерно-геологическая сфера производственной деятельности геологов.

Как наука инженерная геология формировалась на базе практики инженерно-геологических изысканий, а не теоретических наработок. Не случайно первые кафедры инженерной геологии были образованы в геолого-технических и строительных вузах, а в головном научном и учебном вузе страны МГУ имени Ломоносова такая кафедра появилась значительно позже.

Ред.: Что послужило толчком к появлению инженерной геологии?

И.Д.: Предпосылкой появления отечественной инженерной геологии явилась потребность в соответствующих знаниях и исследованиях с начала 20-х

годов прошлого века в связи с известным планом ГОЭЛРО и развитием гидротехнического строительства. Именно в те годы остро встали вопросы о выборе места возведения крупных гидроэнергетических объектов, об определении строительных свойств грунтов, составлении прогнозов их работы в основаниях сооружений, изучении геологических процессов, в том числе инициированных строительством, учете гидрогеологических условий и ряде других факторов, относимых сегодня к понятию «инженерно-геологические условия строительства».

Примерно к середине 1920-х годов не только сформировалось четкое понимание необходимости создания специализированной отрасли геологии для целей обеспечения инженерно-строительной отрасли, но и появились первые ученые и специалисты, начавшие разработку специальных технических средств и методик выполнения соответствующих исследований, а также первых пособий в этой области. Стала очевидной необходимость создания соответствующих вузовских кафедр для подготовки таких специалистов, а также научно-производственных организаций. Были начаты реальные инженерно-гео-

логические исследования. В конце 1920-х и в 1930-е годы фактически сформировались специализированные организации с сотрудниками из числа уже имевшихся ученых и других специалистов в этой сфере.

Вот почему я считаю, что 1925 год можно признать началом появления инженерной геологии в нашей стране. Подчеркну, что в настоящее время крайне важно определиться с этой датой в преддверии подготовки к 100-летию инженерной геологии – событию, крайне важному для поднятия престижа и дальнейшего развития этой науки и ее прикладных направлений.

Ред.: *Сегодня грунтоведение – часть инженерной геологии. Почему же ранее эти два направления так четко разделялись? До какого момента было это разделение?*

И.Д.: Для отечественной инженерной геологии характерно весьма динамичное развитие. Анализ позволяет выделить ряд закономерностей этого процесса с момента зарождения инженерной геологии в 20-е годы прошлого века и до настоящего времени, а также наметить некоторые приоритеты ее перспективного развития до конца XXI века.

Одной из важнейших закономерностей развития инженерной геологии является последовательное формирование и развитие ее научных направлений, в сумме отражающих комплексное и многоплановое изучение геологической среды как объекта ее исследований. Последовательность их формирования была обусловлена возникающими в строительной отрасли задачами, накоплением и осмыслением результатов инженерно-геологических исследований.

Первым стало востребованным и начало развиваться грунтоведение. Напомню, что в 1938 году в МГУ была создана кафедра грунтоведения и только позднее, в 1954 году, она стала кафедрой грунтоведения и инженерной геологии. Почему такое двойное название? На мой взгляд, потому что процесс формирования всех научных направлений инженерной геологии к этому времени еще не был завершен.

Полагаю, что правомерно выделять следующие двадцатилетние этапы формирования научных направлений инженерной геологии: 1920–1940 годы – грунтоведение; 1940–1960 годы – инженерная геодинамика; 1960–1980 годы – региональная инженерная геология; 1980–2000 годы – охрана геологической среды, которую сегодня я бы назвал

охраной и восстановлением геологической среды. Не случайно с 1986 года кафедра грунтоведения и инженерной геологии МГУ была переименована в кафедру инженерной геологии и охраны геологической среды.

К сожалению, охрана и восстановление геологической среды не были при этом выделены в отдельное научное направление инженерной геологии. Я считаю это ошибкой, которую необходимо исправить.

Считаю также ошибкой и то, что в инженерной геологии до настоящего времени не выделена в отдельное научное направление методология изучения геологической среды и производства инженерно-геологических изысканий, ибо это база для создания современных технологий инженерно-геологических изысканий и исследований. Формирование этого направления фактически проходило в 2000–2020 годы.

Но и на этом развитие научных направлений инженерной геологии не заканчивается. Полагаю, в частности, что 2020–2040 годы ознаменуются созданием такого научного направления, как инженерная геология Луны. Не исключаю, что в дальнейшем будет сформировано и такое направление, как инженерная геология планет и их спутников.

Замечу также, что традиции сильны и до сих пор специальность, по которой присуждаются ученые степени по инженерной геологии, называется «инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

Ред.: *Выделяют целый ряд специалистов, которые способствовали становлению и развитию инженерной геологии и грунтоведения. Это Фёдор Петрович Саваренский, Пётр Андреевич Земятченский, Георгий Фёдорович Мирчинк, Григорий Николаевич Каменский, Михаил Михайлович Филатов, Иван Васильевич Попов, Вениамин Васильевич Охотин, Николай Николаевич Маслов, Валерий Давидович Ломтадзе, Георгий Сергеевич Золотарев, Михаил Павлович Семенов, Леонид Дмитриевич Белый, Виктор Александрович Приклонский, Борис Михайлович Гуменский, Пантелеймон Николаевич Панюков, Николай Яковлевич Денисов, Николай Васильевич Коломенский, Сергей Сергеевич Морозов, Генрих Кондратьевич Бондарик, Ирина Михайловна Горькова, Николай Александрович Цытович и другие. Вспомните, пожалуйста, что-нибудь о них. Что это были за люди, как они работали, какие зада-*

чи решали, какое влияние оказали на инженерную геологию?

И.Д.: Мне посчастливилось учиться у выдающихся ученых и корифеев науки, а позднее – работать и общаться со многими из них. Отмечу ряд общих принципиальных позиций, характеризующих их деятельность в прошлом веке, которой я не перестаю восхищаться.

Прежде всего, ученые тех поколений были беспредельно преданы выбранной ими науке. Перефразируя известное выражение знаменитого театрального режиссера Константина Сергеевича Станиславского, можно было бы сказать, что «они любили не себя в инженерной геологии, а инженерную геологию в себе». Они просто не мыслили себя вне постоянной работы в этой области. Приведу лишь один пример. Речь пойдет о докторе геолого-минералогических наук Николае Ивановиче Кригере. Так сложилось, что этот человек, окончивший лишь три класса церковно-приходской школы, смог стать известным ученым, посвятившим себя изучению лёссов и лёссовидных грунтов. В 1968 году благодаря инициативе профессора Николая Яковлевича Денисова и поддержке профессора Евгения Михайловича Сергеева Кригер блестяще защитил кандидатскую диссертацию, которая была оценена как докторская, и ВАК СССР присвоил ему ученую степень доктора геолого-минералогических наук. Николай Иванович не один раз говорил мне: «Для меня научная работа – это жизнь, нужно только вовремя перекусить – и скорее за рабочий стол». Однажды я спросил его, большая ли у него библиотека, в частности сколько у него книг по гидрогеологии (для меня тогда это было актуально). Практически не задумываясь, он ответил, что по гидрогеологии у него «три с половиной погонных метра». И я убедился в этом, когда побывал у него дома – вся небольшая квартира была в книжных стеллажах! Причем на каждую книгу была заведена карточка с краткой информацией.

Безусловно, важнейшую роль в развитии инженерной геологии играли тесные творческие контакты между учеными, в том числе из разных научных школ и организаций. При этом, несмотря на различие подходов к тем или иным вопросам, они часто дискутировали, открыто отстаивали свои позиции, но не прерывали творческие контакты, считая их крайне важными. Я, например, неоднократно был свидетелем таких дискуссий между Николаем Яков-

левичем Денисовым и Марком Юрьевичем Абеlevым, Денисовым и Михаилом Наумовичем Гольдштейном.

Примечательно, что такие контакты сохранялись и между учеными, представлявшими смежные направления, в том числе инженерную геологию и геотехнику. Например, доктор геолого-минералогических наук, профессор Николай Яковлевич Денисов являлся членом президиума НАМГиФ СССР [Национальной ассоциации СССР по механике грунтов и фундаментостроению, которая ныне называется Российским обществом по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению, РОМГиФ]. Замечу, что и в настоящее время в этой организации много известных ученых в области инженерной геологии, например Регина Эдуардовна Дашко, Алексей Георгиевич Шашкин, Михаил Васильевич Леоненко, Константин Шагенович Шадунц, Лидия Тарасовна Роман и другие.

В 1965 году по рекомендации Денисова, поддержанной Юрием Григорьевичем Трофименковым (также являвшимся членом президиума НАМГиФ), я был принят в эту организацию. Горжусь, что в нынешнем веке РОМГиФ наградило меня медалью имени Николая Михайловича Герсеванова.

Вспоминаю, как на одной из научных конференций, проводившихся институтом «Гидропроект» в Ленинграде, доктор геолого-минералогических наук, профессор Игорь Сергеевич Комаров на мой вопрос о том, почему он присутствует на конференции без доклада, ответил: «Надо держать руку на пульсе, чтобы не отстать и двигаться вперед».

Они держали руку на пульсе!

Примечательно, что творческое общение ученых нередко проходило в виде своеобразных консилиумов или «мозговых штурмов» при коллективном поиске решения актуальной задачи. Мне довелось принять участие в одном из них в период обучения в аспирантуре. Однажды, кажется в 1962 году, мой научный руководитель Николай Яковлевич Денисов позвонил мне и предложил явиться в назначенное время на совещание в МАДИ [Московский автомобильно-дорожный институт, ныне – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет]. Я спросил о том, что это за совещание. «Совещание по проблеме “Л”», – ответил Денисов и положил трубку. Конечно же, я приехал в МАДИ. Совещание проходило в кабинете проректора по научной работе и заведующего кафедрой изыс-

каний и проектирования автомобильных дорог, профессора Валерия Федоровича Бабкова. Кроме него присутствовали профессор Николай Николаевич Маслов из МАДИ, Игорь Иванович Черкасов из МИИТ [Московского института инженеров транспорта, ныне – Российского университета транспорта, РУТ], Георгий Иосифович Покровский из Военно-воздушной академии имени Николая Егоровича Жуковского, Николай Яковлевич Денисов из МИСИ [Московского инженерно-строительного института, ныне – Московского государственного строительного университета, МГСУ]. Обсуждались вопросы, связанные с методами установления особенностей лунного грунта (позднее названного реголитом) с помощью разрабатывавшегося в то время отечественного лунохода. Черкасов выдвинул идеи о том, как определить, какой грунт на Луне (сыпучий или глинистый пластичный) и как можно дистанционно оценить его крупность. Для этого предлагалось произвести сдвиг грунта выдвижным штоком и, отодвинув шток, посмотреть, образовался ли угол естественного откоса у обрушившегося грунта или осталась вертикальная стенка, а также сфотографировать следы перемещаемого по поверхности Луны цилиндра с закрепленной на нем проволокой разной толщины. Это предложение было поддержано Денисовым и Масловым. Денисов неожиданно предложил дать слово мне, своему аспиранту, для сообщения о полученных к тому времени данных исследований грунтов методом динамического (ударного) зондирования, который еще не получил широкой известности. Я сделал краткое сообщение и высказал мнение, что этот метод может оказаться эффективным для исследований плотности и прочности лунного грунта. Меня поддержали Денисов, Бабков (который через два года был официальным оппонентом по моей кандидатской диссертации). Поддержал и Покровский, который сказал, что «только погружать зонд будем не молотом, а пневматическим методом». Со временем эти предложения были доработаны конструктивно, испытаны на Земле и реализованы непосредственно на Луне.

Должен сказать, что и в более позднее время (в 1980-е годы) имело место совместное участие ученых разных организаций в решении актуальных задач. В качестве примера приведу Комплексную целевую программу Правительства СССР «Строительство на намывных территориях». Руководителями иссле-

дований, проводившихся по данной программе, являлись: Павел Александрович Коновалов из НИИОСП [Научно-исследовательского, проектно-испытательского и конструкторско-технологического института оснований и подземных сооружений имени Герсеванова], Петр Леонтьевич Иванов из Ленинградского политехнического института, Евгений Федорович Винокуров из Белорусского политехнического института, Иван Владимирович Финаев из Нижегородского архитектурно-строительного института, Степан Авксентьевич Слюсаренко из Киевского строительного института, Семён Яковлевич Кушнир из Тюменского инженерно-строительного института, Игорь Владимирович Дудлер из МИСИ-МГСУ.

Можно привести еще целый ряд аналогичных программ, в которых активно участвовали ученые ряда вузов и производственных организаций.

Важнейшим делом многие из ученых того поколения считали участие в международных форумах, а также личные творческие контакты с известными зарубежными учеными. С одной стороны, это позволяло им быть в курсе научных достижений в других странах, а с другой – отстаивать свои позиции и пропагандировать достижения отечественной науки. Должен отметить, что такие контакты в середине прошлого века были достаточно смелыми. Проиллюстрирую это хорошо известным мне примером из научной деятельности моего учителя профессора Денисова (отмечу, что в посмертном издании его трудов «Природа прочности и деформации грунтов» есть вводные статьи Кригера и моя). Так вот Денисов получил выговор от партийной линии за «космополитизм, преклонение перед Западом». Но он всегда был предельно объективным и корректным, часто споря с известными зарубежными учеными. При этом он переписывался со многими из них (у меня была возможность прочесть эту переписку): с Чебатарёвым из США, Керизелем из Франции, Розенквистом из Норвегии, Земаном из Канады, Дженингсом из ЮАР, Балли из Румынии, У Биен Куном из Китая, Стефановым из Болгарии, Шукле из Польши и другими.

К принципиально значимой особенности деятельности ученых того поколения следует отнести их активное участие в работе ведущих научно-производственных и производственных организаций. Например, в институте «Гидропроект» активно работали доктора геолого-минералогических наук

Яков Львович Коган, Александр Александрович Варга, Игорь Алексеевич Парабучев, Лев Александрович Молоков, Артамон Григорьевич Лыкошин (возглавлявший инженерно-геологическую службу). В научно-исследовательском секторе «Гидропроекта» активно работала Радина, открывшая истинную природу песков-плывунов.

В ПНИИИС Госстроя СССР работали доктор геолого-минералогических наук Владимир Викторович Баулин, Ирина Михайловна Горькова, Рэм Сабирович Зиангиров.

Ученые того времени активно участвовали и в работе ряда других производственных и научно-исследовательских организаций – ВСЕГИНГЕО [Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии], «Фундаментпроекта» и других.

Чрезвычайно важным делом многие из них считали участие в экспертизе практически всех проектов крупных строительных объектов. Хорошо помню участие Николая Яковлевича Денисова в создании мемориала на Мамаевом кургане в Волгограде, которое получило высокую оценку скульптора Вучетича.

Очень ярким для меня был пример Леонида Дмитриевича Белого, поистине ведущего эксперта по инженерно-геологическим вопросам проектирования и строительства всех крупных гидротехнических сооружений в нашей стране. Именно Белый приобщил меня к экспертной работе, в том числе по линиям «Гидропроекта», Минэнерго СССР, Госстроя СССР, Госплана СССР. Эта работа была для меня отличной школой и вместе с тем давала обширный материал для оперативного использования в педагогической работе. Впоследствии этот опыт мне очень пригодился при экспертной работе в составе Городской экспертно-консультативной комиссии по основаниям и подземным сооружениям при Правительстве Москвы.

Замечу, что многие из названных мной ученых являлись участниками Великой Отечественной войны и были награждены орденами и медалями – например, Сергеев, Кригер, Комаров, Покровский, Попов, Черкасов, Финаев и другие.

Естественно, ученые, о которых я говорил, были разными по характеру и темпераменту, но, пожалуй, всех их отличали преданность науке, педагогический талант, уважение к коллегам, доброжелательное отношение к своим ученикам и мотивирование их к самостоятельности в научной работе.

Ред.: В трудах Евгения Михайловича Сергеева часто приходится сталкиваться с упоминанием задач, которые должна решать инженерная геология. Например, таких как борьба с локальными понижениями поверхности, уменьшение негативного влияния человека на окружающую среду и так далее. Всегда ли все это удавалось? Часто ли случались ошибки, особенно на первых этапах развития инженерной геологии?

И.Д.: Конечно же, не все выдвигаемые задачи решались. Ошибки случались не только на первых этапах развития инженерной геологии. Основными причинами были (и остаются, к сожалению): недооценка руководящим составом строительной отрасли значимости инженерной геологии, низкий уровень подготовки строителей в области инженерной геологии и ряд других факторов.

В качестве примера ошибок приведу недооценку наличия в основании Ровенской АЭС (глубже 25 м) толщи карстованных пород, что привело к аварии при строительстве 4-го энергоблока, деформациям сооружений первых очередей и огромным затратам на решение возникших проблем.

Другой пример – размещение плотины Рогунской ГЭС на тектоническом разломе, заполненном каменной солью. В результате пришлось существенно снизить высоту плотины и провести дорогостоящие мероприятия по инженерной защите.

Масса ошибок в строительстве на территории Москвы в период с конца 1990-х и до начала 2000-х годов была связана с неудовлетворительными техническими заданиями на изыскательские работы, некачественными инженерно-геологическими изысканиями и недоучетом проектировщиками изыскательской информации.

Хотя Сергеев обоснованно выдвинул задачу охраны геологической среды, ее решению не было уделено должного внимания. В частности, была недооценена задача очистки геологической среды от загрязнений. В этой связи я считаю, что до настоящего времени не восприняты как следует идеи и рекомендации, приведенные в монографии «Геопургология: очистка геологической среды от загрязнений» [В.А. Королев, М.А. Некрасова, С.Л. Полищук, 1997]. Удивляет, что хотя в 1986 году кафедра грунтоведения и инженерной геологии была переименована в кафедру инженерной геологии и охраны геологической среды, охрана геологической сре-

ды не была выделена в отдельное научное направление инженерной геологии, что негативно отразилось на внимании к этой проблеме.

Недостаточно внимания уделялось и проблеме локальных понижений земной поверхности. Как показали последние исследования, понижения территорий крупных мегаполисов во многих странах, вызванные главным образом многолетними откачками подземных вод, достигают опасных размеров. Этому, в частности, посвящена статья, написанная мною совместно с Викторией Викторовной Фуниковой и опубликованная в 2022 году в журнале «Геозология. Инженерная геология. Гидрогеология, Геоэкология».

Ред.: В связи с чем в 1964 году возник вопрос о выводе инженерной геологии из состава преподаваемых в университетах дисциплин как науки прикладного цикла и переводе ее в строительные институты?

И.Д.: Полагаю, что на этот вопрос наиболее точный ответ могут дать Виктор Иванович Осипов и Виктор Титович Трофимов. Я считаю, что это было ничем не оправданная попытка вмешательства в подготовку специалистов. Никакой необходимости переводить инженерную геологию в строительные институты не было, так как подавляющее большинство из них уже имело кафедры инженерной геологии (в некоторых строительных институтах они назывались кафедрами инженерной геологии, оснований и фундаментов или инженерной геологии, механики грунтов и фундаментов). Но строительные вузы не выпускали и не выпускают специалистов по инженерно-геологическим и другим видам инженерных изысканий. Это прерогатива специализированных вузов, в данном случае геологических.

Евгению Михайловичу Сергееву в свое время удалось не допустить вывода инженерной геологии из МГУ и других геологических вузов прежде всего благодаря его огромному авторитету. В то время (в 1964–1978 годы) он был первым проректором МГУ, с 1966 года – членом-корреспондентом Академии наук СССР, с 1979 года – академиком Академии наук СССР. Сергеев также известен как участник Великой Отечественной войны. И ему удалось сохранить инженерную геологию не только в МГУ, но и в большинстве геологических вузов во всех регионах страны.

Написавшая воспоминания о Сергееве Валентина Сергеевна Шибакова

права в том, что жизнь доказала правоту Сергеева, так как без развития инженерной геологии и подготовки таких специалистов, как инженеры-геологи, невозможно было бы решать задачи грандиозного строительства в стране, в том числе в сложных инженерно-геологических условиях.

Ред.: *Можно ли говорить об упадке инженерной геологии в настоящее время?*

И.Д.: Инженерная геология особенно бурно развивалась с 50-х годов прошлого века и достигла пика своего развития к началу 1980-х годов. А уже через 10 лет ее престиж и развитие начали постепенно падать.

Сегодня я бы говорил скорее о стагнации, за которой обычно следует упадок, способный привести инженерную геологию к предкризисному состоянию. Речь идет и об инженерной геологии в целом, и об уровне инженерно-геологических изысканий в частности. Об этом свидетельствует целый ряд событий и фактов, наблюдаемых в течение последних 30 с лишним лет. Перечислю наиболее существенные из них с моей точки зрения.

Нарушилась и, по существу, прекратилась координация работ в области инженерной геологии.

Практически ликвидирован ряд научных и научно-производственных организаций, являвшихся лидерами в данной области (ПНИИИС, ВСЕГИНГЕО и так далее).

Уже нет соответствующих специализированных отделов и секторов (например, существовавших в институте «Гидропроект») в крупных производственных организациях, занимающихся инженерно-геологическими проблемами.

Давно нет крупных «прорывных» разработок в теории и практике инженерной геологии, в частности направленных на создание нового поколения технических средств (приборов и оборудования) для производства изыскательских работ.

Более 35 лет прошло со дня последнего крупного форума (съезда) в стране, на котором обсуждались приоритетные вопросы инженерной геологии. А локальные форумы, такие как «Сергеевские чтения», конференции в МГУ, МГСУ и другие, не имеют федерального значения.

Отсутствует взаимодействие между учеными в области инженерной геологии и в области геотехники и строительства, хотя последние являются непо-

средственными заказчиками и потребителями инженерно-геологической информации.

Снизилось представительство от инженерной геологии в Российской академии наук (в прошлом веке в Академии наук СССР было два ученых из этой сферы, а сейчас – только один академик в отделении экологии РАН).

Нет крупных целевых программ Правительства РФ с участием ученых и других специалистов в области инженерной геологии (а такие были в прошлом веке).

Ведущие ученые по инженерной геологии после 2000-х годов, за редким исключением, практически не участвуют в разработке нормативных документов по инженерно-геологическим изысканиям, уровень которых, мягко говоря, не повысился, а заметно снизился после их так называемой актуализации.

Далеко не оптимальна ситуация со специальными журналами, которая не обсуждалась инженерно-геологической общественностью. Замечу, что с 1979 до 1993 года выходил тиражом более 2000 экземпляров основанный Сергеевым журнал «Инженерная геология», охватывавший широкий спектр научных и практических вопросов инженерной геологии. В 1993 году он был преобразован в журнал научной направленности «Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология». Естественно, инженерная геология теперь не занимает в нем ведущего положения, к тому же он издается небольшим тиражом (порядка 200–300 экземпляров). Созданный «Геомаркетингом» комплект из четырех журналов («Геориск», «Инженерная геология», «Инженерные изыскания», «Геотехника») при многих его положительных моментах не концентрирует внимание на взаимосвязи поднимаемых проблем, как было в сергеевском журнале «Инженерная геология».

Не улучшается подготовка специалистов, работающих в сфере проектно-изыскательских работ. Как я уже отмечал, в строительных вузах снижено внимание к подготовке будущих строителей в области инженерной геологии. Даже в головном строительном вузе страны ликвидирована кафедра инженерной геологии и отменена геологическая практика студентов, обучаемых на новой кафедре по инженерным изысканиям и геоэкологии.

На смену крупным изыскательским организациям с сильными отделами инженерно-геологических изысканий,

оснащенными необходимым оборудованием для ведения полевыми работ, пришли многочисленные фирмы, часто не имеющие собственных технических средств, предназначенных для этих работ. Упор делается не на творческие исследования, не на достижение высокого уровня и технико-экономической эффективности изысканий, а на выполнение возможно большего объема дорогостоящих работ в коммерческих интересах фирмы.

Этот перечень, к сожалению, можно было бы продолжить.

Замечу, что уже давно не только в средствах массовой информации практически не упоминаются инженерная геология и инженеры-геологи, но даже в строительной отрасли обычно говорят о геологии, геологических условиях, геологах, забыв, что именно инженерно-геологическая информация является приоритетной для строительства.

Падение престижа инженерной геологии обусловлено не только совокупностью объективных причин, вызванных развалом СССР и последующими известными процессами. Определенная доля вины лежит непосредственно на инженерно-геологическом сообществе ученых и других ведущих специалистов в области инженерной геологии.

Ред.: *Что, на Ваш взгляд, необходимо предпринимать для подъема инженерно-геологической науки? Какие перспективы развития Вы видите?*

И.Д.: Приоритетной задачей считаю поднятие престижа инженерной геологии. Сразу отмечу, что решение этой задачи потребует значительных и достаточно длительных, возможно в течение нескольких лет, усилий. Это окажется возможным в современных условиях только при реализации целого комплекса мер. С моей точки зрения, требуется следующее.

Во-первых, необходимо организовать специальное обсуждение данной проблемы широким кругом ученых и других специалистов, представляющих все соответствующие ведущие академические, научные, вузовские и производственные организации из разных регионов России. Такое обсуждение могло бы быть проведено на тщательно подготовленном расширенном заседании научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в целях выработки «дорожной карты» действий, определения приоритетных мероприятий. На этом расширенном заседании целесообразно при-

нять специальное решение по подготовке к 100-летию инженерной геологии, наметив комплекс специальных мероприятий.

Во-вторых, следует основать фонд имени академика Сергеева для финансового обеспечения необходимого менеджерского, юридического, экономического и других видов организации и сопровождения намечаемых мероприятий.

В-третьих, необходимо создать профессиональное общество или ассоциацию по инженерной геологии в качестве организации, представляющей и в известной мере защищающей научную и практическую деятельность ученых и других специалистов в области инженерной геологии. Надо также предусмотреть создание региональных отделений этой организации. При этом замечу, что имеющаяся в нашей стране Российская группа МАИГ [Международной ассоциации по инженерной геологии] не компетентна в решении всего комплекса этих задач. Отмечу также, что в 2016 или 2017 году на очередных «Сергеевских чтениях», после выступления академика Осипова, поставившего вопрос о создании такой ассоциации, по предложению профессора Евгения Арнольдовича Вознесенского было принято постановление считать данный форум соответствующим учредительским собранием. К сожалению, дальше этого дело не пошло из-за сложностей с решением организационных, финансовых и юридических вопросов.

В-четвертых, нужно организовать и провести Первый всероссийский съезд по инженерной геологии как одно из

приоритетных мероприятий среди их комплекса, направленного на поднятие престижа инженерной геологии (замечу, что подобного форума в нашей стране не проводилось уже в течение более 35 (!) лет – со времени проведения в 1988 году Первого всесоюзного съезда инженеров-геологов, гидрогеологов и геокриологов). Считаю крайне важным говорить на этом съезде не только об инженерной геологии как о науке, но и поднимать на щит ее практическую значимость для многих областей хозяйства страны, акцентируя внимание на научной и научно-практической сферах инженерно-геологической деятельности. В частности, там могли бы быть утверждены решения, связанные с организацией Всероссийской ассоциации по инженерной геологии. Такой съезд, несомненно, имеет все основания, в том числе юридические, принять решения, адресуемые соответствующим министерствам и ведомствам. Также считаю целесообразным приурочить его проведение к 100-летию инженерной геологии. Как я уже говорил, вопрос о дате его проведения надо решить на расширенном заседании научного совета РАН.

В-пятых, надо выдвинуть от имени Всероссийской ассоциации по инженерной геологии одного-двух кандидатов в члены-корреспонденты РАН по геологическому (а не экологическому) отделению академии. Целесообразно приурочить это выдвижение к 100-летию инженерной геологии, а окончательное утверждение этой даты (года) соотносить со временем ближайших выборов в члены-корреспонденты РАН.

В-шестых, для поднятия престижа инженерной геологии, ускорения ее развития и повышения эффективности ее использования в практической деятельности необходимо предусмотреть следующее.

Надо организовать широкое и регулярное информирование общественности о достижениях и значимости инженерной геологии, создав с этой целью информационный центр при Всероссийской ассоциации по инженерной геологии.

Необходимо осуществлять взаимодействие и координацию работ со смежными организациями, в том числе с Министерством образования и науки РФ, РОМГТиФ, РААСН [Российской академией архитектуры и строительных наук] и другими, создав координационный центр при Всероссийской ассоциации по инженерной геологии.

Данный перечень можно было бы продолжить, поднимая вопросы, требующие изменений в сфере высшего образования в области инженерной геологии; материально-технического обеспечения исследований (реанимации НИИ, КБ, заводов по изготовлению приборов и оборудования); создания нового журнала «Инженерная геология – теория и практика»; разработки нового поколения нормативных документов по инженерным изысканиям; поднятия уровня экспертизы в сфере инженерно-геологических изысканий. **h**

*Беседовал
Виктор Николаевич Ананко*

Телеграм-канал журнала

Независимый электронный журнал

ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>

Здесь может быть ваша
РЕКЛАМА



Рекламная статья в журнале – **35 000** рублей.

В каждую статью могут быть добавлены любые дополнительные материалы: каталоги оборудования, прайсы, фотографии, видеоролики, демоверсии программ и пр.

Логотип в разделе «Спонсоры проекта» в правой колонке – **35 000** рублей в месяц.

Все наши спонсоры получают свою персональную страницу на сайте журнала, где размещается информация о компании-спонсоре, все статьи ее сотрудников, опубликованные в журнале «ГеоИнфо» или в Базе знаний, а также любые дополнительные материалы (каталоги, буклеты, видео).

Коллеги и друзья! Наше с Вами рекламное сотрудничество будет взаимовыгодным. Вы получите отличную площадку для лоббирования своих интересов, а мы – возможность и дальше развивать проект, бороться за интересы отрасли инженерных изысканий и помогать профессионалам.

WWW.GEOINFO.RU



ОСНОВЫ СТРАТЕГИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В XXI ВЕКЕ

ДУДЛЕР И.В.

Член Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, к. т. н.

ПАСКАННЫЙ В.И.

Президент Ассоциации «Центризыскания», председатель комитета по инженерным изысканиям НОПРИЗ

ВОЗНЕСЕНСКИЙ Е.А.

Директор Института геоэкологии РАН, д. г.-м. н.

ЛАВРУСЕВИЧ А.А.

Член Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, д. г.-м. н.

АННОТАЦИЯ

Современные вызовы и перспективы развития строительной отрасли России в XXI веке требуют адекватного развития инженерных изысканий, призванных обосновывать проектные решения и обеспечивать строительные объекты надежной изыскательской информацией на всех этапах их жизненного цикла. В этой связи необходимо развитие стратегии и тактики инженерных изысканий на основе их комплексного обеспечения (научно-технического, кадрового, материально-технического, финансового, нормативного и экспертного).

Представленные в этой статье обобщения и рекомендации, а также подготовленные авторами предложения, будут способствовать решению приоритетных и перспективных задач при реализации стратегии инженерных изысканий в строительной отрасли страны в XXI веке.

Данная публикация подготовлена на основе доклада, сделанного на Российском форуме изыскателей в 2023 году.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

строительная отрасль; инженерные изыскания; стратегия; тактика; комплексное обеспечение; обоснование проектных решений; прорывные технологии; профессиональная подготовка.

FUNDAMENTALS OF THE ENGINEERING SURVEY STRATEGY IN THE 21ST CENTURY

DUDLER I.V.

A member of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on Problems of Geocology, Engineering Geology and Hydrogeology, Ph.D.

PASKANNYY V.I.

The president of the Association "Tsentrizyskaniya", the chairman of the Engineering Survey Committee of the National Association of Designers and Engineering Surveyors (NOPRIZ)

VOZNESENSKIY E.A.

Director of the Institute of Geocology of the Russian Academy of Sciences, D.Sc.

LAVRUSEVICH A.A.

A member of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on Problems of Geocology, Engineering Geology and Hydrogeology, D.Sc.

ABSTRACT

The modern challenges and prospects for the development of the Russian construction industry in the 21st century require adequate development of engineering surveys needed for justifying design solutions and providing construction projects with reliable survey information at all the stages of their life cycle. In this regard, it is necessary to develop the strategy and tactics of engineering surveys on the basis of the comprehensive (scientific-technical, human resourcing, logistical, financial, regulatory, and expertizing) support of them.

The generalizations and recommendations presented in this article, as well as the authors' proposals will help solve priority and long-term problems in the implementation of the engineering survey strategy in the Russian construction industry in the 21st century.

This publication was prepared on the basis of the corresponding report made at the Forum of Russian Engineering Surveyors in 2023.

KEYWORDS:

construction industry; engineering surveys; strategy; tactics; comprehensive support; design decisions justification; breakthrough technologies; professional training.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В XXI ВЕКЕ ►

Первые десятилетия XXI века ознаменовались бурным развитием строительной отрасли в нашей стране. В свете современных вызовов и намечаемых перспектив ее развития в ближайшие десятилетия предстоит:

- осуществить прогрессирующий рост объемов строительства во всех регионах РФ, в том числе в регионах с существенно различающимися природными условиями, включая сложные климатические, геологические и геодинамические условия, в том числе в зонах многолетней мерзлоты;
- обеспечить расширение территорий мегаполисов и крупных городов, реализовать начинающуюся программу формирования агломераций из средних и малых городов;
- многократно развить строительство линейных сооружений, в том числе нефтяных и газовых трубопроводов, линий электропередачи, автомобильных дорог со строительством объектов инфраструктуры вдоль их трасс;
- существенно увеличить темпы ведения строительных работ, сократить стро-

ки ввода строительных объектов в эксплуатацию, в том числе особо опасных и технически сложных, а также подземных сооружений и объектов со значительным заглублением (до 100 м и более);

- реализовать прорывные строительные технологии, в том числе на основе технологий информационного моделирования (ТИМ, англ. – BIM);
- значительно повысить требования к надежности, экономичности и качеству строительных объектов с обеспечением безопасного и устойчивого развития застроенных территорий;
- активизировать строительные работы для восстановления и охраны памятников истории и культуры, музеефикации природных и археологических объектов;
- провести поисковые исследования и подготовку к производству строительных работ на Луне и в перспективе на Марсе.

Возрастание объемов строительства, уровня сложности строительных объектов и темпов из возведения, повышение требований к надежности, качеству, экологической безопасности, экономической эффективности строительных объектов, в том числе ускорению цикла проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ для более быстро-

го ввода объектов в эксплуатацию – все это предъявляет *повышенные требования к уровню изыскательского обоснования и обеспечения строительства.*

Необходимо учитывать дополнительные сложности этих работ в условиях глобального изменения климата, более частых и интенсивных наводнений, подтоплений, оползней, селей и других геодинамических процессов, проседания территорий крупных городов и мегаполисов (главным образом из-за чрезмерно высоких объемов откачки подземных вод), техногенного загрязнения всех компонентов природной среды.

Выявленное в последние годы ответственными и зарубежными учеными прогрессирующее развитие опасных природных и природно-техногенных процессов обуславливает необходимость их учета при инженерных изысканиях и обоснования своевременных мероприятий инженерной защиты строительных объектов и застроенных территорий, причем как в штатных условиях их функционирования, так и в чрезвычайных ситуациях.

Указанные выше перспективы развития строительной отрасли в предстоящие десятилетия в отмеченных слож-

Таблица 1.

Приоритетные и перспективные стратегические направления инженерных изысканий (ИИ) на период до 2040–2050 гг.

Уровни задач	№	Стратегические направления инженерных изысканий до 2040–2050 гг.
I. Приоритетные	1	Создание и развитие системы комплексного обеспечения инженерных изысканий (научно-технического, кадрового, материально-технического, финансового, нормативного, экспертного)
	2	Ведение опережающих инженерных изысканий под перспективную застройку крупных территорий* и линейных строительных объектов (автомобильных и железных дорог, линий электропередачи, нефте- и газопроводов), в том числе в малоосвоенных регионах (в Арктике, Сибири, на Дальнем Востоке)
	3	Повышение технико-экономической и социально-экологической эффективности инженерных изысканий на основе разработки и реализации прорывных технологий их производства, а также акцентирование усилий на обосновании систем инженерной защиты строительных объектов и застроенных территорий от опасных природных и природно-техногенных процессов
	4	Совершенствование системы ведения и эффективности использования фондовых изыскательских материалов на основе современных цифровых технологий
II. Перспективные	1	Уточнение карт мелко- и среднemasштабного изыскательского районирования территории РФ с учетом произошедших изменений природных условий; составление карт крупномасштабного изыскательского районирования территорий в регионах перспективной застройки и реконструкции
	2	Инженерные изыскания для обоснования проектов восстановления экологически нарушенных территорий и введения их в эксплуатацию
	3	Ведение комплексного изыскательского мониторинга в районах высокой техногенной нагрузки на природную среду (в том числе геологическую) для уточнения долгосрочных прогнозов и своевременного предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций в результате развития опасных природных процессов

* При расширении мегаполисов и крупных городов, создании запланированных 24-х агломераций городов с населением 1–2 млн (Калуга-Тула-Рязань, Ярославль-Кострома-Иваново, Воронеж-Липецк-Тамбов, Курск-Белгород-Старый Оскол, Ижевск-Нефтекамск-Набережные Челны, Уфа-Стерлитамак-Магнитогорск и др.), а также крупных энергетических и промышленных объектов в списке первых кандидатов также находятся Калининград, Ярославль, Воронеж, Нижний Новгород, Волгоград, Уфа, Екатеринбург, Тюмень, Новосибирск, Красноярск. Агломерации должны вырастать вокруг всех городов с населением от 500 тыс. в связи с административными границами.

ных природных и природно-техногенных условиях требуют *адекватного развития инженерных изысканий*.

Принципиальное значение имеют: выработка *стратегии инженерных изысканий* на период до 2050 года с выделением приоритетных и перспективных задач в этом направлении; разработка соответствующей «дорожной карты» до окончания XXI века.

ОСНОВЫ СТРАТЕГИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ И ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ▶

Содержание и стратегические направления инженерных изысканий ▶

Концепция современной стратегии инженерных изысканий заключается в изучении компонентов природной среды строительных объектов, рассматриваемых в качестве неотъемлемых элементов *природно-технических систем (ПТС)*, создаваемых при строительстве, в том числе приоритетно значимой подсистемы «геологическая среда – строи-

тельный объект, территория его размещения и влияния».

Основные принципы стратегии инженерных изысканий:

- изыскательское обеспечение всех этапов жизненного цикла строительных объектов – опережающие изыскания на этапах, предшествующих проектированию (обоснование инвестиций в строительство, выбор пункта и площадки размещения объекта, разработка генерального плана), а также сопровождающие изыскания на всех последующих этапах вплоть до ликвидации строительного объекта;
- обеспечение кратко-, средне- и долгосрочного прогнозирования изменений компонентов природной среды под влиянием техногенных нагрузок и воздействий, вызванных строительством;
- системный подход к комплексному обеспечению инженерных изысканий (научно-техническому, кадровому, материально-техническому, финансовому, нормативному, экспертному) с целью разработки и внедрения прорывных технологий производства изыскательских работ.

НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ▶

Кардинальное (прорывное) развитие инженерных изысканий требует *системного подхода* к их комплексному обеспечению – научно-техническому, кадровому, материально-техническому, финансовому, нормативному и экспертному (рис. 1).

Научно-техническое обеспечение ▶

Прежде всего необходимо дальнейшее развитие методологии инженерных изысканий – их *стратегии* (концепции и принципов) и *тактики* (методов, методик, технических средств, технологий организации и производства изыскательских работ).

Отметим в этой связи, что необходимо рассматривать методологию изучения геологической среды и проведения инженерно-геологических изысканий как одного из приоритетных видов инженерных изысканий и научных направлений инженерной геологии. Подчеркнем, что методология инженерных

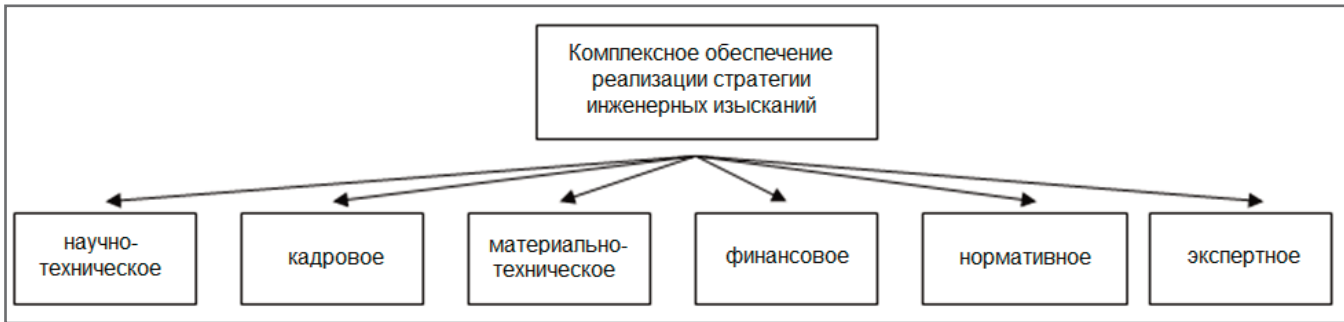


Рис. 1. Направления обеспечения инженерных изысканий

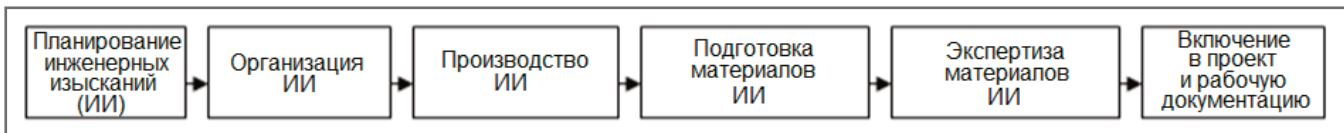


Рис. 2. Технологическая цепочка в производстве инженерных изысканий (ИИ)

изысканий имеет исключительное значение не только для выработки научно обоснованной стратегии их проведения, но во многом и для определения тактики их производства.

Приоритетной задачей следует считать разработку *прорывных новых технологий* инженерных изысканий. Известный лозунг «Кадры решают все» в современный период должен измениться на «Кадры и технологии решают все».

Заметим также, что в свое время появление новых методов исследований геологической среды знаменовало внедрение прорывных технологий инженерно-геологических изысканий. Это появление методов динамического и статического зондирования в 1950–1960-е годы, пенетрационно-каротажных методов в 1970–1980-е годы, микроструктурных исследований образцов дисперсных грунтов на растровом электронном микроскопе.

Необходима разработка новых принципов научно-технического, в том числе экспертно-консультационного, сопровождения инженерных изысканий. Это необходимо прежде всего при изысканиях, выполняемых для особо опасных, технически сложных и уникальных строительных объектов, а также объектов, возводимых и реконструируемых в сложных природных и природно-техногенных условиях.

Дальнейшего развития требуют методы математического и физического моделирования, а также методы инженерных аналогий (в частности, метод инженерно-геологических аналогий) при постановке изыскательских исследований, в том числе для составления и использования динамических моделей геологической среды и режима подземных вод.

В числе приоритетных задач – разработка новых методик кратко-, средне- и долгосрочных прогнозов развития природных и природно-техногенных процессов с целью повышения надежности и точности их составления и обоснования систем инженерной защиты застраиваемых территорий.

Особое значение в современных условиях приобретает развитие *междисциплинарных взаимодействий*, направленных на решение актуальных и перспективных задач инженерных изысканий. Требуется активное совместное участие РААСН, РАЕН и РАН в решении этих задач, в том числе при выполнении комплексных целевых программ Правительства РФ.

Еще одной из важнейших задач следует признать организацию *координационного управления* инженерными изысканиями. Надо создать региональные центры координации инженерных изысканий для строительства с экспертно-консультационными отделами при участии ведущих ученых и практиков в этой области.

В строительной практике необходимо *реализовать всю технологическую цепочку ведения инженерных изысканий* начиная с их планирования и заканчивая включением изыскательских материалов в проект и рабочую документацию с использованием изыскательских рекомендаций (рис. 2). Подчеркнем, что качественная изыскательская документация необходима не только для проектирования очередного строительного объекта, но и для использования в виде фондовых материалов для проектирования последующих объектов на застроенных и прилегающих территориях.

Подчеркнем, что прогрессивные технологии требуют профессионализма в каждом звене технологической цепочки, в том числе на этапе выполнения камеральных и аналитических работ.

В этой связи уместно отметить, например, недостаточное использование в широкой изыскательской практике возможностей высокоэффективного метода испытаний грунтов статическим зондированием, в том числе для выделения инженерно-геологических элементов (ИГЭ) и расчетных грунтовых слоев (РГС) при производстве инженерно-геологических изысканий.

В технических отчетах (ТО) о выполненных инженерных изысканиях наряду с объемной общей частью изыскательских материалов, часто состоящей из ряда томов и огромного количества приложений, должен в обязательном порядке составляться специальный раздел (дайджет ТО) с кратким изложением полученных данных, их аналитическим обобщением и четкими, обоснованными изыскательскими рекомендациями для строителей, то есть рекомендации по проектированию строительного объекта или выполнению других работ на рассматриваемом этапе жизненного цикла строительного объекта, для которого производились изыскания. Именно с этой частью изыскательских материалов и должен в дальнейшем работать проектировщик, обращаясь к сводному отчету только в необходимых случаях в процессе совместных работ с изыскателями.

Кадровое обеспечение ►

Следует уже сейчас планировать более высокий уровень *подготовки изыскателей* в специализированных высших

Таблица 2.

Виды инженерных изысканий и отрасли естественных наук, являющиеся их научной базой

Вид инженерных изысканий	Отрасль естественных наук
Инженерно-геодезические	Инженерная геодезия
Инженерно-гидрометеорологические	Инженерная гидрология
	Инженерная (строительная) климатология
Инженерно-геологические	Инженерная геология
Инженерно-экологические	Экология
	Инженерная геоэкология
Инженерно-геотехнические	Инженерная геология
	Механика грунтов

учебных заведениях соответствующего профиля (геодезического, геологического, гидрометеорологического и экологического). Вместе с тем крайне необходимо повысить *уровень подготовки инженеров-строителей* в области наук о природной среде, организации и производстве инженерных изысканий, а также в отношении необходимых знаний, умений и навыков взаимодействия строителей, прежде всего проектировщиков, с изыскателями.

В этой связи необходимо учитывать, что фундаментальной базой для всех видов инженерных изысканий являются соответствующие естественные науки (таблица 2).

Поэтому при подготовке инженеров-строителей в строительных вузах необходимо не только преподавание им основ инженерных изысканий (для получения компетенций в вопросах составления технических заданий на проведение инженерных изысканий, понимания изыскательской документации и восприятия изыскательских рекомендаций), но и обучение основам отраслей естественных наук, являющихся фундаментальной научной базой инженерных изысканий.

Особенно это касается преподавания в строительных вузах *инженерной геологии*, ибо ни одно здание и сооружение не проектируется без инженерно-геологического обоснования. Огромное значение в этой связи приобретают: прохождение студентами строительных вузов *геологической практики*, в которую в том числе должно входить обучение азам взаимодействия проектировщиков с изыскателями; включение в ряд курсовых и дипломных проектов раздела «Инженерно-геологические условия строительства».

Соответственно, требует развития система повышения квалификации и сертификации специалистов строительной отрасли.

Материально-техническое обеспечение

Приходится констатировать, что в настоящее время практически все виды инженерных изысканий проводятся с использованием приборов и оборудования, разработанного, а во многом и изготовленного еще в прошлом веке. Единичные новые разработки касаются отдельных методов работ и не получили широкого распространения. К сожалению, не применяются некоторые до сих пор актуальные ранее созданные методы и оборудование, в том числе установки для ведения пенетрационно-каротажных исследований грунтов при инженерно-геологических изысканиях, разработанные во ВСЕГИНГЕО. При этом они с успехом продолжают использоваться в других странах, например в Белоруссии и, после некоторой модернизации, в Венгрии (установка «Пеникар» – при изысканиях для второй очереди АЭС «Пакш-2»).

В практике инженерных изысканий для строительства следует использовать уже имеющиеся разработки последних лет, в частности оптоволоконные технологии для геофизических исследований скважин и специальное оборудование для отбора образцов керна из скважин глубиной до 500 м.

Очевидно, что специалисты в области инженерных изысканий должны в содружестве со специалистами из ряда других отраслей на основе междисциплинарных связей запланировать и разрабатывать *новые поколения технических средств*, предназначенных для

производства изыскательских работ на высокоэффективном технологическом уровне. Это касается, в частности, внедрения нанотехнологий в практику инженерно-геологических изысканий и исследований. О направлениях их возможного применения рассказывалось в докладе И.В. Дудлера и Е.А. Вознесенского на международной конференции «Новые идеи в науках о Земле», проходившей в РГГРУ несколько лет назад.

С этой же целью следует возродить в стране специальные организации, в том числе конструкторские бюро, занимающиеся разработкой приборов и оборудования, необходимых для производства инженерных изысканий, а также заводов по изготовлению изыскательского оборудования. Крайне важно предусмотреть выделение специальных грантов на решение этих задач на базе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

Финансовое обеспечение

На наш взгляд, требует пересмотра действующая система финансирования инженерных изысканий. Их стоимость должна быть четко увязана с технико-экономической и социально-экономической эффективностью строительства в целом. Инженерные изыскания должны рассматриваться *в едином комплексе проектно-изыскательских работ* и, вместе с тем, оцениваться с позиций *их значимости для всех этапов жизненного цикла строительных объектов*. Необходимо серьезное наращивание финансирования соответствующих НИОКР.

Нормативное обеспечение

Разработанная в 90-х годах прошлого века в ПНИИИС Госстроя СССР система нормативного обеспечения инженерных изысканий показала свою эффективность. Но, естественно, она требует дальнейшего развития. Проведенная позднее ее так называемая актуализация не дала желательного результата, вызвала многочисленные нарекания ученых и других специалистов. В настоящее время назрела острая необходимость в разработке *нового поколения нормативных документов*, ориентированных на творческий подход специалистов к производству инженерных изысканий, осуществление в необходимых случаях научно-технического сопровождения изысканий и включение в состав работ выполнение натурных исследований и опытно-производственных работ.

При разработке новых нормативных документов целесообразно учесть положительный опыт создания СП 151.13330.2012 «Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС».

Подчеркнем необходимость отражения в нормативных документах обязательного производства изыскательских работ в строительный период в контакте с группой авторского надзора проекта. Это касается, в частности, изыскательских работ для уточнения инженерно-геологических и гидрогеологических условий, обследования и документации строительных котлованов, корректировки проектов, а также изыскательского контроля мероприятий инженерной защиты строительного объекта и территории его размещения от опасных геологических процессов.

Отметим также необходимость регламентации в нормативных документах выполнения *инженерно-геологической диагностики деформаций строительных объектов* при их обследовании совместно со строителями для установления причинно-следственных связей произошедших нарушений и обоснования проектных решений для восстановления или реконструкции объекта, включая систему его инженерной защиты.

Целесообразно возродить разработки и издание *региональных/территориальных нормативных документов (ТСН)*, позволяющих в полной мере учесть и отразить комплексные особенности региона (в том числе природные, прежде всего геологические), характер техногенных

нагрузок и воздействий, влияющих на их изменения, экономические и социальные условия, а также многолетний опыт ведения инженерных изысканий при строительном освоении региона.

Необходимо вернуться к созданию нормативного документа, регламентирующего проведение *инженерных изысканий в зонах чрезвычайных ситуаций*. Напомним, что проект такого нормативного документа разрабатывался в ПНИИИС в конце 1990-х годов, но, к сожалению, так и не был издан.

Экспертное обеспечение ►

Наряду с действующей *государственной экспертизой* материалов инженерных изысканий следует развивать и *так называемую внесударственную экспертизу*. Крайне важна также работа *экспертно-консультационных организаций*.

Уместно отметить высокую эффективность подобных организаций, в частности Городской экспертно-консультативной комиссии по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям (ГЭКК ОФиПС) при Правительстве Москвы, образованной в 1995 году.

Особое внимание следует обратить на необходимость существенного повышения уровня знаний и профессионализма сотрудников экспертизы материалов инженерных изысканий, отхода их от формализации экспертных требований, на их умение взаимодействовать с изыскателями и проектировщиками на этапах производства проектно-изыскательских работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►

Современные вызовы и перспективы развития строительной отрасли России в XXI веке требуют адекватного развития инженерных изысканий, призванных обосновывать проектные решения и обеспечивать строительство надежной изыскательской информацией на всех этапах жизненного цикла строительных объектов.

В этой связи необходимо развитие стратегии и тактики инженерных изысканий на основе их комплексного обеспечения (научно-технического, кадрового, материально-технического, финансового, нормативного и экспертного).

Очень большое значение приобретает разработка и внедрение прорывных новых технологий инженерных изысканий.

Ответственная роль в решении этих задач принадлежит вузам – в повышении профессиональной подготовки изыскателей и одновременно в повышении уровня подготовки строителей в области инженерных изысканий с расширением их кругозора и знаний в сфере основ фундаментальных наук, являющихся научно-методической базой каждого вида инженерных изысканий.

Представленные в данной статье обобщения и рекомендации, а также подготовленные авторами предложения, будут способствовать решению приоритетных и перспективных задач в стратегии инженерных изысканий в строительной отрасли страны в XXI веке. **и**

Независимый электронный журнал ГеоИнфо

С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.



WWW.GEOINFO.RU



Источник изображения: Midjourney
The image source: Midjourney

ЗАКУПКИ В ИЗЫСКАНИЯХ: КАК ИЗБЕЖАТЬ УБЫТКОВ И ОСТАТЬСЯ С ПРИБЫЛЬЮ

ВИНОГРАДОВА ВЕРА

Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

В наше стремительно меняющееся время предпринимателям хочется, чтобы бизнес работал стабильно, партнеры не подводили, счета вовремя оплачивались, а проблемы быстро решались. И чтобы заказы всегда были и не приходилось искать новых клиентов.

Все это осуществимо. Теоретически. Но в обеспечение себя такой стабильностью придется вложиться – деньгами, временем, эмоциями. Но ради столь привлекательных целей многие предприниматели готовы совершить этот путь. Особенно ради госзаказа. Ведь в отличие от частных государству в роли заказчика – добросовестный плательщик. Правда, только когда оно платит напрямую, а не через посредников. Да и других недостатков хватает, как оказалось. Например, иногда участникам торгов приходится соглашаться на низкие цены, невыгодные и порой нереальные условия.

Редакция журнала «ГеоИнфо» расспросила экспертов, что нужно знать, прежде чем приниматься за закупки. В этой статье рассмотрены случаи из практики и даны рекомендации о том, как оставаться добросовестным участником государственных и коммерческих торгов не в убыток себе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инженерные изыскания; проектирование; строительство; закупки; госзакупки; заказчик; исполнитель; подрядчик; субподрядчик; техническое задание; тендер; репутация.

PROCUREMENTS IN THE ENGINEERING SURVEY SPHERE: HOW TO AVOID LOSSES AND REMAIN HAVING PROFIT

VINOGRADOVA VERA
Special correspondent

ABSTRACT

In our rapidly changing times, entrepreneurs want their business to work stably, partners do not fail, bills are paid on time, and problems are solved quickly. And so that there are always orders and you do not have to look for new customers.

All this is theoretically feasible. But you will have to invest in providing yourself with the stability with money, time, and emotions. But for the sake of such attractive goals, many entrepreneurs are ready to pass this way, especially for the sake of the state order. Because, unlike private owners, the state in the role of a customer is a conscientious payer. However, only when it pays directly, and not through intermediaries. And, as it turned out, there are plenty of other shortcomings. For example, sometimes bidders have to agree to low prices, to unfavorable and sometimes unrealistic conditions.

The editorial staff of the "GeoInfo" journal asked experts what you need to know before procurements. This article considers some cases from the practice and provides recommendations on how to remain a conscientious participant in government or commercial bidding without causing a loss to yourself.

KEYWORDS:

engineering surveys; design; construction; procurement; government procurement; customer; executor; contractor; subcontractor; technical assignment; tender; reputation.

Где узнать о том, как выигрывать на торгах ▶

Развитие рынка тендеров, в частности рост числа заказчиков, исполнителей, конкурсов и электронных торговых площадок, привело к появлению специалистов по тендерному сопровождению. Их часто приглашают в качестве лекторов муниципальные центры поддержки бизнеса. Да и они сами нередко ведут свои блоги.

В открытом доступе много бесплатной информации, и предприниматели, которые еще не участвовали в закупках или не достигали успеха, могут найти там для себя немало полезного. Это не обязательно прямые ответы на вопросы – иногда требуется интуитивное понимание того, куда двигаться.

Такие мероприятия проводит, например, специалист по тендерам Элла Воронова (офлайн в Ростове-на-Дону и онлайн). «Пространство для работы большое, всем хватит места, – считает она. – На тендеры перешло не только государство, но и крупные частные компании. Заказчики уже не ищут поставщиков и не запрашивают коммерческие предложения, а размещают информа-

цию о своих запросах и объемах работ на корпоративных сайтах и электронных торговых площадках».

С заказчиками можно и нужно выстраивать сотрудничество надолго. Тендер далеко не всегда выигрывается только благодаря самой низкой цене. И совсем не обязательно, что с окончанием работы в рамках одного заказа сотрудничество заканчивается. Например, организатор торгов ГК «УМТК» выбрал из числа претендентов строительную компанию с достаточно высокими ценами. Когда задача была успешно выполнена, а заказчику понравился результат, с исполнителем был заключен новый договор об оказании услуг на два года.

Юрист-методолог Любовь Смыцкая из Москвы участвовала в разработке портала «Госзакупки». На вебинаре «Госзакупки для предпринимателей: правила, преимущества, перспективы развития», организованном ГБУ «Малый бизнес Москвы», она рассказала, что ей приходилось защищать интересы и заказчиков, и подрядчиков. По мнению Смыцкой, для успеха в торгах участникам нужно соблюдать процедуры и быть высокомотивированными.

Например, один предприниматель очень хотел стать партнером компании-монополиста, но тендер никак не получалось выиграть. Тогда он воспользовался своим законным правом присутствовать на подведении итогов. В сфере госзакупок такое допускается. Пришел, посмотрел, как все происходит, и, по его словам, «что-то понял». На следующий год он подготовился более тщательно и одержал бесспорную победу на конкурсных торгах, обеспечив себя объемом работ на год.

Многие закупки устраиваются раз в год. Исполнителям, таким образом, достаточно один раз напрячься и потом работать спокойно год, а то и дольше, если это крупный строительный объект.

Чем госзакупки отличаются от тендеров частных компаний ▶

Государство – безупречный плательщик. По словам Любови Смыцкой, ушли времена, когда исполнители ждали денег по полгода. Сейчас счета должны быть оплачены в течение семи дней, а за каждый день просрочки полагается неустойка.

Частный заказчик может неожиданно обанкротиться – и тогда подрядчик, выполнивший работы за свой счет, останется ни с чем. От этих рисков не застрахован ни один бизнес. Работая же с госструктурами, предприниматель более защищен. При ликвидации ведомства назначается правопреемник, который выполнит финансовые обязательства перед участниками контракта.

Поскольку госзакупки с авансированием пока мало, исполнителям приходится работать на первых порах за свой счет. Но эта ситуация постепенно меняется в пользу подрядчиков. Все чаще появляются контракты с авансом 30–50%. Есть крупные проекты и со 100%-ным авансированием.

На госзаказчика можно пожаловаться в региональное управление Федеральной антимонопольной службы (УФАС) или в прокуратуру, оспорить результаты торгов, что немислимо при коммерческих закупках. Доказательства собираются легко, автоматически, прямо на сайте госзакупок.

Однако тут есть и нюансы, о которых нельзя забывать. Например, частник ничего не сделает с подрядчиком, если тот выиграл контракт и передумал его выполнять. Частник готов прислушаться к подрядчику, если тот говорит, что ресурсов не хватает. Он может выделить дополнительные деньги или нанять еще кого-то, чтобы справиться с объемом работ.

А при госзакупках менять проект сложнее. Тем не менее эксперты, участвующие к работе с госструктурами, уверяют, что данная система возвращает ответственных и добросовестных подрядчиков. Здесь четко прописаны права и обязанности каждой стороны. Благодаря этому можно урегулировать любой вопрос без судебных тяжб.

Некоторые предприниматели предпочитают не предавать свои проблемы огласке, не вступать в споры с заказчиками и даже делают что-то себе в убыток, рассчитывая, что такая позиция окупится в перспективе благодаря новым контрактам.

Так, генеральный директор ООО «ЗВ Групп» Дмитрий Ларин из Ростова-на-Дону рассказал, что однажды ему прислали техническое задание (ТЗ), в котором были перепутаны этапы работ. Поскольку документы прошли госэкспертизу, никто не хотел их менять. Подрядчик выполнял работы в той последовательности, в какой надо, а не как указано в документах, и заплатил неустойку за нарушение сроков. Ка-

залься бы, это абсурд. Но, вероятно, он был оправданным.

Как предприниматели объясняют свое участие в закупках ▶

Дмитрий Ларин создал многопрофильный бизнес, чтобы заниматься тем, что является востребованным. Компания берется и за инженерные изыскания, и за проектирование, и за строительство. Если своих мощностей не хватает, привлекаются субподрядчики. Специально было приобретено дноуглубительное оборудование, запрос на использование которого может быть только у государства. «Мы расчищаем реки, помогаем государству создавать благоприятную экологическую среду, – прокомментировал Ларин. – Бывает, что сталкиваемся с некачественными документами. Для сотрудников госструктур самое главное, чтобы документы прошли госэкспертизу, а для нас – качество поставленных задач. Бывает, что неверно указаны глубина, типы грунтов, количество оборудования и техники. Иногда мы сообщаем об этом заказчику, иногда решаем проблемы сами, что проще, чем пересматривать проект».

Директор ООО «СЗРК» Екатерина Гринцевич из Санкт-Петербурга рассказала о нюансах работы по реставрации. По ее словам, ранее они часто участвовали в закупках напрямую, но сейчас, когда финансирование реставрации объектов культуры стало бюджетным, изменились подходы к организации работ. Чтобы не было простоев, компания берет субподряд на комплексные научные исследования (выполняет проектно-изыскательские работы) или становится единственным исполнителем у государственного фонда, которому нужно разработать научно-проектную документацию. «Когда мы напрямую участвовали в закупках, документацию готовили сами. Этим занимался производственно-технический отдел. Позднее мы стали привлекать организации, которые оказывают услуги по подготовке тендеру», – рассказала Гринцевич.

Артём Кияев, основатель компании «ЦИИАК» в Краснодаре, поделился стратегией по участию в закупках: рассматривать заявки – активно; участвовать – избирательно; предпочитать торги, которые кажутся перспективными или те, на которые пригласили; уделять внимание качеству исходной документации; просчитывать риски.

Какая нужна финансовая готовность для закупок ▶

Руководитель «Агентства правовой и бухгалтерской помощи» Мария Головина из Ростовской области имеет разнообразный опыт в госзакупках. Сама периодически участвует в тендерах и занимается тендерным сопровождением компаний в строительной отрасли. В целом, по ее мнению, процедура подготовки и участия несложная, сложным бывает обеспечение заявки и контракта. «Требуются немалые суммы, и банковскую гарантию малому бизнесу получить не всегда легко», – уточнила Головина.

Как пояснила Любовь Смыцкая, в госзакупках выделяются три вида финансового обеспечения: обеспечение заявки, обеспечение контракта и гарантийные обязательства.

При подаче заявки вносится сумма на специальный счет, который блокируется на время проведения процедуры. Подрядчик вправе воспользоваться и банковской (независимой) гарантией. Данная мера применяется для того, чтобы в закупках на сумму более миллиона рублей участвовали только платежеспособные поставщики. Заказчик хочет быть уверен в том, что подрядчик справится с задачей, что он серьезный исполнитель, а не случайный победитель.

Далее при заключении контракта поставщик вносит на специальный счет сумму в качестве обеспечения – как правило, 10% от стоимости контракта. Если поставщик не исполнит обязательства или выполнит их ненадлежащим образом, заказчик может списать пени, штрафы из суммы обеспечения контракта. Делается это только с согласия подрядчика. Если поставщик добросовестно выполняет обязательства, то, когда все будет сделано, сумма обеспечения возвращается ему в полном объеме.

Гарантийные обязательства поставщика, когда он также обязан внести деньги в качестве обеспечения, наступают после исполнения контракта и в том случае, если есть гарантия на работы или оборудование.

По наблюдениям специалиста по тендерам и госзакупкам Эллы Вороновой, в период пандемии и санкций, когда рушились привычные логистические цепочки и исчезали прежние поставщики, даже государственные заказчики проявляли лояльность и не штрафовали подрядчиков за несоблюдение сроков поставок и замену

материалов. А прежде было безальтернативно: нарушил срок – плати штраф.

В рамках исполнения контрактов по ФЗ-44 действует постановление правительства РФ от 04.07.2018 № 783. Если обязательства по контракту исполнены и размер пени не превышает 5% от цены контракта, заказчик списывает начисленные и неуплаченные штрафы и пени. Об этом поставщик должен сам написать заказчику, а не полагаться на него.

Артём Киевев считает, что финансовая готовность участника закупок – это не только про деньги, но и про понимание стоимости и трудоемкости работ. Иногда связанные с этим заявленные цели бывают настолько заниженными, что не соответствуют реальности.

В практике экспертов встречаются комично-невероятные истории. Например, один предприниматель, выигравший тендер, уговаривал другого «сделать хоть какие-нибудь изыскания за 90 тысяч рублей». Он умудрился победить, снизив цену проектно-изыскательских работ до 500 тысяч рублей, тогда как подобный их объем стоит несколько миллионов. Вдобавок он оказался выпускником курсов, готовящих блогеров по тендерам.

Так что надо аккуратно относиться к выбору не только торгов, но и консультантов по тендерам. Человек должен иметь юридическое или финансовое образование, опыт работы, а не просто быть окончившим курсы из серии «Как стать специалистом по тендерам и хорошо зарабатывать».

Как бороться со злоупотреблениями заказчика ▶

Эксперты сошлись во мнении, что большинство подрядчиков не вступают в споры с заказчиками, особенно если речь идет о госконтрактах. Они опасаются испортить свою репутацию и не получить новые заказы. Но, если «болевого порога» пройден, неизбежно начинается борьба. Выиграть спор с любым заказчиком можно, и такие истории есть в практике каждого специалиста по тендерам. Существует множество решений УФАС, по которым подрядчики не попадали в Реестр недобросовестных поставщиков или были оттуда исключены.

Обычно спор возникает из-за неверных ТЗ и ценообразования. Чтобы избежать инцидентов, опытные подрядчики сначала считают все самостоятельно и только потом принимают решение, подавать заявку на участие в конкурсе или нет. Неопытные концентрируются на победе и потом обнаруживают, что не могут выполнить обязательства.

Если возникли неприятные события, эксперты рекомендуют поставщикам фиксировать каждое свое действие. Как только выясняется, что не хватает денег, техники, специалистов, нужно сразу составлять акт и сообщать заказчику. Надо дозваниваться и снимать все на видео. Предположим, подрядчик не дозвонился, но видео – это доказательство, что попытки дозвониться предпринимались.

Еще бывают проблемы с человеческим фактором – когда заказчики стремятся сделать больше, чем указано в контракте, отказываются принимать объект и оплачивать переработку.

Есть и коррупционная составляющая, когда прием работ умышленно затягивается. Некоторые исполнители принимают и такие навязанные условия ради того, чтобы в следующий раз получить заказ.

Чтобы выиграть в госзакупках, не обязательно соглашаться на самую низкую цену. На таком типе торгов, как конкурсы, основную роль играет не стоимость работ, а наилучшие решения. Их авторам и достается победа.

Выводы ▶

Закупки – современный способ отношений между заказчиками и подрядчиками. Он расширяется и совершенствуется благодаря цифровым технологиям. Подрядчикам не нужно искать клиентов. Теперь заказчики, частные и государственные, сами ищут исполнителей через торги.

Светлую сторону участия в этой процедуре каждый видит по-своему. Если предприниматель связывает свою перспективу с закупками, ему надо читать правила торгов, соблюдать сроки и фиксировать все свои действия, если что-то пошло не так.

Искать тендеры можно на портале госзакупок, на электронных торговых площадках, на агрегаторах торгов, на сайтах частных и государственных компаний и даже в соцсети «Тенчат».

Чтобы быть причастным к крупному заказу, не обязательно побеждать. Можно стать субподрядчиком подрядчика-победителя и таким образом иметь полное право включить достойный проект в свое портфолио. **И**

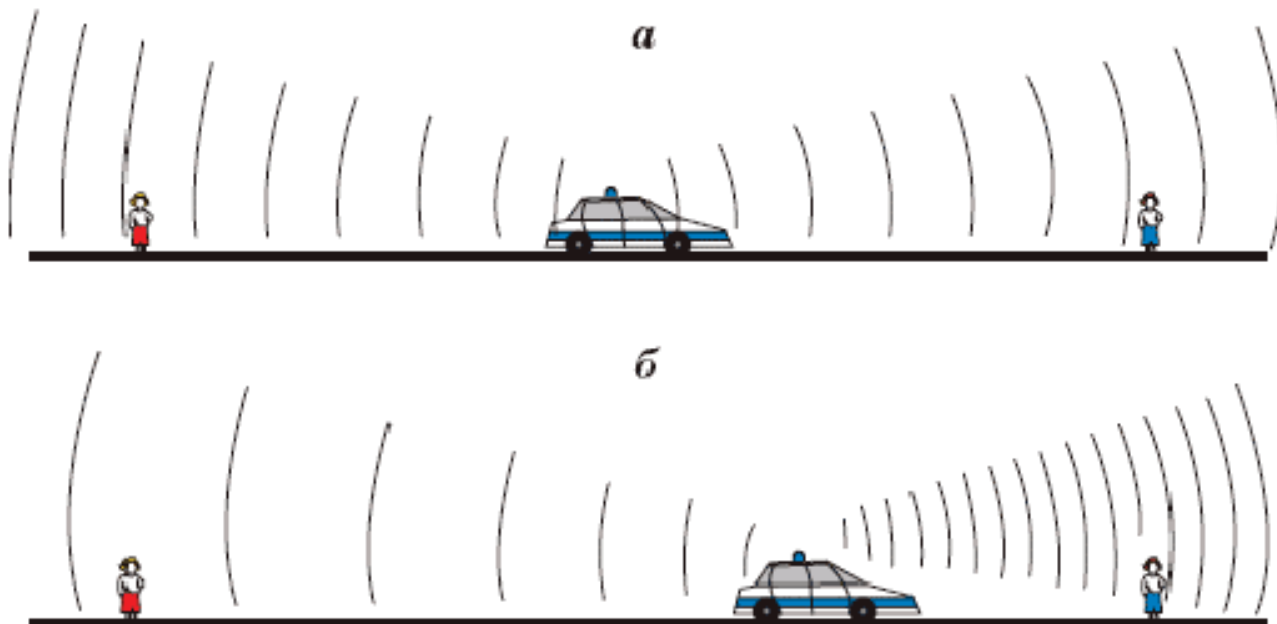


Телеграм-канал журнала

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>



Источник изображения: сайт Плавучего университета Института океанологии РАН
The image source: website of the Floating University, Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences

ДОПЛЕРОВСКИЙ ЭФФЕКТ: ПРИБОРЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ПРОИЗВОДИТЕЛИ, УСКОРЕНИЕ ИЗЫСКАНИЙ

ДЬЯЧЕНКО ЛЮДМИЛА
Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

Ученые-географы из Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова доказали эффективность использования доплеровских измерителей скорости течения воды в реках.

Такие приборы устанавливаются на корабле или на дне водоема. Они посылают в воду ультразвуковые сигналы и ловят звук, отраженный от взвешенных в воде твердых частиц. Благодаря эффекту Доплера определяются скорость и направление движения воды, в которой эти частицы находятся.

За короткое время в автоматизированном режиме удастся собирать большие массивы данных и использовать их в гидрологии, экологии, строительстве. Получаемые данные превосходят по результатам традиционные методы измерения скорости течения воды, например с помощью гидрологических вертушек, работа которых основана на механическом способе измерения.

В России доплеровские профилографы пока еще являются редкостью.

Об использовании таких приборов рассказал на вебинаре «Доплеровские технологии в гидрологии» Всеволод Морейдо, заведующий лабораторией гидроинформатики Института водных проблем РАН, старший научный сотрудник лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ.

Из этой статьи вы узнаете, что такое доплеровский эффект, в чем разница методов с установкой прибора на дне водоема и на движущемся судне, кто выпускает акустические доплеровские профилографы, в чем их плюсы и минусы и что делать, чтобы отечественные производители удовлетворили спрос на такое измерительное оборудование.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

доплеровский эффект; акустический доплеровский профилограф; акустический сигнал; смещение частоты; водный объект; взвешенные твердые частицы; скорость течения; глубина; расход воды; российские производители

DOPPLER EFFECT: DEVICES, RESULTS, MANUFACTURERS, ACCELERATION OF ENGINEERING SURVEYS

D'YACHENKO LYUDMILA

Special correspondent

ABSTRACT

Geographers from Lomonosov Moscow State University have proved the effectiveness of using Doppler meters of water flow velocity in rivers.

Such sort of devices are installed on a vessel or at the bottom of a water body. They send ultrasonic signals into the water and catch the sounds reflected from solid particles suspended in the water. Due to the Doppler effect, the velocity and direction of movement of the water with these particles are determined.

In a short time, it is possible to acquire lots of data in an automated mode and to use them in hydrology, ecology, and construction. The obtained data surpass the results of traditional methods of measuring the velocity of water flow (for example, using hydrological current meters, the operation of which is based on a mechanical measurement method).

In Russia, Doppler profilographs have been still a rarity.

At the webinar "Doppler Technologies in Hydrology", Vsevolod Moreido, the head of the Hydroinformatics Laboratory (Institute of Water Problems, Russian Academy of Sciences) and a senior researcher at the Laboratory of Soil Erosion and Riverbed Processes (Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University), told about using such kind of devices.

This article tells about the essence of the Doppler effect, about the difference between the methods of installing a profilograph at the bottom of a water body and on a moving vessel, about manufacturers of acoustic Doppler profilographs, about their pros and cons and about actions in order to satisfying the demand for such measuring equipment produced by Russian manufacturers.

KEYWORDS:

Doppler effect; acoustic Doppler profilograph; acoustic signal; frequency shift; water body; suspended solid particles; flow velocity; depth; water discharge; Russian manufacturers.

Что такое доплеровский эффект ▶

Название технологии связано с именем австрийского математика и физика Кристиана Доплера (1803–1853). Он занимался исследованиями в области акустики и оптики и первым обосновал изменение частоты звуковых и световых волн, движущихся от их источника к наблюдателю.

В научно-популярных статьях доплеровский эффект сравнивают с эхом. Как человек, что-то прокричавший в колодец или в горах, слышит эхо, так и доплеровский профилограф ловит отраженный звук.

Ведущий вебинара «Доплеровские технологии в гидрологии» Всеволод Морейдо использовал другой образ – звук от сирены скорой помощи в городе. Сигнал, который мы слышим, изменяется по мере приближения или удаления машины. Специалист с помощью

НАУЧНАЯ ШКОЛА
ПЛАВУЧИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИО РАН



Что такое доплеровский эффект?



Кристиан Доплер
Christian Doppler



Дата рождения	29 ноября 1803
Место рождения	Зальцбург, Австрия
Дата смерти	17 марта 1853 (49 лет)
Место смерти	Венеция, Италия

Эффект Доплера описывает изменение частоты волн, обусловленное движением их источника по отношению к наблюдателю.

Рис. 1. Что такое доплеровский эффект (источник изображения: сайт Плавучего университета Института океанологии РАН)

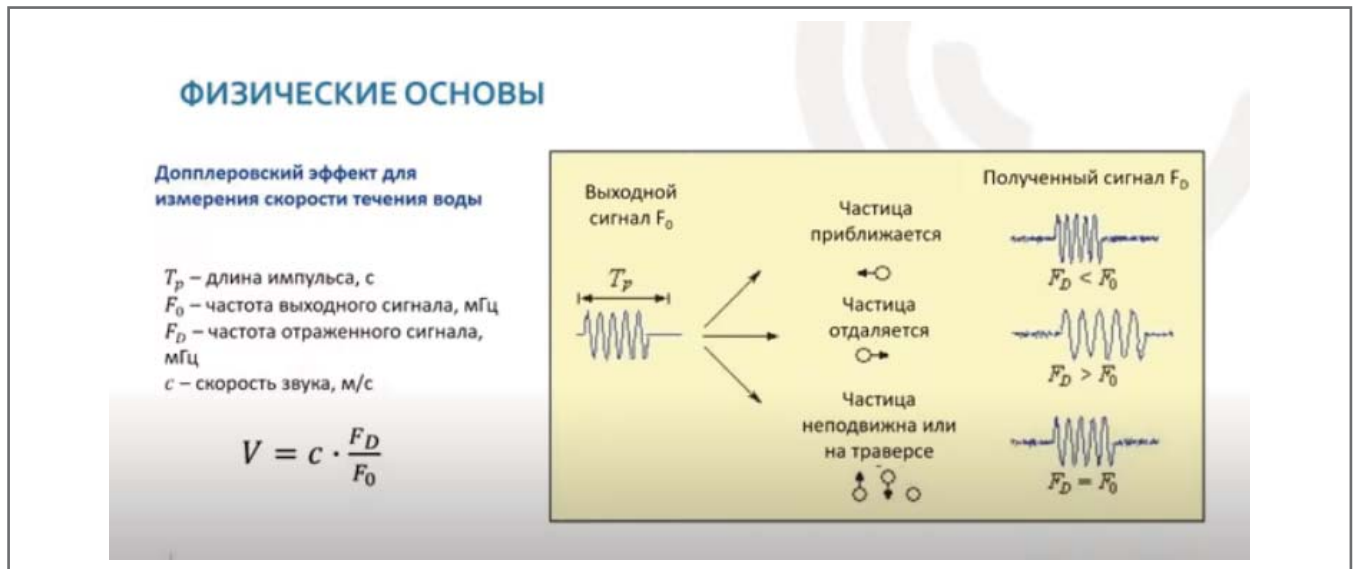


Рис. 2. Физические основы доплеровского эффекта (источник изображения: презентация Всеволода Морейдо на вебинаре «Доплеровские технологии в гидрологии»)

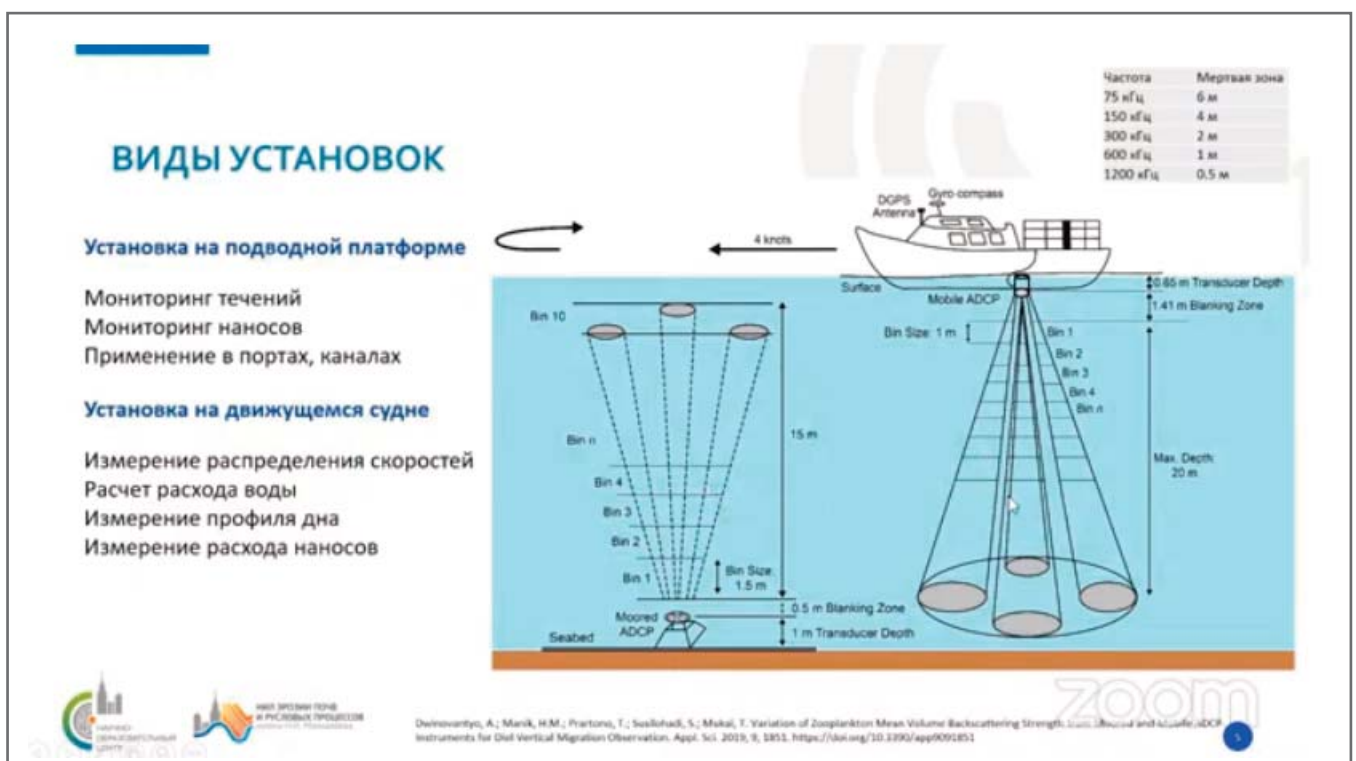


Рис. 3. Виды установок (источник изображения: презентация Всеволода Морейдо на вебинаре «Доплеровские технологии в гидрологии»)

акустического доплеровского профилографа как бы «ищет в потоке воды машину скорой помощи», то есть частицы взвешенных наносов. Сами по себе они не издадут звуки, но отражают сигналы от прибора. Если полученный ответ меньше исходной частоты, значит, частица приближается к источнику звука. Если больше, значит, отдаляется. Если смещения частоты не происходит, частица неподвижна или же перемещается вверх или вниз относительно источника звука. «Мы можем понять и измерить

скорость этой частицы, если знаем скорость распространения звука (она зависит от температуры воды) и отношение сдвига частоты к исходной частоте», – прокомментировал Всеволод Морейдо (рис. 1, 2).

Где и как располагают профилограф ▶

Оборудование может находиться над водой и под водой. Подводная платформа статична, сигналы от закрепленного на ней прибора направлены вверх. На

движущемся судне, наоборот, – вниз (рис. 3). Благодаря акустическому излучению в ультразвуковом диапазоне, последовательному изменению характеристик сигнала, его включению и выключению, приему отраженного сигнала вся колонна воды подвергается измерениям и их последующей обработке.

Прибор собирает сигналы, отраженные от взвешенных твердых частиц. По сдвигу частоты измеряются скорости этих частиц и, соответственно, скорости воды на разных уровнях. Получается

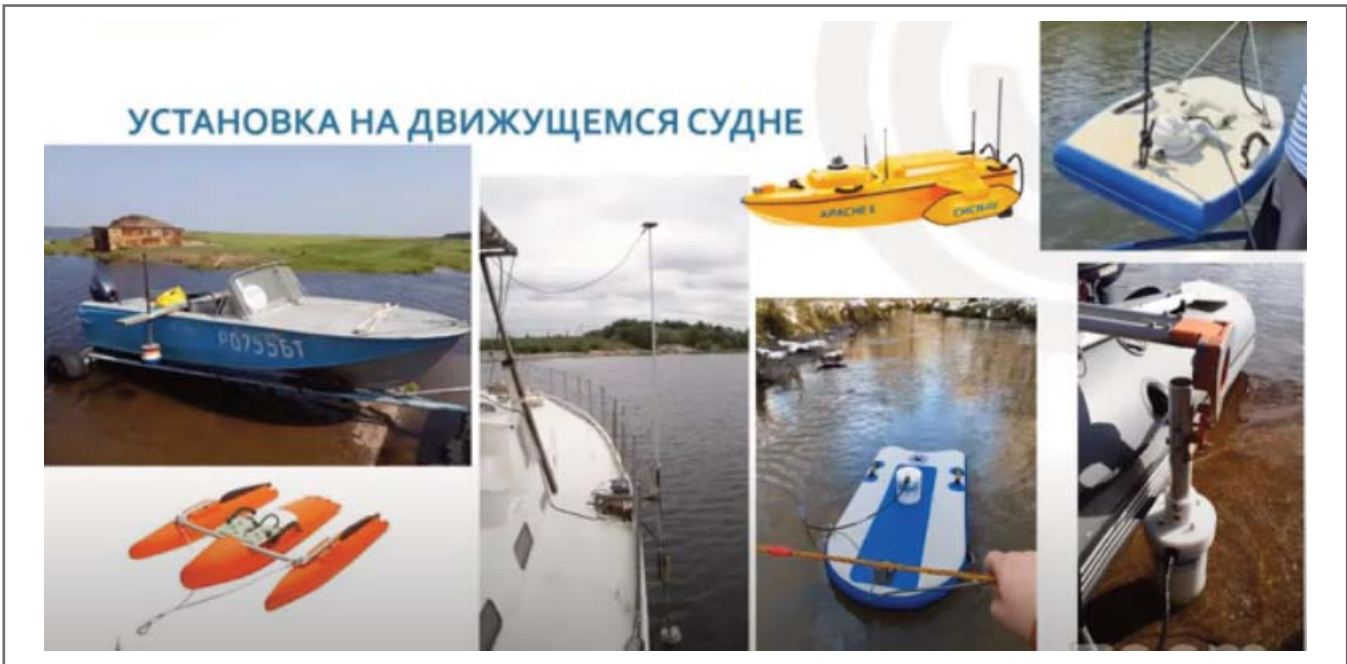


Рис. 4. Установка на движущемся судне (источник изображения: презентация Всеволода Морейдо на вебинаре «Доплеровские технологии в гидрологии»)

распределение скоростей течения по вертикали.

У каждого профилографа есть некая «мертвая зона», откуда информация о движении воды не поступает. Чем ниже частота испущенной ультразвуковой волны, тем мертвая зона больше. У низкочастотных приборов размер этой зоны составляет 6 м, у высокочастотных – от 0,5–1 м. На ее размер также влияет граница раздела двух сред, воды и дна или воды и воздуха, если прибор находится над поверхностью реки. Здесь сигнал отражается от поверхности воды, от грунта и присутствуют шумы не от отдельных сбившихся частиц, а от сплошной среды.

Все это учитывается при определении расстояния, на которое распространяется действие прибора. Чем ниже частота сигнала, тем глубина работы прибора больше. Океанические приборы с частотой до 600 кГц имеют глубину проникновения до нескольких километров вниз, но у них и огромная мертвая зона у поверхности воды и у дна.

Профилографы, которые работают на более высоких частотах (600, 1200 кГц; 3 МГц), имеют небольшую мертвую зону вокруг самих излучателей и возле дна, но и максимальная глубина их работы не превышает 40 м. «Эти приборы подходят для использования в реках, водохранилищах глубиной до 60–70 м и в небольших реках глубиной от полуметра», – пояснил Всеволод Морейдо.

В качестве плавсредств для сбора информации на реках используются лодки

с подвесным мотором, небольшие яхты, буксируемые плоты. На них крепится акустический прибор.

Профилограф может работать автономно, имея центральный излучатель, работающий в высоком частотном диапазоне. С помощью встроенного эхолота он измеряет глубину и скорость потока с учетом скорости смещения лодки относительно дна. Или прибор подключается к антенне GPS – и тогда расчеты ведутся в абсолютной системе координат, а не относительно дна реки на выбранном участке.

Как используется собранная информация ►

Полученные результаты измерений расхода воды и скоростей в поперечном сечении могут быть применены для инженерно-гидрологических, экологических, гидрометеорологических изысканий. Прибор, установленный на подводной платформе, позволяет вести мониторинг течений, динамики наносов, например в портах, каналах. Акустическая установка на движущемся судне измеряет распределение скоростей, профиль дна, расход воды и наносов (рис. 5).

Профилографы часто устанавливают в устьях рек, прибрежных зонах или портовых сооружениях и позволяют получать характеристики скорости движения воды в прибрежных зонах, приливов, отливов и колебаний свободной поверхности океана. Практическое применение этой технологии – предсказывать или измерять текущее состояние водно-

го объекта, чтобы во время прохода судов не возникало аварийных ситуаций, связанных с высокой скоростью приливных и отливных течений.

Измерение скорости воды – обычное дело в гидрологии. Но прежние методы трудоемки, если сравнивать их с доплеровскими технологиями, позволяющими собирать большие объемы разнообразной информации за короткое время.

Какие профилографы используются в России ►

Во многих странах популярно оборудование норвежской компании Nortek Group. В США уже 10 лет измерение взвешенных наносов с помощью данных приборов производится в автоматизированном режиме. Но продукция данного бренда редко встречается в России, хотя приобрести ее можно. Поиск «Яндекса» показал, например, сайт продавца из Санкт-Петербурга. Его портал рассказывает, что современные сенсоры и электроника дают возможность настроить их под разные задачи. В некоторых случаях можно использовать многочастотный эхолот научного класса, позволяющий оценить биомассу или донные отложения.

Часто встречаются в России китайские профилографы CHCNAV. Информации о них в интернете можно найти больше, чем о норвежском оборудовании. Один из продавцов сообщает, что профилограф ADCP CHCNAV RCP 1200 кГц прошел сертификацию и включен в российский госреестр.

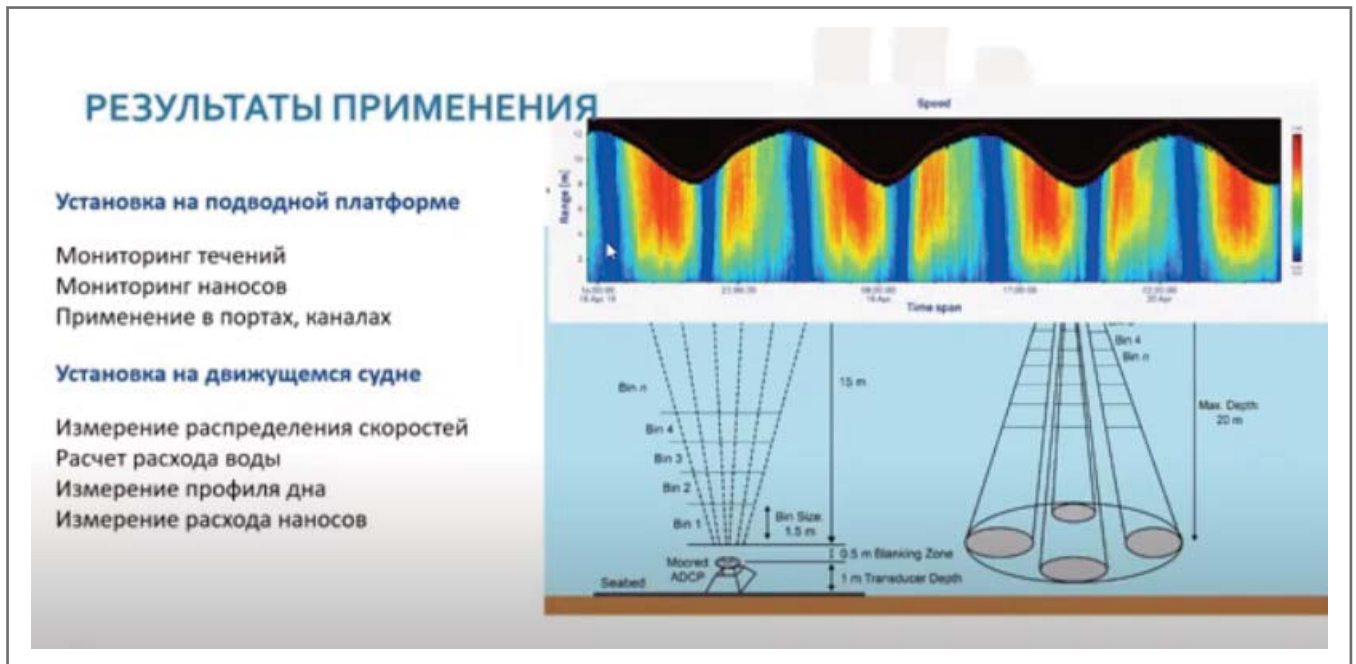


Рис. 5. Результаты измерений на основе доплеровского эффекта (источник изображения: презентация Всеволода Морейдо на вебинаре «Доплеровские технологии в гидрологии»)



Рис. 6. Прибор производства компании «Аквазонд» (источник изображения: презентация Всеволода Морейдо на вебинаре «Доплеровские технологии в гидрологии»)

Отечественных производителей подобных приборов немного. Можно купить, например, приборы производства компании «Аквазонд» из Таганрога. На сайте этой фирмы указано, что она разрабатывает и производит гидроакустические программно-аппаратные комплексы, имеет собственный отдел разработки, большой парк станков и отработанные технологии.

На вопрос слушателей вебинара о том, почему отечественной продукции в обсуждаемой сфере мало и что надо сделать, чтобы она появилась, Все-

волод Морейдо ответил так: «Чтобы приборов стало больше, нужно много инициативы от организаций, которые используют это оборудование. Необходима связь между производителем и пользователем, чтобы отрасль развивалась и не исчезла. В нашей стране только в последние годы стали выпускаться эти приборы».

Есть потребность также в компьютерных технологиях для обработки собранной информации и перевода ее из одного формата в другой. Всеволод Морейдо разработал одно из таких прило-

жений. Оно есть в открытом доступе для бесплатного скачивания.

Каковы плюсы и минусы доплеровских приборов ▶

Общий минус всех профилографов – высокая стоимость. Их производство является очень высокотехнологичным, требующим сложного и точного оборудования и высококлассных специалистов.

Преимущество у зарубежной продукции, если сравнивать ее с российской, нет. В перспективе существенным преимуществом наших приборов может

стать не такая высокая цена и доступность технической помощи (пользователи зарубежного оборудования столкнулись со сложностями по сервисному обслуживанию из-за санкций).

Измерения всеми профилографами превосходят традиционные точечные измерения скорости. Они позволяют получить большее количество данных, что важно, например, на участках разветвленных русел рек. На каналах можно прогнозировать развитие опасных процессов размыва. Детальная информация, регулярно собираемая на водоеме, необходима также для решения экологических задач.

Доплеровские приборы могут не работать или выдавать ошибки в очень мутном потоке, а также в очень чистом,

например текущем с ледников, где нет взвешенных частиц (а профилографу эти частицы нужны – ведь именно они отражают акустические сигналы).

Выводы ►

Доплеровские профилографы течений собирают большой массив данных в широком диапазоне за короткое время.

Для этого используется акустический доплеровский эффект смещения частоты при перемещении частицы в единичном объеме воды. Благодаря этому методу измеряется скорость течения, глубина поперечного сечения реки, рассчитывается расход воды через поперечное сечение реки в широком диапазоне условий. Результаты могут быть использованы для решения различных

задач в сфере гидрологии, экологии, строительства.

Раньше такое оборудование в России не выпускалось. Сейчас отечественные модели есть, но их немного. Для развития их производства необходима инициатива от потребителей, которые готовы приобретать профилографы или заказывать услуги с использованием этих приборов.

Добавим, что онлайн-встречу «Доплеровские технологии в гидрологии» инициировал научно-образовательный центр лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ. Такого рода просветительские мероприятия проводятся там постоянно и в двух форматах. Вебинары – для всех желающих, курсы повышения квалификации – для специалистов. **и**

Независимый электронный журнал ГеоИнфо

С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.



WWW.GEOINFO.RU