

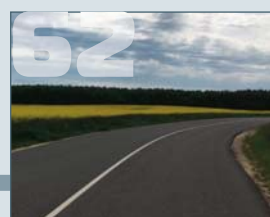
Независимый электронный журнал

ГеоИнфо

Цифровое преобразование.
Каким должно быть
современное приложение для
изыскателя. *Стр. 6*

Влияние свалочного фильтрата
на инженерно-геологические
свойства исследованного грунта
Стр. 16

Трасса М-12 подорожала из-за
изысканий, но сдадут ее все
равно раньше срока.
Стр. 62



GEOINFO

ISSN 2949-0677 (ONLINE)

WWW.GEOINFO.RU

АПРЕЛЬ • APRIL • TOM V • 3-2023

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 «ГЕОИНЖЕРВИС» / FUGRO

EngGeo

Обработка и хранение результатов
инженерно-геологических
изысканий

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ENGGEO»

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ



Программный комплекс RosScience

ADVANCED SURVEY
TECHNOLOGIES

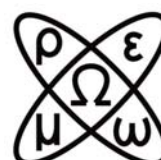
ООО «СОВРЕМЕННЫЕ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ» (ADVANCED SURVEY
TECHNOLOGIES) – ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ROSSCIENCE В РОССИИ



НПО «ТЕРРАЗОНД»



ООО «КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ»



ООО «КБ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ»

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. Герсевича, 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.

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:

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

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: 07.04.2023 г.

© Ананко Виктор Николаевич, 2023

© ГеоИнфо, 2023

Фото на обложке: www.Pixabay.com

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Цифровое преобразование. Каким должно быть современное приложение для изыскателя

Никифоров Н.В.

6

Влияние свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства исследованного грунта

Нта С.А., Айотамуно И., Удом И.Дж.

16

ГЕОРИСКИ. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ

Взаимосвязь между противозрозионными средствами и формированием растительного покрова

Бискетти Дж.Б.

24

Определение уровней пространственной уязвимости прибрежных городов к изменениям климата и их соответствующей типологии на примере турции

Айдын М.Б.С., Кахраман Э.Д.

38

МЕХАНИКА ГРУНТОВ И ГЕОТЕХНИКА

«Недренированный» анализ поведения глубокого котлована в глинистых грунтах в программе rs2 с использованием модели упрочняющегося грунта

Киен Д., Азами А.

46

ЭКОЛОГИЯ. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Исследования по строительству «Города-губки»

Чэнь Хунган

54

ПРИЛОЖЕНИЕ. ДИСКУССИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Трасса м-12 подорожала из-за изысканий, но сдадут ее все равно раньше срока. Нюансы параллельного проектирования

Людмила Дьяченко

62

Тающая мерзлота: как за ней наблюдают, что делают для ее сохранения, ждать ли массового разрушения сооружений

Людмила Дьяченко

68

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, мерзловедение 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



ENGINEERING GEOLOGY. ENGINEERING-GEOLOGICAL SURVEY

Digital transformation. What should be a modern digital application for engineering surveyors

Nikolay V. Nikiforov

Effect of landfill leachate on engineering properties of test soil

Nta S.A., Ayotamuno M.J., Udom I.J.

GEORISKS. ENGINEERING PROTECTION OF TERRITORIES

Relationships between erosion control products and vegetation growth

Bischetti G.B.

Determining the spatial vulnerability levels and typologies of coastal cities to climate change: Case of turkey

Mediha B. Silaydin Aydin, Emine Duygu Kahraman

SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICS

Undrained analysis of a deep excavation in clayey soils using plaxis hardening soil model in rs2

Kien D., Azami A.

ECOLOGY. ENGINEERING-ECOLOGICAL SURVEY

Research on sponge city construction

Chen H.

APPENDIX. DISCUSSION MATERIALS

The m-12 highway has risen in price due to the site investigations, but it will be put in commission ahead of schedule anyway. nuances of the parallel design

Lyudmila D'yachenko

Melting permafrost: How it is observed, what is being done to preserve it, whether to expect mass destruction of engineering structures

Lyudmila D'yachenko



Определение уровней пространственной уязвимости прибрежных городов к изменениям климата и их соответствующей типологии на примере Турции. Стр. 38

GEOINFO

Electronic publication

6

Published since 2016

16

Publication frequency:
10 issues per year

ISSN: 2949-0677

DOI prefix: 10.58339

24

The editorial board of the journal accepts for consideration articles on the following topics: Site Investigation for Construction; Geotechnical

38

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 Phenomena; Engineering Protection of Territories.

Founder:

54

Ananko Viktor Nikolaevich

Publisher:

GeoInfo, individual entrepreneur
Ananko V.N.

Address:

62

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

Editorial staff:

68

editor-in-chief:
Ananko Viktor Nikolaevich;
analyst:
Vasin Mikhail Vasilyevich;

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

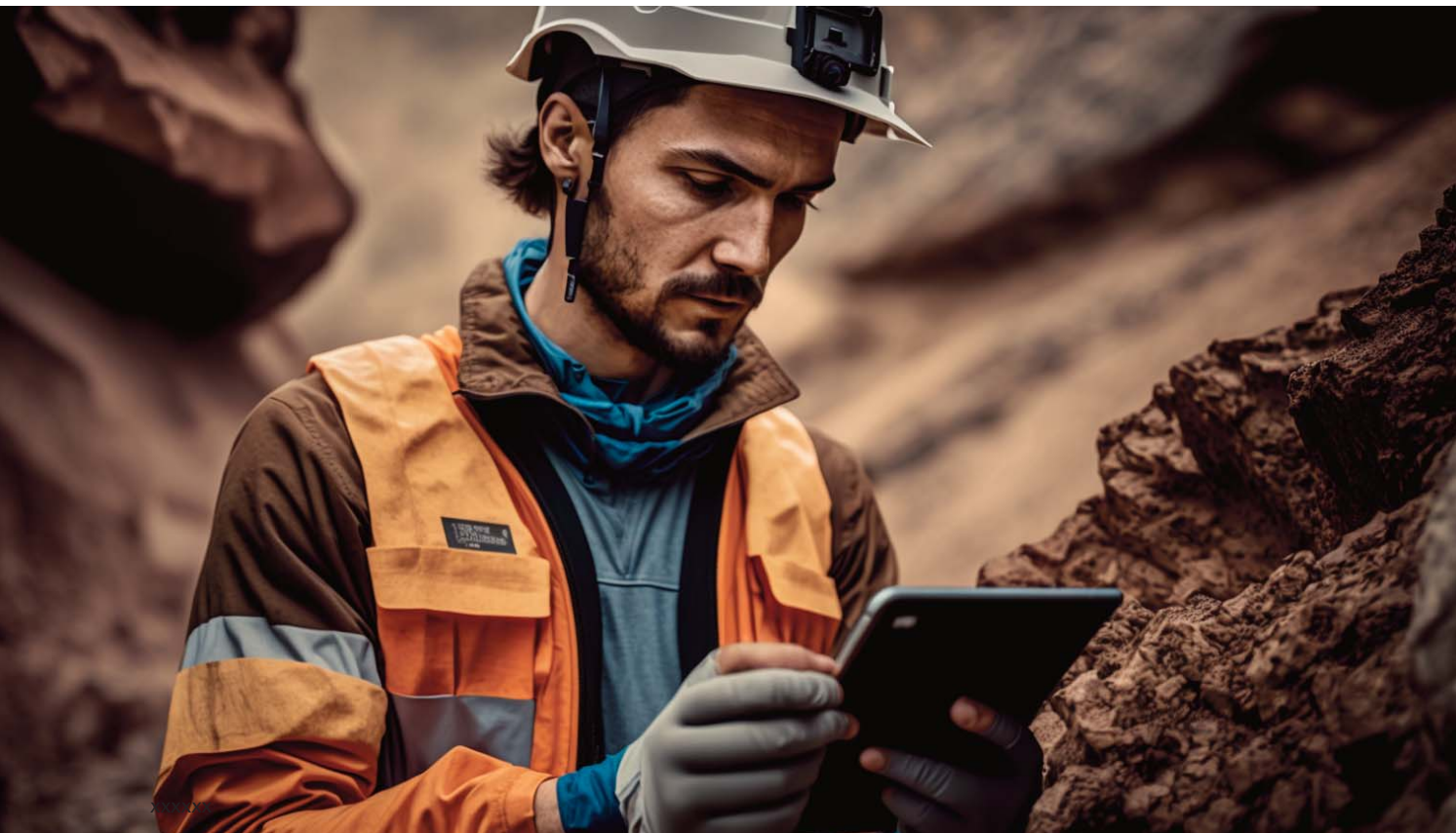
Publication date: 07.04.2023

© Ananko Viktor Nikolaevich, 2023

© GeoInfo, 2023

Cover photo: www.Pixabay.com





ЦИФРОВОЕ ПРЕОБРАЖЕНИЕ. КАКИМ ДОЛЖНО БЫТЬ СОВРЕМЕННОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗЫСКАТЕЛЯ

**НИКИФОРОВ НИКОЛАЙ
ВАСИЛЬЕВИЧ**

Основатель цифрового приложения для изыскателей Soilbox.app, автор и преподаватель курса «Планета Земля: анализ данных 2.0» (spase-cognition.info)

АННОТАЦИЯ

В статье приводится обзор наиболее острых проблем, существующих сегодня в России в отрасли инженерных изысканий. Эффективному решению каждой из них может поспособствовать создание современного цифрового приложения, основные требования к которому сформулированы в данной публикации. Для сравнения приводится обзор уже используемых в мировой практике приложений (ЕСМ систем), созданных зарубежными компаниями. Статью дополняют мнения экспертов (как теоретиков, так и практиков) о возможных направлениях развития цифровой трансформации отрасли и об актуальности внедрения приложений, способных решить существующие проблемы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инженерные изыскания; цифровая трансформация; цифровое приложение; приложение Soilbox.app; эффективность проектов.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Никифоров Н.В. Цифровое преобразование. Каким должно быть современное приложение для изыскателя // Геоинфо, 2023, № 3. С. 6–15
doi:10.58339/2949-0677-2023-5-3-6-15

DIGITAL TRANSFORMATION. WHAT SHOULD BE A MODERN DIGITAL APPLICATION FOR ENGINEERING SURVEYORS

NIKOLAY V. NIKIFOROV

The founder of the Soilbox.app digital application for engineering surveyors, the author and trainer of the course of "Planet Earth: Data Analysis 2.0" (space-cognition.info)

ABSTRACT

The article provides an overview of the most acute problems that exist in Russia today in the field of site investigations. The creation of a modern digital application (the main requirements for which are formulated in this publication) can contribute to the effective solution of each of those problems. For comparison, the paper presents an overview of digital applications (ECM systems) created by foreign companies and already used in the world practice. This article is supplemented by the opinions of experts (both theorists and practitioners) on possible directions for the development of the digital transformation of the site investigation branch and on the relevance of the introduction of digital applications that can solve the existing problems.

KEYWORDS:

site investigation; engineering survey; digital transformation; digital application; Soilbox.app application; projects efficiency.

FOR CITATION:

Nikiforov N.V. Tsifrovoye preobrazheniye. Kakim dolzhno byt' sovremennoye prilozheniye dlya izyskatelya [Digital transformation. What should be a modern digital application for engineering surveyors]. *Geoinfo*, 2023, 3: 6–15 doi:10.58339/2949-0677-2023-5-3-6-15 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

Мы живем в удивительное время – время научно-технической революции в информационной среде. Чтобы осуществить прорыв в производстве или совершить научное открытие, все меньше требуются сегодня новые специальные приборы и аппараты, равно как и новое абстрактное моделирование. Анализ огромного массива данных, собранных человечеством в ходе тысячелетней истории, – вот основа современного взрывного роста науки и техники. В последние 20 лет количество информации, которое мы получаем из различных источников, увеличивается ежедневно в геометрической прогрессии. И с каждым годом ее объемы экспоненциально растут.

Все это становится возможным благодаря развитию принципиально нового класса алгоритмов машинного обучения. Повсеместно внедряются глубокие нейронные сети и иные технологии машинного обучения, которые все чаще называют искусственным интеллектом.

Однако приходится признать: инженерные изыскания и геотехника в целом являются той областью, куда подобные

технологии проникают пока медленно и неохотно. Основная причина – крайне низкая степень цифровизации отрасли. И начало ее кроется в активно практикуемом сборе данных «проверенным дедовским способом» – с помощью карандаша и бумаги. Такой подход создает огромное количество проблем и очень затрудняет полноценную интеграцию полученной информации в единую цифровую среду строительства объекта – BIM.

Между тем техническое развитие внешнего мира ушло далеко вперед и у отрасли изысканий появилась реальная возможность для того, чтобы сделать решительный шаг вперед из привычного вчера в новое завтра.

ЧТО НАМ СТОИТ ПЕРЕСТРОИТЬ ►

Чтобы детальнее разобраться в наиболее актуальных проблемах отрасли, которые можно было бы эффективно решить с помощью современных технологий, в июне 2022 года автор статьи и его коллеги провели собственное исследование рынка. Для этого было интервьюировано 50 специалистов из 15 крупных компаний. Кроме того, мы воспользовались результатами марке-

тингового исследования российского рынка инженерных изысканий, проведенного агентством маркетинговых исследований рынка «ГидМаркет».

Все выявленные нами проблемы можно условно разделить на четыре группы:

- 1) цифровизация;
- 2) коммуникация;
- 3) кадры;
- 4) управление проектами.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ, ИЛИ ТОЧИ СВОЕ СТИЛО ►

Как показал анализ, в отрасли наблюдается крайне низкая степень автоматизации бизнес-процессов. И это при том, что большая часть бизнес-логики работ, входящих в изыскания, подчиняется стандартизации, а следовательно, может быть полностью автоматизирована. Сейчас же наладка и запуск основных процессов работ происходит с нуля под каждый объект. Ситуацию можно назвать экстремальной, требующей срочного внедрения информационных технологий.

Еще одним камнем преткновения является то, что при обработке данных

преобладает ручной труд. Это и многократный перенос одних и тех же данных в разные таблицы, и ручной поиск и исправление ошибок, и поиск старых данных в письмах электронной почты, и однотипное оформление отчетов... Вся эта низкоквалифицированная работа требует от специалистов (которые и без того в дефиците) значительных затрат времени. А между тем их усилия могли бы быть направлены на реализацию более сложных профессиональных задач, приносящих прибыль изыскательским организациям.

Кроме того, очень часто данные из поля пересылаются в неоцифрованном и неструктурированном виде через Telegram, WhatsApp и электронную почту. Это определяет низкую продолжительность жизни подобных сообщений, так как полевые геологи чаще всего пользуются персональными смартфонами, объем памяти которых является весьма ограниченным. Чтобы ее не перегружать, рабочие файлы, если они уже были переданы в офис, часто удаляются. Поэтому при потере письма или удалении чата восстановить такие данные оказывается невозможным. При этом нет и какой-либо системной проверки, гарантирующей то, что в офис были переданы все фотографии журналов и иной полевой документации.

О низкой степени оснащенности рядовых изыскательских организаций современными технологиями свидетельствует тот факт, что большинство из них не имеет в своем распоряжении специализированных программ для регистрации данных полевых опытных работ. А для тех, что используются, результаты, как и буровые журналы, приходится передавать через почту или мессенджеры в неструктурированном виде.

ТЕЛЕФОН, ПОЧТА, ТЕЛЕГРАФ ►

Под коммуникацией в нашем исследовании мы подразумевали в первую очередь культуру обмена данными как на уровне одной, так и на уровне нескольких компаний.

Анализ показывает, что недостаточное внедрение современных информационных технологий для организации такого обмена внутри компании и между компаниями замедляет горизонтальное и вертикальное профессиональное взаимодействие в строительном цикле.

Директивы, как правило, поступают на площадку изысканий по телефону. При этом отлаженные информационные

системы, устраняющие необходимость этих звонков, попросту отсутствуют.

Сканы полевых журналов, ведомостей и актов передаются с площадки изысканий в офис скопом через почту или мессенджеры, а строгая система организации хранения данных чаще всего отсутствует.

Переданные данные далее повторно интерпретируются в офисе и вручную заносятся, например, в популярный среди геологов программный продукт EngGeo. Их детализация при этом почти всегда ощутимо снижается и упрощается благодаря человеческому фактору. И это несмотря на то, что та же база данных EngGeo позволяет хранить большой объем детализаций описания грунтов в виде обособленных параметров.

Подобная проблема возникает и на уровне полностью или частично обработанных данных. Например, в инженерной геологии отсутствует какой-либо единый прозрачный электронный формат для обмена данными в цифровом виде между разными программными комплексами. Это касается как геологической модели грунтов, так и данных лабораторных исследований и опытных испытаний. Та же проблема актуальна и для обмена данными с проектными организациями в стандартизированном виде.

КАДРЫ РЕШАЮТ НЕ ВСЁ ►

За последние 15 лет обеспеченность отрасли работниками с высшим профильным образованием снизилась почти в 1,5 раза. Это говорит о том, что в рыночных условиях рабочее время такого специалиста стоит дороже, а дополнительное финансирование на покрытие увеличивающихся расходов попросту нет.

Следствием кадрового дефицита являются низкая квалификация полевых геологов и множество ошибок, совершаемых в поле при сборе данных. В этих условиях руководителям организаций приходится идти на компромисс: пускай отбирают пробы и описывают образцы керна студенты или те, кто не может справиться с камеральной работой, а уже в отчете квалифицированные специалисты все поправят.

Следует отметить, что кадровая проблема связана также с недостаточным использованием в компаниях информационных технологий. Руководство очень редко применяет какие-либо профессиональные Wiki-системы для обучения своих сотрудников и создания условий для такого обучения.

УПРАВЛЕНИЕ, ИЛИ ОНЛАЙН КАК «НОУ-ХАУ» ►

Руководители проектов зачастую сталкиваются с необходимостью ведения ежедневной отчетности для заказчиков. Контроль фактического выполнения работ в таких случаях осуществляется путем переписки и звонков. А статистика вносится в бесконечное количество однотипных таблиц. Обо всех проблемах на площадке руководство узнает тоже по телефону. Причем не всегда своевременно. Онлайн-мониторинг работ пока для отрасли равносильно применению «ноу-хау».

Крайне редко компании используют для синхронизации данных облачные системы типа «Яндекс Диска». Но даже там копии журналов, фотографий, аудиозаписей хранятся в неиндексированном и хаотичном виде, превращаясь в так называемую файловую помойку. Поэтому быстро сориентироваться в том, на какой стадии готовности сейчас находятся полевые работы, и оперативно поделить этими данными в структурированном виде с заказчиком часто бывает физически невозможно.

Возникновение цейтнота в таких условиях – ситуация нередкая. Особенно если времени остается мало, а срок выполнения работ – «вчера». И тогда ресурсы организации вместо использования по основному назначению приходится бросать на подготовку сводок, таблиц и промежуточной отчетности, отдавая тем самым перспективу сдачи объекта в срок.

ВЫХОД ТАМ ЖЕ, ГДЕ ВХОД ►

Изучив вышеперечисленные проблемы, мы выяснили, что их максимальная концентрация наблюдается на этапе сбора и обработки первичных полевых данных. Однако все они могут быть эффективно решены за счет цифровизации рабочих процессов начиная с самого первого момента появления данных – в поле. Реализацию следует начать с создания облачной платформы, которая будет взаимодействовать с пользователями через мобильные и настольные (ПК) версии приложений (см. рисунок).

Так родилась идея создания концепции отраслевого цифрового приложения. Вот основные требования, которым оно должно отвечать.

1. **Сбор данных.** Приложение должно позволять собирать данные на месте работ в режиме реального времени, включая инженерно-геологические параметры, фотографии, видео- и аудиозаписи. В нем необходимо предусмотреть

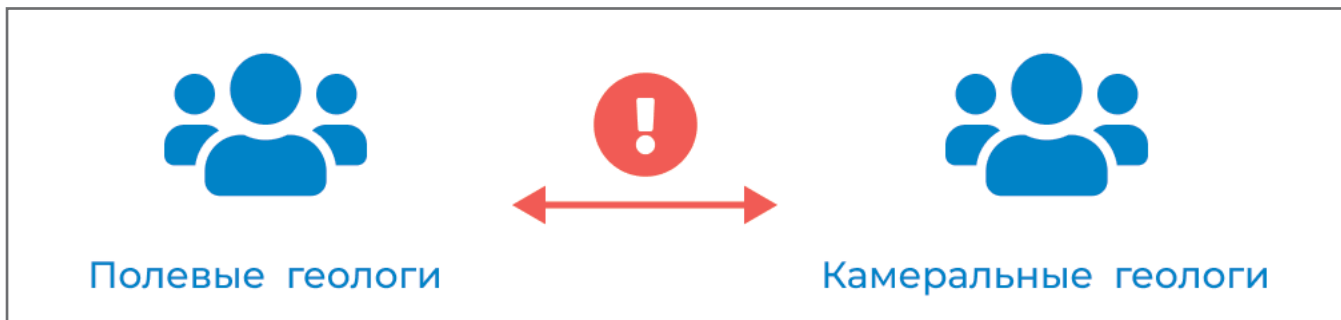


Рис. Взаимодействие между полевыми и камеральными геологами должно быть оптимальным

реть функцию отображения данных на картах (ГИС) с экрана мобильного устройства.

2. Хранение данных. Каждая запись должна храниться в месте, четко определенном строгой структурой базы данных (БД). Все фотографии, видеозаписи и другие документы должны иметь привязку к скважинам/объектам исследований. В такой базе не составит труда найти нужные данные, независимо от того, как давно были выполнены работы.

3. Обработка данных. Приложение должно быть основано на облачных технологиях и позволять быстро и эффективно обрабатывать собранные данные, автоматически генерируя отчеты и другие срезы данных. Поскольку облачные технологии обеспечивают быстрый доступ к базе из любой локации, одновременно будет решаться проблема создания множества версий одного и того же чертежа.

4. Анализ данных. Приложение должно позволять анализировать данные с использованием графических и статистических инструментов, а также вычислительных алгоритмов для получения целостной картины инженерно-геологических условий.

5. Интеграция с другими инструментами. Приложение должно быть совместимо с другими инженерно-геологическими программами и инструментами, такими как базы данных, геоинформационные системы и программное обеспечение для моделирования инженерно-геологических условий.

5. Интуитивный интерфейс. Приложение должно иметь простой и понятный интерфейс, который позволит пользователям легко собирать, обрабатывать и анализировать данные.

6. Встроенная база знаний Wiki. Она позволит предоставлять пользователю приложения подсказки и помощь на всем пути.

7. Безопасность данных. Приложение должно обеспечивать безопасность данных и защиту информации

пользователя. Доступ пользователей к платформе должен быть разграничен.

8. Работа в оффлайн-режиме. Приложение должно иметь возможность работать в оффлайн-режиме, чтобы пользователи могли собирать и обрабатывать данные даже в отдаленных местах, где недоступен интернет.

9. Инструменты управления проектами для контроля и отчетности по полевым работам. Приложение должно обеспечивать возможность интеграции статистики с ГИС и картами.

10. Поддержка различных устройств. Приложение должно работать на разных типах мобильных устройств, включая смартфоны и планшеты, и поддерживать различные операционные системы, такие как iOS и Android.

ОПЕРАТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, РАЗГРАНИЧЕННЫЙ ДОСТУП: ОПЫТ ДРУГИХ СТРАН ►

В тех странах, где современные технологии проникают в отрасль более быстро, уже существуют примеры активного использования таких систем. Их называют Enterprise Content Management Systems (ECM systems), или системы управления корпоративным контентом. Любые данные в момент своего появления сразу переводятся ECM в цифровой вид и сохраняются в одном месте. Сотрудники компании получают к ним разграниченный доступ с различных устройств, включая смартфоны и планшеты.

Рассмотрим наиболее популярные системы в сфере изысканий, существующие на сегодняшний день (см. таблицу).

RSlog (США) ►

Приложение RSlog создано крупной американской компанией Rockscience, основанной в 1996 году и являющейся лидером на рынке по разработке программного обеспечения для геотехнических изысканий и проектирования. Оно помогает переводить полевые данные

описаний грунтов в цифровой вид сразу в облако, располагает инструментами визуализации данных в 3D и является частью экосистемы широкой линейки программных продуктов Rockscience.

Основные преимущества RSlog:

- удобный интерфейс;
- широкие возможности интеграции с другими продуктами Rockscience;
- возможность работы приложения в режиме offline;
- инструменты 3D визуализации;
- ГИС-карты;
- фото;
- экспорт данных в популярные форматы: EXCEL, JSON, DXF, KMZ;
- облачное решение.

Основные недостатки RSlog:

- неприменимо для мобильных устройств – работа только с ПК;
- нет инструментов управления проектами;
- часть большой экосистемы.

pLogs (США) ►

Приложение pLogs создано американской компанией Dataforensics для сбора полевых данных геологических и геотехнических изысканий в цифровом виде. Оптимизировано для работы на планшетах. Создано на основе облака и является частью экосистемы линейки программных продуктов Dataforensics.

Основные преимущества pLogs:

- широкие возможности интеграции с другими продуктами Dataforensics;
- возможность работы приложения в режиме offline;
- экспорт данных в популярный формат CSV;
- облачное решение.

Основные недостатки pLogs:

- не работает на смартфонах, имеет совместимость только с Android;
- нет инструментов управления проектами;

Таблица. Сопоставление основных возможностей разных цифровых приложений

Название	Страна	Cloud	iOS	Android	Все устройства	ГИС	Фото	Offline	PM*	Интерфейс	Экспорт в популярные форматы данных
RSlog		✓				✓	✓	✓		😊	JSON, DXF, KMZ, EXCEL
pLogs		✓		✓				✓			EXCEL
TabLogs		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			закрытое приложение
Qпору		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	😊	PDF, WORD, EXCEL
Logiteasy		✓	✓	✓	✓			✓		😊	PDF
Data Collector				✓	✓	✓	✓	✓			закрытое приложение

- нет ГИС-карт;
- нет фото;
- часть экосистемы.

TabLogs (США) ▶

Приложение TabLogs создано на основе облака американской компанией Tablogs для сбора полевых данных геотехнических изысканий в цифровом виде.

Основные преимущества TabLogs:

- кроссплатформенное приложение – работает на любых устройствах;
- возможность работы приложения в режиме offline;
- облачное решение;
- ГИС-карты;
- фото.

Основные недостатки TabLogs:

- слабые возможности интеграции;
- нет инструментов управления проектами;
- слабо проработанный интерфейс.

Qпору (США) ▶

Приложение Qпору разработано американской компанией Qпору, которая занимается созданием программного обеспечения для экологических изысканий. Компания работает на рынке с 2014 года и имеет несколько детально проработанных и оптимизированных цифровых продуктов, увязанных в одну экосистему. Основное направление деятельности – диджитализация отрасли. С технической точки зрения в приложении реализованы многие необходимые функции: работа на всех устройствах и всех операционных системах,

широкие возможности интеграции, удобный интерфейс, формирование задач пользователем.

Основные преимущества Qпору:

- часть экосистемы;
- возможность интеграции внутри экосистемы с другими продуктами;
- возможность работы приложения в режиме offline;
- экспорт данных в популярные форматы: PDF, WORD, EXCEL;
- облачное решение;
- кроссплатформенное приложение – работает на любых устройствах;
- есть инструменты управления проектами;
- фото;
- удобный интерфейс.

Основной недостаток Qпору – нет возможности внесения геологических данных.

Logiteasy (США) ▶

Приложение Logiteasy для планшетов разработано американской компанией Logiteasy для сбора данных и описания грунтов в цифровом виде. Оптимизировано под планшеты. Удобный и интуитивный интерфейс, хорошо проработана генерация отчетов колонок скважин. Для этого имеется широкий набор возможных шаблонов.

Основные преимущества Logiteasy:

- возможность работы приложения в режиме offline;
- экспорт данных в популярный формат PDF;

- облачное решение;
- кроссплатформенное приложение – работает на любых устройствах;
- удобный интерфейс.

Основные недостатки Logiteasy:

- нет инструментов управления проектами;
- нет фото;
- достаточно закрытое и обособленное приложение, специализирующееся только на описаниях колонок скважин;
- нет ГИС-карт.

GEO5 Data Collector (Чехия) ▶

Приложение GEO5 Data Collector разработано крупной чешской компанией Fine software, специализирующейся на разработке программного обеспечения для геотехнических изысканий и проектирования.

Основные преимущества GEO5 Data Collector:

- возможность работы приложения в режиме offline;
- фото;
- ГИС-карты;
- кроссплатформенное приложение – работает на любых устройствах;
- часть экосистемы линейки продуктов.

Основные недостатки GEO5 Data Collector:

- нет инструментов управления проектами;
- совместимость только с Android;
- не является облаком;
- достаточно закрытое и обособленное приложение, имеет слабые возможности интеграции;

- есть сложности с синхронизацией данных между приложениями внутри экосистемы;
- слабо проработанный экспорт данных;
- интерфейс.

ПРИСУТВИЕ ОТСУТВИЯ. ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ПРОДУКТА НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ ▶

С учетом современной геополитической обстановки возможность внедрения в России программных продуктов зарубежных коллег практически сведена к нулю. А для развития и создания таких приложений на отечественном рынке необходимо решить ряд задач, поскольку в настоящее время:

- отсутствует нормативно-правовая база, регулирующая процесс сбора данных в электронном виде;
- для создания масштабируемых электронных классификаторов и словарей как основы подобных приложений очень сложно использовать в «прямом» виде текущие нормативные документы;
- нет единого цифрового стандарта наименований инженерно-геологических показателей, который был бы составлен с учетом особенностей последующей миграции данных в BIM;
- открытые данные в отрасли пока являются скорее исключением, чем практикой, и это значительно тормозит процесс развития информационных технологий;
- большая часть существующего ПО, как правило, достаточно закрыта, характеризуется ограниченными возможностями импорта данных и отсутствием структурированного API с документацией;
- нет единого современного обменного формата, который мог бы просто и свободно использоваться для миграции данных между разными приложениями.

Таким образом, необходимо заняться созданием нормативных документов, регулирующих процесс сбора данных в цифровом виде. Их утверждению должен предшествовать многосторонний диалог между ведущими организациями отрасли и ИТ-специалистами.

Должны быть обновлены существующие классификаторы инженерных изысканий с учетом дальнейшего хранения их в цифровых базах данных, возможности масштабирования и последующей миграции данных в BIM.

Необходимо разработать открытую систему Wiki для инженерных изысканий, которую бы могли редактировать все пользователи. Таким образом ре-

шился бы вопрос структурного хранения и обновления данных всех классификаций и терминологии в едином цифровом виде.

На законодательном уровне следует способствовать развитию сектора открытых данных в инженерных изысканиях.

Компаниям, производящим программное обеспечение в отрасли, стоит договориться о едином прозрачном и простом обменном формате данных на основе JSON.

ЕДИНСТВЕННЫЙ В РФ И СНГ: Soilbox (Россия) ▶

Полтора года назад мы начали разработку собственной системы для перевода изысканий в облако. Нами были учтены опыт зарубежных коллег и проблемы, выявленные в ходе исследования российского рынка инженерных изысканий.

На данный момент разработанное нами приложение Soilbox – единственная в РФ и СНГ ЕСМ-система, специализирующаяся на сборе и обработке полевых инженерно-геологических данных в облако и на управлении полевыми работами.

На сегодня нам удалось реализовать следующий функционал:

- возможность работы приложения в режиме offline;
- кроссплатформенность – приложение работает на любых устройствах;
- работа в любых операционных системах;
- экспорт данных в популярные форматы: JSON, PDF, WORD, EXCEL;
- облачное решение;
- интуитивный интерфейс;
- инструменты управления проектами;
- интеграция через современный обменный формат JSON с инженерно-геологическим ПО № 1 в России и СНГ – EngGeo;
- возможность фотографирования;
- ГИС-карты.

Наше приложение не нужно скачивать из Play Market или App Store – оно устанавливается из браузера. Своя встроенная инженерно-геологическая система Wiki предназначена для подсказок и обучения специалистов. Soilbox использует алгоритмы машинного обучения и компьютерного зрения для автоматизации рутинных задач – исправления орфографии и обработки фото в формируемых отчетах.

К сожалению, пока нам не удалось создать внутренний чат или систему сообщений, а также собственные онлайн-таблицы для замены SmartSheet и Go-

ogleSheet. Но работа над приложением продолжается. Все обновления по разработке можно найти в телеграм-канале.

СЛОВО ЭКСПЕРТАМ ▶

Мы решили выяснить мнение экспертов отрасли о возможных направлениях развития ее цифровой трансформации и актуальности внедрения отраслевых приложений, способных решить накопившиеся проблемы.

Е.А. Вознесенский – директор Института геоэкологии имени Е.М. Сергеева РАН, профессор МГУ имени М.В. Ломоносова. ▶

Во-первых, с моей точки зрения никакой научно-технической революции в информационной среде сейчас нигде не происходит. А происходит экспоненциальное увеличение объема информации, которой не слишком успешно пытаются оперировать наша техническая цивилизация, которая пришла на смену умершей российской – вслед за европейской – культуре в полном согласии с мыслями на этот счет О. Шпенглера, высказанными им 100 лет назад. А поскольку культура как духовный атрибут общества умерла, то процесс образования приводит к появлению немыслителей, а операторов, которым для того, чтобы успевать за изменением набора необходимых им операций, требуется регулярное повышение квалификации, а еще лучше – замена их искусственным «интеллектом» при отсутствии естественного.

Авторы совершенно правы, говоря о нехватке квалифицированных, я бы сказал разумных, кадров. Да и откуда им взяться в нужном количестве, если со школы детей учат не думать, а запоминать случайные сведения, которые потом нужно будет воспроизвести, чтобы сдать тесты ЕГЭ вместо смыслового экзамена, на котором надо думать?

И в этой связи создание приложения типа Soilbox, правильно использующего по крайней мере общепринятые и осмысленные понятия и термины при описании грунтов и других компонентов инженерно-геологических условий территории, имеет важнейшее значение, поскольку многократно снижает вероятность глупых и грубых ошибок на всех этапах получения, хранения и обработки данных. Они никуда не исчезнут и при любом сомнении всегда можно будет обратиться к «исходнику». Более того, действительно грамотный геолог сможет пользоваться ими с го-

раздо большей степенью уверенности, чем это происходит сейчас при обработке материала.

Во-вторых, чрезвычайно важен формат сведений, которым будет оперировать приложение. Он (или они) должны быть крайне универсальны, чтобы использоваться в самом широком спектре ПО, легко модифицироваться под еще не появившееся ПО и допускать визуализацию (образное мышление человека), не будучи просто картинкой в электронном виде, как это часто происходит сейчас.

В-третьих, приложение должно обязательно использовать облачные технологии – это огромное преимущество, когда не возникает необходимости в передаче, переносе, локальном хранении огромных массивов данных.

И в-четвертых, это и другие подобные приложения необходимо как можно скорее ввести в правовое поле инженерных изысканий – нормативно закрепить возможность их использования если не вместо, то хотя бы наравне с бумажными и файловыми версиями, которые тут же отомрут сами.

Однако при использовании такого инструмента следует иметь в виду, что более глубокая и полная автоматизация «бизнес-процессов», за которую так ратуют авторы, в отрасли инженерных изысканий приведет ее к дальнейшему оглушению. Например, нельзя автоматизировать создание программы работ – это творческий процесс для человека разумного. Так что и здесь надо действовать с некоторой осторожностью, иначе в один прекрасный день искусственный «интеллект» не выпустит никого из изыскателей из дома, потому что, как говорят Windows, «занят Неизвестный».

Т.Ю. Мелихова – руководитель проекта EngGeo ▶

Разработкой программ, позволяющих геологам собирать, хранить и использовать данные инженерно-геологических изысканий, мы занимаемся около тридцати лет. За это время наш комплекс прошел не одну трансформацию, двигаясь вместе с развитием как нормативно-технической документации, так и в целом с возможностями цифровизации, представляемыми активно развивающимся потенциалом вычислительной техники и базового программного обеспечения (операционных систем, баз данных, графических редакторов).

Однако наибольшие проблемы в разработке современного продукта для

изыскателей связаны не с трудностями в написании программы как таковой, а с необходимостью следовать реалиям существующих производственных процессов, которые любые программные продукты для изыскателей так или иначе автоматизируют. При этом зачастую приходится решать программным способом вопросы, которые возникают из-за плохо написанных нормативных документов, их несогласованности и оторванности от возможностей выпускаемого оборудования.

Казалось бы, как удобно иметь единую базу данных по объекту изысканий, куда сливается вся информация по полевым и лабораторным исследованиям! Но чаще всего такая прозрачность не радует изыскателей.

Мы сталкиваемся с нежеланием сделать доступной первичную информацию по бурению или лабораторным исследованиям даже внутри одной организации, не говоря уж о передаче полных данных заказчику работ. И одна из причин этого – нарушение сроков или способов получения данных для составления инженерно-геологического отчета, в которых ни одна организация не позволит себе публично признаться.

Скважины, которые не бурятся, а лишь изображаются на бумаге или вносятся в цифровую БД; лабораторные определения, которые не проводятся, а рисуются; полевые испытания, проводящиеся в меньшем, чем запланировано, объеме и разбавляемые придуманными данными, – вот та изнанка, которая присутствует для очень большого количества объектов.

Создание сквозной системы сбора и обработки информации, позволяющей отследить и проконтролировать состояние объекта в любое время, пошло бы на пользу всей отрасли. Поэтому нас и заинтересовал продукт Soilbox, разрабатываемый коллективом авторов для сбора и обработки полевой инженерно-геологической информации. Это попытка начать построение системы с нуля так, как она должна функционировать, позволяя экономить время на рутинных задачах и высвободить его для осмысления и интерпретации полученной информации.

Мы разработали формат обмена данными ПО Soilbox и EngGeo и рассчитываем, что такая интеграция пойдет на пользу изыскателям. Наша задача – не заменить геолога, а дать инструмент для удобного и быстрого применения своих знаний, предотвратить ошибки ручной обработки, унифицировать обработку

материалов. И мы хотели бы продолжить движение в этом направлении.

П.А. Патрикеев – главный специалист отдела развития ИТ-решений генерального плана и изысканий АО «Атомэнергoproject» ▶

В настоящее время в области инженерных изысканий практически невозможно обойтись без цифровых инструментов. Существуют инструменты, которые подходят для нескольких дисциплин инженерных изысканий (геологии, геодезии, экологии и других). Например, различные геоинформационные системы. Вместе с тем каждая из дисциплин имеет и свой уникальный инструментарий. Хочу сосредоточиться на программном обеспечении и информационных системах для инженерно-геологических изысканий, а точнее – на общих принципах, которые, по моему мнению, должны лежать в основе создания таких систем.

Прежде чем углубиться в эту тему, сформулирую свое видение процесса инженерно-геологических изысканий. В классическом смысле он подразумевает сбор и анализ информации об объекте геологических изысканий с тем, чтобы впоследствии сделать некоторые заключения о геологическом строении объекта. Этот процесс хорошо формализован различными ГОСТами, СП и другими нормативными документами и обычно начинается с технического задания на выполнение работ, которое затем превращается в программу работ и в конечном итоге приводит к созданию технического отчета. В дальнейшем технический отчет служит отправной точкой для принятия проектных решений.

Проникновение информационных технологий во все сферы жизни не миновало и инженерно-геологические изыскания. Существует значительное количество программного обеспечения, позволяющего автоматизировать обработку геологической информации. В первую очередь, речь идет о построении инженерно-геологических разрезов, без которых не обходится практически ни один технический отчет. Долгое время подобные инструменты хотя и облегчали труд камеральных специалистов, однако никак не меняли именно формальную сторону процесса.

В последние несколько лет ситуация начала меняться. Совершенствование технических средств, повышение требований к качеству результатов работ,

переход к цифровым носителям информации и, наконец, внедрение информационного моделирования при проектировании объектов строительства – все это требует иного подхода.

Здесь необходимо определить разницу между информацией и данными: данные представляют собой текст, а информация – это осмысленные сведения. То есть данные – это основа информации.

Средства автоматизации эксплуатируют именно такой подход – они переводят информацию в данные. Например, на базе полевого описания скважины формируют в некоторой базе данных несколько записей, в целом составляющих информационную единицу «скважина».

В рамках информационного моделирования такой подход необходимо распространить на весь процесс. Создание информационных объектов и установление связей между ними позволяет гораздо лучше управлять процессом обработки результатов изысканий, а также повышает качество конечной продукции.

Также следует упомянуть о появлении новых требований к конечному результату инженерно-геологических изысканий. Ранее процесс обработки заканчивался на продуктах в двух измерениях – на инженерно-геологических разрезах. Трехмерное моделирование в дальнейшем производилось в рамках других дисциплин. Данный подход имеет очевидное слабое место: если трехмерное представление создает не геолог, его соответствие реальной геологической картине снижается тем больше, чем дальше отстоит задача, в рамках которой создана модель, от собственно геологических изысканий.

В настоящее время трехмерная модель геологического строения как необходимый результат инженерно-геологических работ зафиксирована в ряде нормативных документов. При этом речь идет не только об описании геометрии трехмерных объектов, но и о придании этим объектам характеристик. Будучи разработанной профильными специалистами, такая модель гораздо лучше подходит для дальнейшего использования – это и проектирование котлованов, и расчеты устойчивости, и значительное количество других сфер применения.

Если разделить работы в рамках инженерно-геологических изысканий на полевые и камеральные, можно увидеть одну из главных проблем: в то время как для камеральных работ существует

значительное количество цифровых инструментов, в том числе и тех, которые позволяют реализовать описанный выше подход и получить в качестве конечного результата именно трехмерные модели с атрибутами, процесс полевых работ в нашей стране практически не автоматизирован, если автоматизирован вообще.

Полевые материалы чаще всего накапливаются на бумажном носителе, и это влечет за собой значительные временные затраты на этапе преобразования полевой информации в данные, а также повышает возможность ошибок. Кроме того, становится гораздо сложнее в режиме реального времени в рамках полевых работ сопоставлять результаты, например, разных буровых бригад. Это также порождает неоднородность информации. Добавим сюда и сложности с использованием в полевых условиях ранее накопленной информации – материалов прошлых изысканий. Таскать с собой пачку распечаток, согласитесь, крайне неудобно.

Все эти рассуждения позволяют сформулировать несколько важных задач, решение которых позволит в полной мере цифровизировать процесс инженерно-геологических изысканий.

1. Необходимо разработать и внедрить в широкую практику цифровые инструменты для полевых работ. Технические средства для этого давно уже доступны. Даже обычного смартфона будет достаточно, чтобы отказаться от бумажных носителей или оставить за ними исключительно формальную роль.
2. При разработке инструментария для полевых работ необходимо заранее изучить имеющиеся на рынке решения для камеральных работ и обеспечить совместимость форматов данных. В противном случае любая разработка останется вещью в себе и не позволит выстроить непрерывный процесс обработки результатов изысканий.
3. Разрабатываемый полевой инструментарий должен иметь клиент-серверную архитектуру с возможностью накопления данных на устройстве в ситуациях, когда сеть недоступна. Такой подход позволит контролировать не только качество данных, но и непосредственно ход работ, в том числе в реальном времени.
4. Разрабатываемый полевой инструментарий должен включать в себя функционал по обработке результатов полевых методов.
5. При разработке необходимо принять во внимание не только непосредственно инженерную геологию, но и гидрогео-

логию, скважинную геофизику и другие дисциплины. Централизованное накопление данных – важный аспект информационного моделирования.

П.С. Романов – начальник отдела инженерных изысканий и строительных решений ПАО «Полюс» ▶

Инженерные изыскания – это большая работа как со стороны подрядчика, так и со стороны заказчика. Заказчик в большей степени обеспокоен вопросами соблюдения сроков проведения работ и конечным результатом, в то время как подрядчик, как правило, нацелен на оптимизацию расходов при сохранении минимально допустимого качества. Конечно, успешно выполненный проект – это конечный результат, к которому стремятся обе стороны. Однако бывает, что проблемы и недопонимание между организациями нарастают уже с момента подписания договора. Хотелось бы выделить четыре основных группы вопросов, обладающих большим потенциалом для оптимизации при помощи профессионального программного обеспечения, основанного на современных облачных решениях: бурение, камеральные работы, отчеты и контроль работ.

1. Бурение

Все начинается в поле: на деле специалисты обладают разной квалификацией, разными школами и разными подходами, не всегда соответствующими выполняемым обязанностям. При неблагоприятном стечении обстоятельств мы можем получить пространное, инвариантное, небрежное описание образцов керна, упущенные и, как итог, забытые геологом характеристики грунтов. Бывает, встречаются и бессмысленные фотоматериалы. Например, ящики с образцами керна, уже поинтервально упакованными, но не поддающимися идентификации, фотографии низкого качества, фотографии в режиме недостаточной освещенности и тому подобное. Отдельная проблема – небрежность, недостоверность и непредставительность полевых материалов. Зачастую на борьбу с описанными выше проблемами организациям приходится затрачивать массу усилий ценных специалистов.

Ряд проблем связан с передачей полевых материалов:

- 1) часть образцов грунтов, передаваемых в лабораторию, может не находить отражения в прилагаемых ведомостях отбора, или наоборот;

2) количество, глубины отбора и характеристики образцов, отмеченные в буровом журнале, могут не соответствовать другим полевым материалам (полевым и лабораторным ведомостям образцов);

3) встречается проблема несвоевременного предоставления данных (несмотря на то что буровой журнал должен быть оформлен в течение одного дня, существует практика, когда полевые геологи ведут черновые записи, а их переписывание затягивается на недели, что может привести к утрате существенной, а зачастую и определяющей, информации).

В итоге уже на этапе сбора данных есть риск получения недостаточно охарактеризованных инженерно-геологических элементов, включая упущенные и забытые прослои специфических грунтов.

2. Камеральные работы

Камеральная обработка данных происходит несколько иначе, так как ее основная цель – проведение качественной схематизации и создание достоверной модели геологической среды с учетом всех осложняющих факторов и с последующим анализом полученных данных. Необходимость оцифровки и систематизации разнородных полевых данных усложняет и замедляет камеральную обработку, делает ее менее эффективной.

При получении первичной информации от полевых геологов возможны искажения и разночтения почерка описания грунта, которые могут приводить к неточностям и ошибкам при создании моделей и при планировании лабораторных испытаний. В дальнейшем конечному потребителю получить информацию об исходных деталях полевого описания бывает невозможно, хотя часто такая необходимость возникает.

Таким образом, для камеральной группы предпочтительно получение оперативных, систематизированных и стандартизированных данных, что позволяет в большей степени сохранить контроль процесса бурения и описания скважины, а также качественно назначить интервалы проведения полевых испытаний.

Для решения этих проблем требуется наращивание коммуникационных инструментов, которые позволяют собирать и обрабатывать полевые данные, хранить историю изменений и управлять полевыми работами. Они должны упростить двустороннюю связь между полевыми и камеральными геологами, а также обеспечить более быстрый и эффективный доступ к полевым данным.

3. Подготовка отчетной документации

При выявлении недостатков отчетной документации, как правило, возникает необходимость обратиться к исходным полевым материалам вплоть до первичного полевого описания и, таким образом, перескочить цикл обработки и оптимизации материала для включения его в отчет. Такой подход особо важен для сложных инженерно-геологических условий, в которых ключевую роль может сыграть каждый из выделенных инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

На этапе финальной схематизации полевых материалов с выделением ИГЭ возникает вопрос использования актуальной нормативной базы, требующей частого обращения к ней. Нарушение принятого алгоритма может привести к неверной интерпретации полученных результатов. Данный вопрос легко решаем при использовании информационных систем с автоматически регулярно обновляемой базой данных.

4. Управление

Заказчик заинтересован в выявлении и раннем содействии решению любых проблем, возникающих на площадке изысканий. Без должного контроля информация о количестве задействованных полевых бригад в запрошенный период времени становится известной постфактум. Трудности, возникающие в процессе производства работ (поломка техники, сложности с доступом к точкам, ограниченность ресурсов и тому подобное) становятся известными с большой временной задержкой, что может привести к увеличению сроков выполнения изысканий. Особенно остро такие проблемы возникают, когда на площадке задействовано одновременно много единиц техники.

Стоит отметить, что в рамках работ подрядной организации также давно ощущается необходимость в оптимизации управления. Например, назначение на бурение скважин с использованием систем интуитивного интерфейса, интегрированного с ГИС, позволяющего проводить работы по планированию и рассылать сотрудникам оповещения с целеуказаниями.

Основные функции современного комплексного приложения для инженерных изысканий

Из приведенного выше обширного (но далеко не исчерпывающего) перечня проблем вытекают основные функ-

ции современного комплексного приложения для инженерных изысканий.

- 1) Стандартизация сбора – строгие формы, подсказки в интерфейсе для сотрудников в поле, все данные сразу в цифровом виде.
- 2) Доступность – построение приложения на облачных технологиях, синхронизация данных.
- 3) Хранение истории изменений – доступ к исходным полевым материалам и контроль версий, хранение реестра истории изменений.
- 4) Систематизация данных – единая и понятная система хранения и выгрузки данных.
- 5) Коммуникация – привязка сообщений, замечаний контроля, приложений к каждой единице данных.
- 6) Ускорение решения рядовых задач – экспорт в стандартные шаблоны отчетности.
- 7) Онлайн мониторинг полного цикла работ – наличие доступа к самой актуальной информации в любой момент времени.

Выводы

В заключение можно отметить, что проблемы, связанные с несистематизированным и нестандартизированным сбором и обработкой первичных полевых данных, являются весьма актуальными для инженерных изысканий. Необходимость сбора и хранения данных в цифровом формате, а также систематизация их обработки обретают особую важность в эпоху цифровизации и развития технологий.

Современные комплексные приложения по типу ЕСМ-систем, способные решать проблемы, связанные с обработкой и хранением первичных полевых данных, могут значительно улучшить качество и эффективность процесса инженерных изысканий. Такие приложения позволяют стандартизировать сбор данных, упростить управление проектами, обеспечить доступность и хранение истории изменений, а также ускорить решение рядовых задач.

Внедрение таких приложений может привести к существенному повышению качества инженерных изысканий и увеличению эффективности управления проектами, что, в свою очередь, приведет к значительной экономии времени и ресурсов. Более того, подобные решения могут повысить точность и надежность сбора и обработки данных.

Мнения экспертов затрагивают разные сферы изысканий – от структури-

зации данных и совершенствования нормативной документации до методологий управления работами. Но все они едины в том, что в отрасли назрело время для серьезных цифровых трансформаций, которые могут решить большое количество проблем на стыках «поле – камералка» и «подрядчик – заказчик».

Таким образом, цифровая трансформация отрасли может вылиться в разработку и внедрение качественно новых приложений для инженерных изысканий, существенно упрощающих про-

цесс сбора и обработки полевых данных. Их применение позволит рационально использовать ресурсы и повысить эффективность проектов.

В целом, внедрение цифровых продуктов в работу изыскателей является необходимым шагом в направлении серьезного повышения качества, точности и скорости выполняемых инженерных изысканий. **И**

Автор выражает благодарность Д.С. Савченко за большой вклад в соз-

дание публикации, а также друзьям и коллегам И.И. Ящичкову, И.А. Гуськову, М.Д. Погудину, С.А. Малофееву, М.А. Булатникову за участие в обсуждении, критические замечания и предложенные дополнения, определившие главное содержание статьи. Отдельную благодарность хотелось бы выразить экспертам Т.Ю. Мелиховой, Е.А. Вознесенскому, П.А. Патрикееву, П.С. Романову, мнение которых придало собранному материалу необходимую полноту и логическую завершенность.

Независимый электронный журнал ГеоИнфо

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



WWW.GEOINFO.RU



Источник фото: pixabay.com
Photo source: pixabay.com

ВЛИЯНИЕ СВАЛОЧНОГО ФИЛЬТРАТА НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИССЛЕДОВАННОГО ГРУНТА

НТА С.А.

Преподаватель кафедры инженерных основ сельского хозяйства инженерного факультета Государственного университета штата Аква-Ибом, доктор наук, г. Икот Акпаден, шт. Аква-Ибом, Нигерия samuelnta@aksu.edu.ng

АЙОТАМУНО И.

Профессор факультета инженерных основ сельского хозяйства и охраны окружающей среды Государственного университета наук и технологий штата Риверс, доктор наук, г. Порт-Харкорт, Нигерия ayotamuno.josiah@ust.edu.ng

УДОМ И.Дж.

Заведующий кафедрой инженерных основ сельского хозяйства инженерного факультета Государственного университета штата Аква-Ибом, доктор наук, г. Икот Акпаден, шт. Аква-Ибом, Нигерия ikpeudom@aksu.edu.ng

АННОТАЦИЯ

Представляем вниманию читателей адаптированный и немного сокращенный перевод статьи «Влияние свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства исследованного грунта» [1], которая не так давно была опубликована на английском языке издательством WASET в международном журнале *Geological and Environmental Engineering*. Авторами указанной работы являются Сэмюэл Акпан Нта, Иосия Айотамуно и Икпе Джимми Удом из Государственного университета штата Аква-Ибом и Государственного университета наук и технологий штата Риверс (Нигерия). Эта статья находится в открытом доступе (онлайн) по лицензии CC-BY-4.0, которая позволяет ее копировать, переводить, адаптировать, переделывать и использовать для любых целей, даже коммерческих, при условии указания типов изменений и ссылки на первоисточник. В нашем случае полная ссылка на первоисточник [1] приведена в начале списка литературы (источники [2–8] из этого списка были использованы авторами переведенной работы).

В статье представлены результаты лабораторного анализа влияния свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства кислого суглинка, образцы которого были отобраны с глубины 0,9 м. Использованный для лабораторных исследований свалочный фильтрат был собран из шурфа, выкопанного в нескольких метрах от полигона твердых бытовых отходов, после чего был проанализирован его состав. Исследуемый суглинок помещали в специальную лабораторную установку и условно точно вводили в него свалочный фильтрат. Через 50 дней после окончания введения фильтрата и через 80 дней после начала эксперимента отбирали образцы загрязненного грунта на радиальном расстоянии 0,25 и 0,50 м и с глубины 0,15; 0,30; 0,45 и 0,60 м от точки внесения фильтрата.

Были рассмотрены такие физико-механические свойства образцов, как гранулометрический состав, плотность, оптимальная влажность, максимальная плотность в сухом состоянии, предел прочности на одноосное сжатие, предел текучести, предел пластичности и предел

усадки. Концентрации различных химических веществ на радиальных расстояниях 0,25 и 0,50 м и на глубинах 0,15; 0,30; 0,45 и 0,6 м от точки внесения фильтрата были разными.

Было установлено наличие влияния свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства грунта. Было также указано, что тип грунта, химический состав свалочного фильтрата, скорость его просачивания, водоносные горизонты, уровни подземных вод и т. д. должны играть важную роль в зоне воздействия загрязняющих веществ, присутствующих на свалке.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инженерные-геологические свойства грунта; свалочный фильтрат; полигон твердых бытовых отходов.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Нта С.А., Айотамуно И., Удом И.Дж. Влияние свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства исследованного грунта (пер. с англ.) // Геоинфо. 2023. № 3 С. 16–23 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-16-23

EFFECT OF LANDFILL LEACHATE ON ENGINEERING PROPERTIES OF TEST SOIL

SAMUEL A. NTA

PhD, Lecturer, Agricultural Engineering
Department, Akwa Ibom State University,
Ikot Akpaden, Nigeria
samuelnta@aksu.edu.ng

JOSIAH AYOTAMUNO

PhD, Professor, Department of
Agricultural and Environmental
Engineering, Rivers State University of
Science and Technology, Port Harcourt,
Nigeria
ayotamuno.josiah@ust.edu.ng

IKPE JIMMY UDOM

PhD, Head, Department of Agricultural
Engineering, Akwa Ibom State University,
Ikot Akpaden, Nigeria
ikpeudom@aksu.edu.ng

ABSTRACT

We present to the attention of the readers an adapted and slightly abridged translation of the paper "Effect of landfill leachate on engineering properties of test soil" [1], which was recently published in English in the International Journal of Geological and Environmental Engineering by the WASET publisher. The authors of this paper are Samuel Akpan Nta, Josiah Ayotamuno, and Ikpe Jimmy Udom from the Akwa Ibom State University and from the Rivers State University of Science and Technology (Nigeria). This article is in the open access (online) under the CC-BY-4.0 license, which allows it to be copied, translated, adapted, modified and used for any purpose (even commercial one) provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the reference to the original paper [1] is given at the beginning of the list of references (sources [2–8] from that list were used by the authors of the translated paper).

The article presents results of laboratory studies of the effects of landfill leachate on the engineering properties of the tested soil. The used soil was sandy loam that was acidic in its nature. It was collected at a depth of 0.9 m. The landfill leachate used for the laboratory studies was collected from a hole dug some meters away from a municipal solid waste landfill. Then its composition was analyzed.

The studied sandy loam was placed in a special laboratory installation. And the landfill leachate was introduced (conditionally pointwise) into this soil. Then, 50 days since the leachate application end and after 80 days since the start of the laboratory experiment, samples of the polluted soil were collected at radial distances of 0.25 and 0.50 m and at depths of 0.15, 0.30, 0.45, and 0.60 m from the application point of the landfill leachate.

Such physical and mechanical properties of the samples as particle size distribution, density, optimum moisture content, maximum dry density, unconfined compressive strength, liquid limit, plastic limit and shrinkage limit were determined. The concentrations of various chemicals at radial distances of 0.25 and 0.50 m and at depths of 0.15; 0.30; 0.45, and 0.6 m from the application point of the leachate were different.

It was founded the presence of effects of landfill leachate on the engineering properties of the tested soil. It was noted that the type of soil, chemical composition of the leachate, infiltration rate, aquifers, ground water table, etc. will have a major role in the influence zone of the pollutants from a landfill.



KEYWORDS:

soil engineering properties; landfill leachate; municipal solid waste landfill.

FOR CITATION:

Nta S.A., Ayotamuno M.J., Udom I.J. Vliyaniye svalochnogo fil'trata na inzhenerno-geologicheskiye svoystva issledovannogo grunta (per. s angl.) [Effect of landfill leachate on engineering properties of test soil (translation from English)]. *Geoinfo*. 2023. 3: 16–23 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-16-23 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

Твердые бытовые отходы состоят из мусора, который образуется в результате жизнедеятельности человека в жилых, торговых и административных зданиях, а также в местах проведения общественных и культурных мероприятий. Существует ошибочное мнение о том, что твердые бытовые отходы достаточно безопасны и не наносят вреда окружающей среде. Самым распространенным способом избавления от таких отходов во многих странах считается их сброс или захоронение на специальных полигонах. Из жидкостей, присутствующих в отходах, или из дождевой воды, просачивающейся сквозь их толщу, образуются фильтраты, представляющие собой растворы водорастворимых соединений из мусора, которые накапливаются по мере движения воды через мусор к грунту.

Загрязняющие вещества, присутствующие в свалочных фильтратах, могут быть разделены на опасные, обычные и нестандартные. Тот или иной материал не может быть отнесен к опасным отходам до тех пор, пока его фильтрат не будет содержать то или иное химическое вещество в концентрациях, по крайней мере в 100 раз превышающих его стандартную концентрацию для питьевой воды [2]. Растворы обычных загрязняющих веществ могут характеризоваться такими параметрами, как общее количество растворенных веществ, жесткость, щелочность и др. Нестандартные загрязнители – это в основном органические химические вещества, которые имеют большое значение для общественного здравоохранения и пользователей подземных вод. Литературные данные указывают на то, что в среднем 95% органических материалов в свалочных фильтратах имеют неизвестный состав и их возможное воздействие на окружающую среду не определено [3].

Риски образования свалочных фильтратов могут быть снижены за счет правильно спроектированных и оборудованных полигонов твердых бытовых отходов, например при выборе для них участков, сложенных водонепроницае-

мыми грунтами, или при использовании искусственных водонепроницаемых покрытий поверхности земли (водонепроницаемых геомембран, специально обработанной глины или др.). Гидроизоляция полигона должна функционировать должным образом – чтобы предотвратить просачивание свалочного фильтрата через его дно и загрязнение грунтовых вод. Но в большинстве случаев гидроизоляционные материалы, к сожалению, вряд ли будут надежно работать, что приведет к попаданию свалочного фильтрата в грунты под полигоном и к их возможному загрязнению.

Данное исследование направлено на выявление отдельных загрязняющих веществ и на определение их влияния на инженерно-геологические свойства протестированных грунтов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ►

Грунт ►

Анализ верхних слоев инженерно-геологического разреза необходим для понимания взаимодействия грунта с другими компонентами окружающей среды и путей проникновения в него (или выделения из него) загрязняющих веществ [4].

Использованный для исследований исходный незагрязненный грунт представлял собой суглинок, кислый по своей природе. Он был взят с глубины 0,9 м. Были определены следующие инженерно-геологические свойства этого исходного грунта: гранулометрический состав, плотность, оптимальная влажность, максимальная плотность в сухом состоянии, предел прочности при одноосном сжатии, предел текучести, предел пластичности и предел усадки.

Свалочный фильтрат

Свалочный фильтрат, использованный в данном исследовании, был взят на Главном полигоне твердых бытовых отходов Уйо – столицы штата Аква-Ибом на юге Нигерии. Фильтрат был отобран из шурфа, выкопанного в нескольких метрах от свалки. Затем его доставили в лабораторию и хранили в холодильнике при температуре

плюс 4 °С до применения в эксперименте. Кроме того, были проанализированы его физико-химические параметры в соответствии со стандартами Американской ассоциации работников здравоохранения [5].

Оборудование и методика эксперимента ►

Эксперимент проводился в лабораторных условиях в специально разработанной установке. Испытываемый грунт высушивали на воздухе в течение 28 дней и помещали в испытательный резервуар, в качестве которого использовался прямоугольный контейнер средней вместимости для сыпучих и жидких материалов (intermediate bulk container, IBC). Удельный вес уплотненного и неуплотненного грунта составлял 13,8 и 12,3 кН/м³ соответственно.

В центре резервуара в грунте устраивалась круглая ямка диаметром 60 мм и глубиной 50 мм для имитации полигона твердых бытовых отходов. В нее до глубины 50 мм была вставлена поливинилхлоридная (ПВХ) труба диаметром 60 мм и общей длиной 400 мм. В стенках нижнего 50-миллиметрового участка этой трубы, на котором она контактировала с грунтом, имелась перфорация. Из бака, установленного над контейнером, по указанной трубе в грунт с постоянной скоростью подавался свалочный фильтрат, общий объем которого составил 4,76 л. Благодаря перфорации он поступал в грунт равномерно. Скорость подачи была рассчитана так, чтобы за 50 дней была достигнута 50%-ная степень насыщения грунта фильтратом (рис. 1).

Следует отметить, что в начале эксперимента через контейнер с грунтом пропускали незагрязненную воду, чтобы обеспечить стационарные (установившиеся) условия, а уже только после этого начали подавать свалочный фильтрат. Это позволило установить надлежащие условия на входе в грунт, чтобы поддерживать постоянную скорость ввода фильтрата, которая составляла около 1,157×10⁻⁶ л/с. Загрязненные образцы грунта, отбирали на радиальных расстояниях от центральной точки

внесения свалочного фильтрата, равных 0,25 и 0,50 м, через 50 дней после окончания ввода фильтрата и через 80 дней от начала эксперимента.

Для взятия загрязненных образцов грунта с разной глубины на радиальных расстояниях от центральной точки внесения свалочного фильтрата, равных 0,25 и 0,50 м, вводилась трубка из ПВХ диаметром 14 мм и длиной 0,7 м. Через 50 дней после окончания ввода фильтрата и через 80 дней от начала эксперимента отобраны по восемь образцов с глубин 0,15; 0,30; 0,45 и 0,60 м от поверхности грунта на радиальных расстояниях 0,25 и 0,50 м от места ввода свалочного фильтрата. Далее были определены свойства этих проб.

Исследования образцов грунта ►

Инженерно-геологические свойства взятых образцов грунта определялись в лаборатории в соответствии с действующими нормами, выработанными Бюро индийских стандартов (BIS) [6]. Были определены такие параметры, как гранулометрический состав, плотность, оптимальная влажность, максимальная плотность в сухом состоянии, предел прочности на одноосное сжатие, предел текучести, предел пластичности и предел усадки.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ ►

Физические свойства и химический состав свалочного фильтрата ►

Некоторые средние физико-химические показатели свалочного фильтрата, использованного в эксперименте, представлены в таблице 1.

Влияние свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства образцов грунта ►

В таблицах 2 и 3 приведены полученные результаты для образцов, взятых через 50 дней с момента окончания внесения фильтрата и через 80 дней с начала эксперимента на радиальных расстояниях 0,25 и 0,50 м с глубин 0,15; 0,30; 0,45 и 0,60 м. Были выявлены небольшие различия между исходными свойствами грунта и свойствами образцов, взятых через указанные интервалы времени. Это может быть связано с влиянием химического состава свалочного фильтрата, использованного для эксперимента. Чтобы обобщить и наглядно показать влияние фильтрата на инженерно-геологические свойства ис-



Рис. 1. Лабораторная испытательная установка

Таблица 1. Некоторые средние физико-химические показатели свалочного фильтрата

Параметр		Значение
pH		8,51
ЕС, мСм/см*		4463
Содержание, мг/л	свинца	0,31
	кадмия	0,06
	никеля	0,35
	меди	8,67

* ЕС – электропроводность (удельная электрическая проводимость); мСм/см – миллизименс на сантиметр (мСм/см)

следованных образцов грунта, их изменения были представлены в графическом виде в зависимости от глубины залегания грунта.

Гранулометрический состав

На рисунке 2 показано, что образцы загрязненного грунта, отобранные через 50 дней, имеют большее процентное содержание глинистых частиц, чем соответствующие незагрязненные контрольные образцы. При увеличении срока «созревания», то есть в образцах, взятых через 80 дней, процентное содержание глинистых частиц уменьшается. Что касается пылеватых частиц, то через 50 дней в загрязненных образцах их меньше, чем в контрольном, за исключением образца с глубины 0,15 м и радиального расстояния 0,5 м, где было зафиксировано столько же пылеватых частиц, сколько и в контроле (5,4%). При

увеличении срока «созревания», то есть через 80 дней, процентное содержание пылеватых частиц увеличиваются с уменьшением глубины взятия образца.

Результаты этого исследования показывают, что доля глинистых частиц увеличивается из-за влияния химического состава свалочного фильтрата с рассмотренного полигона. Изменение размера частиц грунта можно объяснить химическим выветриванием (то есть превращением первичных минералов во вторичные материалы, которые функционируют как основные строительные блоки мелких частиц грунта; в результате могут быть синтезированы новые материалы).

Согласно работе [7] содержание глинистых частиц в сильнозагрязненных образцах грунта выше, чем в слабозагрязненных. При воздействии поллютантов содержащиеся в грунте органические и

Таблица 2. Результаты эксперимента через 50 дней (по [1])

Параметр	Радиальное расстояние от центральной точки внесения свалочного фильтрата в грунт, м								Контроль
	0,25				0,50				
Глубина, м	0,15	0,30	0,45	0,60	0,15	0,30	0,45	0,60	
Содерж. глинистых частиц, %	10,8	12,8	12,8	12,8	10,5	10,8	10,8	12,8	10,0
Содерж. пылеватых частиц, %	3,4	1,4	1,4	1,4	5,4	3,4	3,4	1,4	5,4
Плотность, г/см ³	2,4	2,6	2,8	2,8	2,5	2,7	2,7	2,9	3,2
Оптим. влажность, %	16	19	20	27	12	16	18	18	10
Макс. плотность в сухом состоянии, г/см ³	1,50	1,44	1,47	1,48	1,45	1,45	1,48	1,48	1,63
Предел прочности на одноосное сжатие, кПа	110	111	114	118	108	115	118	119	101
Предел текучести, %	35	36	38	39	34	35	39	30	32
Предел пластичности, %	15	15	14	14	14	15	16	15	13
Предел усадки, %	20	22	21	20	19	20	20	22	17

Таблица 3. Результаты эксперимента через 80 дней (по [1])

Параметр	Радиальное расстояние от центральной точки внесения свалочного фильтрата в грунт, м								Контроль
	0,25				0,50				
Глубина, м	0,15	0,30	0,45	0,60	0,15	0,30	0,45	0,60	
Содерж. глинистых частиц, %	6	5	7	6	5	6	7	7	10,0
Содерж. пылеватых частиц, %	13,8	13	9	13	12	11,5	9,2	10	5,4
Плотность, г/см ³	2,10	2,30	2,40	2,70	2,40	2,60	2,70	2,90	3,2
Оптим. влажность, %	10	14	16	20	15	16	16	19	10
Макс. плотность в сухом состоянии, г/см ³	1,62	1,51	1,54	1,50	1,57	1,54	1,56	1,59	1,63
Предел прочности на одноосное сжатие, кПа	128	135	140	160	129	130	145	150	101
Предел текучести, %	30	35	34	33	32	37	39	31	32
Предел пластичности, %	12	17	16	15	14	17	18	15	13
Предел усадки, %	19	24	18	20	17	20	21	23	17

неорганические сложные коллоидные частицы и растворимые соли растворяются, что приводит к ослаблению прочных связей между частицами грунта. Поэтому большая часть последних будет легко диспергироваться и содержание глинистых частиц в сильнозагрязненном грунте будет увеличиваться [8].

Плотность

Результаты определения плотности образцов исследуемого грунта, загрязненного свалочным фильтратом, в сопоставлении с соответствующими незагрязненными контрольными образцами представлены на рисунке 3. Из него видно, что разница между значениями

плотности образцов с разных глубин через 50 дней была несколько выше, чем через 80 дней. При этом значения плотности загрязненных образцов в целом были ниже таковых для незагрязненных контрольных образцов.

Характеристики, связанные с уплотненностью грунта

Результаты исследования характеристик, связанных с уплотненностью загрязненного грунта, представлены на рисунках 4 и 5.

Рисунок 4 показывает уменьшение максимальной плотности в сухом состоянии для загрязненных образцов, особенно через 50 дней, по сравнению

с контрольными незагрязненными. Через 80 дней этот параметр становится больше.

Рисунок 5 показывает, что оптимальная влажность загрязненных образцов растет с увеличением глубины (особенно на радиальном расстоянии 0,25 м через 50 дней) по сравнению с контрольными незагрязненными образцами. Это согласуется с результатами исследования гранулометрического состава, которые выявили большее процентное содержание более мелких частиц в загрязненных образцах (поскольку более мелкие частицы имеют большее сродство к воде и согласно известному правилу механики грунтов чем выше оптимальное

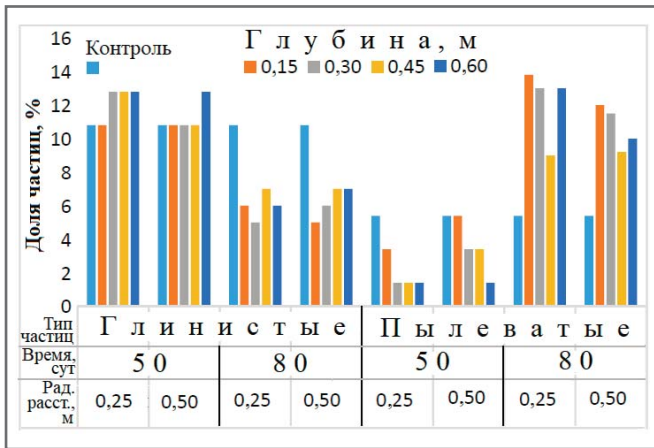


Рис. 2. Гранулометрический состав образцов грунта, взятых на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата и на разной глубине от поверхности, через 50 и 80 дней

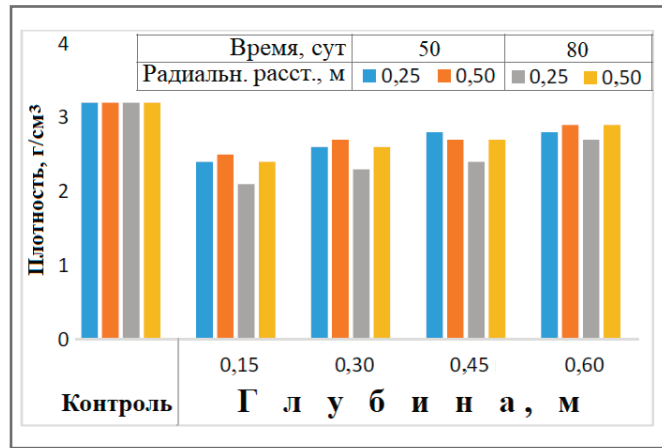


Рис. 3. Значения плотности образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

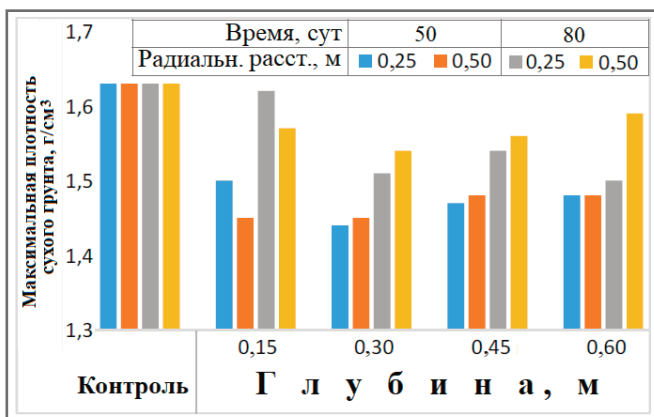


Рис. 4. Значения плотности высушенных образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

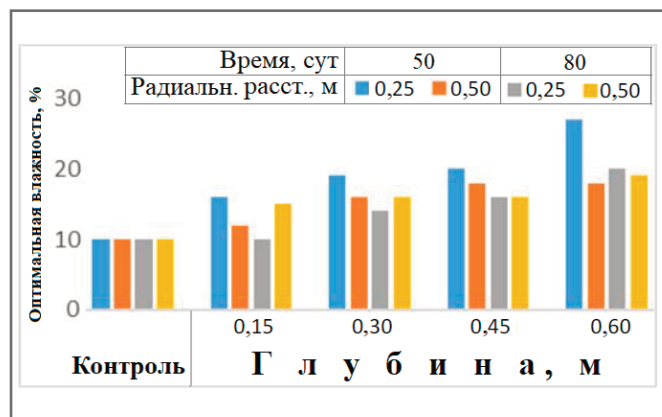


Рис. 5. Значения оптимального содержания влаги для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

содержание влаги, тем ниже максимальная плотность сухого грунта).

Предел прочности на одноосное сжатие

По сравнению с контрольными незагрязненными образцами грунта для загрязненных свалочным фильтратом образцов наблюдалось увеличение прочности на одноосное сжатие, особенно с глубиной их отбора (последнее может быть связано с изменением толщины диффузной части двойного электрического слоя с глубиной) (рис. 6). Также наблюдалась некоторая тенденция к увеличению прочности по мере «созревания» грунта, то есть для отобранного через 80 дней (по сравнению с отобраным через 50 дней).

Пределы Аттерберга

На рисунках 7–9 показаны изменения пределов Аттерберга для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном рас-

стоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней.

Воздействие свалочного фильтрата привело к увеличению влажности на границе текучести (предела текучести) загрязненных образцов грунта, отобранных через 50 дней, особенно на радиальном расстоянии 0,25 м и с глубиной (в целом). Но с увеличением срока «созревания» загрязненного грунта, то есть отобранного через 80 дней, предел текучести становится меньше (рис. 7).

Из рисунка 8 видно, что в целом наблюдаются тенденции к увеличению влажности на границе раскатывания (предела пластичности) загрязненных свалочным фильтратом образцов грунта с увеличением глубины, радиального расстояния и времени.

Из рисунка 9 видно, что предел усадки (содержание влаги, при котором дальнейшая ее потеря не приведет к большему уменьшению объема грунта) для загрязненных свалочным фильтратом образцов грунта в целом

больше, чем для контрольных незагрязненных. Изменения этого параметра в зависимости от глубины и времени незначительны (хотя, возможно, и есть некоторая тенденция к увеличению. – *Ред.*).

Изменения пределов Аттерберга может быть связано с изменениями характера порового раствора. Щелочная природа свалочного фильтрата в поровой среде способствует дезинтеграции частиц грунта и соответствующему увеличению степени его дисперсности и удельной поверхности (суммарной площади поверхности всех частиц грунта в единице его объема).

Выводы ►

Целью данной работы было выявление состава выбранного свалочного фильтрата и определение его влияния на инженерно-геологические свойства исследуемого грунта (кислого суглинка). На основании результатов проведенных исследований и информации из

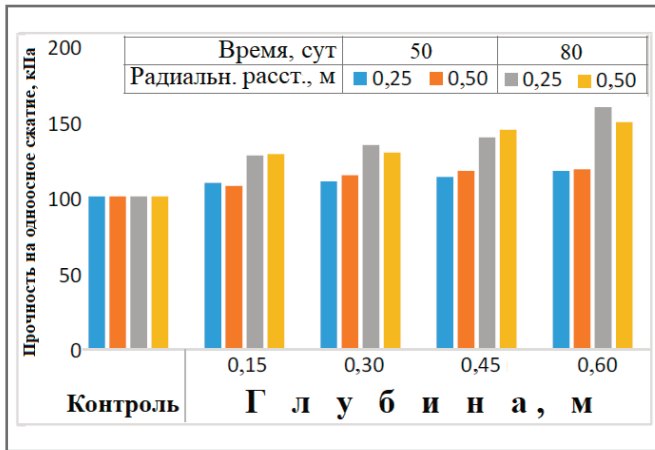


Рис. 6. Значения предела прочности на одноосное сжатие для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

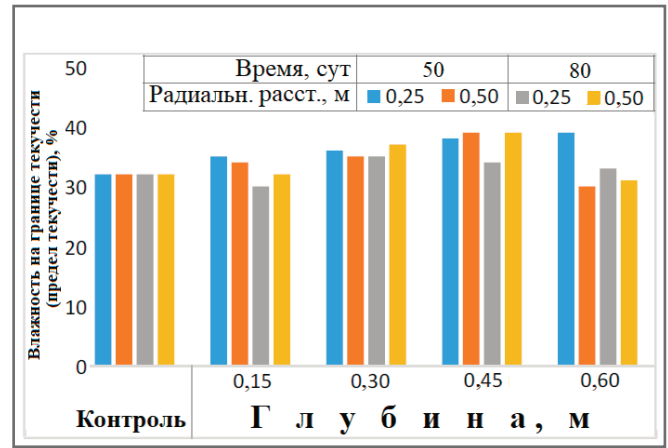


Рис. 7. Значения влажности на границе текучести (предела текучести) для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

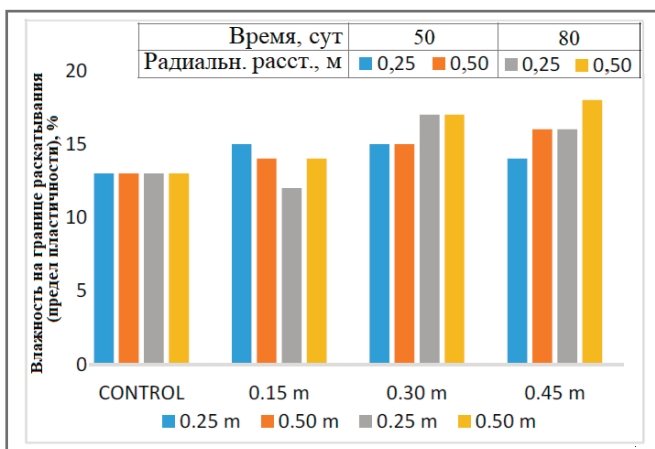


Рис. 8. Значения влажности на границе раскатывания (предела пластичности) для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

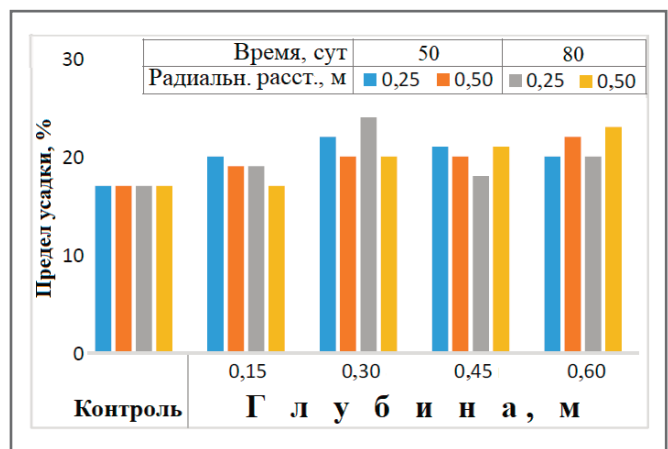


Рис. 9. Значения предела усадки для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

литературных источников можно сделать следующие выводы.

1. Свалочный фильтрат поступал в однородный плотный слой грунта из условно точечного в плане источника. Но из литературы следует, что количество слоев, изменения плотности, наличие трещин разных размеров, направления потоков подземных вод и т. д. будут играть важную роль в направлениях просачивания свалочного фильтрата в грунт. Поскольку условия на разных полигонах твердых бытовых отходов различны, нельзя обобщить

схемы просачивания свалочных фильтратов для них.

2. Состав свалочного фильтрата варьирует от полигона к полигону. На удержание химических веществ в грунте будут влиять его адсорбционные свойства, подвижность и растворимость химических веществ и т. д.

3. Состав свалочного фильтрата оказывает влияние на инженерно-геологические свойства грунта. В зависимости от своего химического состава фильтрат может привести к дезинтеграции частиц грунта, что может вызвать уменьшение

его плотности и изменение пределов Аттерберга, а также флокуляцию, то есть слипание мелких частиц грунта в более крупные.

4. Просачивание свалочного фильтрата было единственным источником влаги в исследуемом грунте в период испытаний. После прекращения подачи фильтрата существенных изменений концентрации химических веществ не наблюдалось. Это доказывает, что вероятность перемещения химических веществ в грунте без поступления поровой влаги меньше. **и**

ИСТОЧНИКИ (REFERENCES) ►

1. Nta S.A., Ayotamuno M.J., Udom I.J. Effect of landfill leachate on engineering properties of test soil // International Journal of Geological and Environmental Engineering. World Academy of Science, Engineering and Technology, 2021. Vol 15. № 2. Paper 32255. URL: publications.waset.org/10011842/effect-of-landfill-leachate-on-engineering-properties-of-test-soil; researchgate.net/publication/349124450_Effect-of-Landfill-Leachate-on-Engineering-Properties-of-Test-Soil/link/6021df0092851c4ed55b8220/download.

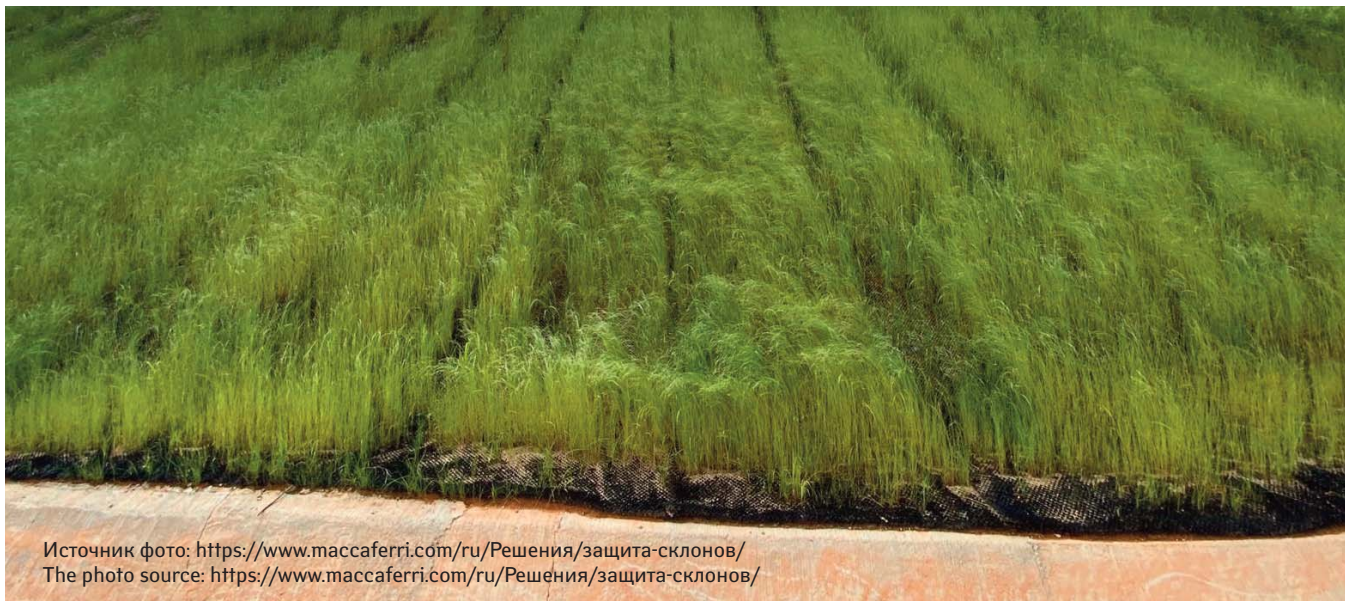
2. 40 CFR. Introduction to hazardous waste identification. United States Environmental Protection Agency, 2005.
3. Lee G.F., Anne J.L. Impact of municipal and industrial non-hazardous waste landfills on public health and the environment: an overview. Sacramento, CA, USA: California EPA Comparative Risk Project, 1994.
4. Radojevic M., Bashkin V.N. Practical environmental analysis. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 1998.
5. APHA Standard. 3125B. Inductively coupled plasma/mass spectrometry method for trace metals. Washington, DC: American Public Health Association, 2005.
6. IS 3025-1. Methods of sampling and test (physical and chemical) for water and wastewater. Part 1. Sampling. New Delhi, India: Bureau of Indian Standards, 1987.
7. Mitchell J.K. Fundamentals of soil behavior (third ed.). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons Inc., 2005. 577 p. John: Wiley & Sons, 2005.
8. Jia Y.G., Wu Q., Meng X.M., et al. Case study on influences of oil contamination on geotechnical properties of coastal sediments in the Yellow River delta // Proceedings of the International Symposium on Geo-Environmental Engineering. Hangzhou, China, 2009.

Независимый электронный журнал **ГеоИнфо**

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



WWW.GEOINFO.RU



Источник фото: <https://www.maccaferri.com/ru/Решения/защита-склонов/>
The photo source: <https://www.maccaferri.com/ru/Решения/защита-склонов/>

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫМИ СРЕДСТВАМИ И ФОРМИРОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

БИСКЕТТИ ДЖ.Б.

Миланский университет, г. Милан,
Италия

АННОТАЦИЯ

Представляем вниманию читателей немного сокращенный адаптированный перевод отчета [1] о библиографических исследованиях о влиянии различных противоэрозионных средств на эффективность образования растительного покрова на откосах и склонах. Эти исследования были выполнены по договору между Миланским университетом и итальянской транснациональной компанией Maccaferri («Маккаферри»). Текст отчета подготовил профессор Миланского университета Джан Баттиста Бискетти. В самих исследованиях помимо него также приняли участие и другие представители Миланского университета (доктор наук Андреа Андреоли, инженер Алессіо Числаги), а также ряд инженеров компании «Маккаферри» (Никола Маццон, Паоло Бьянкини, Паоло Ди Пьетро, Пьетро Пеццано, Пьетро Римольди, Марко Викари).

В конце описания результатов исследований приводится информация о влиянии на вегетацию и об общей эффективности работы геоматов MacMat («МакМат»), производимых компанией «Маккаферри». Отметим, что эта компания с 1994 года имеет подразделение в России, представительства в остальных странах СНГ и завод в Московской области).

Ссылка на первоисточник [1] для перевода приведена в начале списка литературы. Остальные источники из списка были использованы автором оригинальной работы.

Консультативную помощь при подготовке перевода оказал Иван Александрович Кукло – директор по маркетингу компании «Маккаферри СНГ» в Москве.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

противоэрозионные средства; геосетки; георешетки; геоматы; геоодеяла; растительный покров; склоны; откосы.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Бискетти Дж.Б. Взаимосвязь между противоэрозионными средствами и формированием растительного покрова // Геоинфо. 2023. № 3. С. 24–37
DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-24-37

RELATIONSHIPS BETWEEN EROSION CONTROL PRODUCTS AND VEGETATION GROWTH

BISCHETTI G.B.

University of Milan, Milan, Italy

ABSTRACT

We present to the readers a slightly abridged and adapted translation of the report [1] on bibliographic studies of the influence of various erosion control products on vegetation establishment on artificial and natural slopes. Those studies were performed under a contract between the University of Milan and the Italian multinational company "Maccaferri". The text of the report was prepared by Gian Battista Bischetti who is a professor of the University of Milan. In addition to him, other representatives of the University of Milan (DSc Andrea Andreoli, engineer Alessio Cislighi), as well as a number engineers of the "Maccaferri" company (Nicola Mazzon, Paolo Bianchini, Paolo Di Pietro, Pietro Pezzano, Pietro Rimoldi, Marco Vicari) also took part in the studies themselves.

At the end of the description of the research results, the report gives some information on the the influence of "MacMat" geomats (produced by the "Maccaferri" company) on vegetation establishment and anti-erosion effect efficiency. (It should be noted that since 1994 the "Maccaferri" company has had a division in Russia, representative offices in other CIS countries and a factory in the Moscow region).

The reference to the original source [1] for the translation is given at the beginning of the list of references. The remaining sources from the list were used by the author of the original paper.

Some advisory assistance during the translation work was provided by Ivan Aleksandrovich Kuklo who is the marketing director of the "Maccaferri CIS" company in Moscow.

KEYWORDS:

erosion control products; geonets; geogrids; geomats; geoblankets; vegetation cover; natural slopes; artificial slopes.

FOR CITATION:

Bischetti G.B. Vzaimosvyaz' mezhdu protiverozionnymi sredstvami i formirovaniyem rastitel'nogo pokrova [Relationships between erosion control products and vegetation growth]. *Geoinfo*. 2023. 3: 24–37
DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-24-37 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

Естественная растительность часто считается достаточной защитой откосов и склонов от эрозии при условии, что она «хорошо прижилась» [2]. Такое качественно определенное условие можно отождествить с тем, что Департамент транспорта Техаса считает «приемлемой плотностью растительности», – 80 и 70% покрытия поверхности откосов и насыпей из глинистых и песчаных грунтов соответственно (и 70% – для берегов рек) [3].

Кроме того, необходимо учитывать сдвигающие воздействия потоков при высоких уровнях воды и сравнивать их величины с сопротивлением склонов, покрытых растительностью. Однако растительного покрова может быть недостаточно, когда сдвигающее воздействие потока сильнее пороговых значений со-

противления откоса или склона или если растительный покров разрушен или недостаточен.

Создание растительного покрова на эродированных склонах холмов и на берегах рек может быть затруднено в сложных реальных условиях (микrokлиматических, грунтовых и др.). Кроме того, всегда должно пройти определенное время, прежде чем растительность хорошо приживется, – и в этот период грунт в любом случае подвержен риску эрозии из-за интенсивных дождевых осадков, неожиданного высокого уровня воды и пр. Полное формирование растительного покрова обычно занимает до 1–2 вегетационных сезонов в районах с умеренным климатом или даже дольше в более суровых условиях, тогда как в тропических широтах времени на это

уходит меньше (но это уравновешивается увеличением скорости распада противоэрозионных продуктов) [4].

Поэтому для защиты откосов и склонов и создания устойчивых неразмываемых поверхностей, благоприятных для укоренения и роста растений, часто используют изделия для борьбы с эрозией, изготовленные из синтетических или органических волокон (например, [5, 6]). Но такие изделия могут способствовать или препятствовать формированию растительного покрова в зависимости от их характеристик, а также грунтовых и климатических условий.

За прошедшие годы было разработано множество противоэрозионных изделий из натуральных или синтетических материалов (геотекстиль, геосинтетика, геосетки, георешетки, геоматы, геодеяла).

В литературе можно найти разные термины для такого рода продуктов. В последнее десятилетие Совет по технологическому контролю эрозии (Erosion Control Technology Council, ECTC) и Американское международное общество по испытаниям и материалам (American Society for Testing and Materials, ASTM) [7] называют эти изделия рулонными противоэрозионными средствами (Rolled Erosion Control Products – RECPs). Используются также гидравлические (гидропосевные) средства для защиты от эрозии (Hydraulic Erosion Control Products, HECPs), например мульча.

В данном обзоре эти продукты будут называться противоэрозионными средствами / продуктами / изделиями (Erosion Control Products, ECP).

Первая приблизительная классификация противоэрозионных средств может быть выполнена в соответствии с материалами, использованными для их изготовления.

1. *Биологические (органические) средства из натуральных волокон (кокосовых, джутовых, пальмовых, лубяных, бумажных, соломенных, древесно-стружечных и т. д.).* Эти продукты поддаются полному биоразложению, имеют ограниченную прочность, ограниченный срок службы (от 1–2 лет [8], до 4–10 лет [9]) и высокую изменчивость характеристик. Обычно они изготавливаются в виде тканого (плетеного) геотекстиля со сквозными ячейками или, как в случае геоодеял, из плотного слоя случайно ориентированных волокон с небольшой долей общей площади сквозных отверстий. Джутовые сетки характеризуются высокой драпируемостью (прилеганием к поверхности грунта) и гибкостью [10], хотя их прочность на разрыв является умеренной и обычно сохраняется только в течение 1–2 лет [8]. Кокосовые волокна служат дольше, чем другие натуральные материалы [11], и могут применяться для производства тканых или нетканых изделий. Такие продукты в основном используются в развивающихся регионах из-за их доступной стоимости [12].

2. *Синтетические изделия, обычно изготавливаемые из полимеров (полипропилена, полиамида-6 (ПА6) или полиэстера).* Геосинтетические продукты имеют более длительный срок службы (не менее 20 лет [9]), более высокую прочность, менее изменчивые характеристики и включают такие изделия, как: двухосно ориентированные легкие георешетки, двумерные геосетки, геоматы, армированные геоматы (изготавливаемые

путем комбинирования геоматов и георешеток или металлических сеток). В эти продукты могут быть заложены цветостойкость и устойчивость к ультрафиолетовому облучению с учетом конкретных требований в зависимости от места эксплуатации и требуемого срока службы. Их можно разместить на откосе или склоне, чтобы помочь растительности противостоять эрозии. К тому же они не усыхают и не набухают, поскольку не впитывают влагу.

Вторая классификация относится к технологии изготовления противоэрозионных продуктов:

1) *легкие георешетки и геосетки со сквозными ячейками* – двумерные продукты, произведенные из полипропилена, полиэтиленовых смол или натуральных волокон;

2) *геоодеяла* в виде матов из натуральных или синтетических волокон, которые скреплены между собой натуральными или синтетическими легкими сетками;

3) *геоматы*, обычно изготавливаемые из переплетенных (спутанных) синтетических нитей, образующих сильно деформируемый упругий слой толщиной от 10 до 20 мм с очень высоким показателем пустотности (в среднем более 90%) (геоматы можно комбинировать с георешетками или металлическими сетками для образования геокомпозитных конструкций, называемых армированными геоматами).

Циглер и др. [13] считают, что на эффективность работы противоэрозионных изделий больше влияют их физические свойства, а не сам материал. В действительности характеристики этих продуктов, эффективность их работы и успех образования на защищенных ими участках растительного покрова в основном зависят именно от сочетания материала и технологии его обработки.

В то время как большое количество исследований было сосредоточено на эффективности противоэрозионных изделий (особенно изготовленных из биологических материалов) в отношении снижения потерь грунта при поверхностном стоке [15–18], гораздо меньше оценивалось влияние различных контролирующих эрозию продуктов на успешное развитие растительного покрова [4, 19–21].

Настоящее исследование направлено на то, чтобы посредством анализа литературных данных определить, какие характеристики разных категорий противоэрозионных изделий более важны для

формирования на защищенных ими участках растительного покрова.

РОЛЬ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ►

Противоэрозионные средства оказывают двойное влияние на успешность вегетации. С одной стороны, они обеспечивают непосредственную защиту поверхности грунта от поверхностного стока по склонам холмов, берегам рек и откосам при дождях, а также от воздействий водных потоков при высоких уровнях воды в реках или ручьях. С другой стороны, они влияют на факторы, которые стимулируют прорастание семян, укоренение и рост растений, способствуя или препятствуя их действию (например, [21]). Во-первых, противоэрозионные изделия могут изменить микроклимат у поверхности грунта [5, 22–24], а затем и биологические процессы, регулирующие формирование растительного покрова. Во-вторых, они могут изменять гидрологические процессы, особенно в отношении поверхностного стока и инфильтрации влаги в грунт, а также механически препятствовать росту растений.

В следующих разделах будут рассмотрены ключевые факторы (температура, влажность и тип грунта, видовой состав растений, время посева или высадки рассады, климатические условия и др.), влияющие на успех вегетации, и их взаимосвязь с противоэрозионными средствами.

Температура ►

Поверхностная и подповерхностная температура грунта в основном зависит от поглощенного коротковолнового излучения, которое, в свою очередь, влияет на влажность грунта, прорастание семян, производство биомассы и распределение потоков неизлучаемой энергии, скрытой и ощутимой теплопередачи.

Прорастание семян и рост растений тесно связаны с температурой грунта в зонах роста развития корней и на поверхности. С одной стороны, для прорастания семян и укоренения растений температура должна достичь определенных порогов, обычно выражаемых в градусо-днях роста [25]. С другой стороны, слишком высокие температуры грунта могут быть вредны для спящих семян и появляющихся всходов [26, 27] по меньшей мере в трех отношениях:

1) высокие температуры грунта вызывают физиологический стресс и возможную гибель семян и ростков;

2) высокие температуры грунта снижают доступность воды и уменьшают диффузию элементов, необходимых для роста корней;

3) быстрое высыхание поверхности грунта приводит к повышению прочности его верхнего слоя, что может ограничить появление всходов.

Некоторые исследования показали, что покрытие грунтов органической мульчей (соломой, сеном, стружкой, листьями, хвоей, бумагой, корой, щепой, опилками или другими остатками сельскохозяйственного или деревообрабатывающего производства) обеспечивает более умеренный температурный режим по сравнению с непокрытой поверхностью в сопоставимых условиях и улучшает прорастание семян, укоренение, появление всходов и рост трав (например, [26]). В частности, есть данные, указывающие на то, что грунты, покрытые мульчей, в жаркое время имеют значительно более низкие пиковые дневные температуры (например, [26, 28, 29]). Гупта и др. [28] объяснили более низкие максимальные температуры грунта под мульчей ее меньшей теплопроводностью и большим альбедо. Следует, однако, отметить, что в условиях низкой солнечной радиации можно было бы ожидать незначительных преимуществ мульчирования с точки зрения снижения температуры грунта. Но в условиях высокой солнечной радиации, например в тропиках, могла бы быть большая польза от покрытия грунтов мульчей (например, [30]). (При этом в России и других странах с более холодным климатом мульча могла бы предохранить поверхностный грунт от излишних потерь тепла или даже промерзания при заморозках. – *Ред.*)

Противоэрозионные средства, действуя как мульча, могут перераспределять тепло и изменять температуру всей системы и грунта, смягчая температурные колебания. Максимальные дневные температуры снижаются, поскольку противоэрозионные продукты поглощают солнечную энергию, тогда как ночью они, наоборот, могут предотвращать потери тепла за счет изоляции, повышая средние температуры грунтов и уменьшая их экстремальные значения [5]. Дудек и др. [31] обнаружили, что на глубине 1,3 см в ясный день температура поверхностного грунта, защищенного геоодеялами или органическими геосетками, составляла соответственно 12,7 и 15,7 °С и была значительно ниже по сравнению с голым склоном (21,8 °С). То же самое было отмечено и Мапа [32]

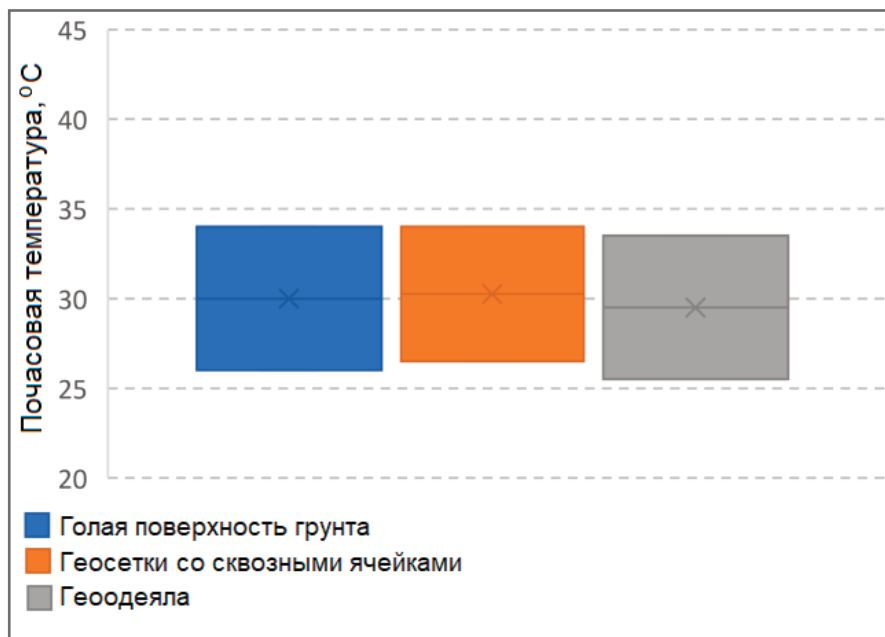


Рис. 1. Почасовая температура незащищенного грунта и грунта под противоэрозионными изделиями на глубине 8 см от поверхности (по [15])

в отношении продуктов из кокосового волокна.

Сазерленд и др. [24] (рис. 1) обнаружили, что все протестированные противоэрозионные средства оказали смягчающее влияние при экстремальных температурах, но геосетки со сквозными ячейками и тонкие геоодеяла в основном оказывали ограниченное влияние на сглаживание температурных экстремумов. Толщину изделия, однако, следует рассматривать в сочетании с другими его характеристиками, такими как архитектура расположения волокон (например, в сетке с регулярной ориентацией волокон и одинаковыми сквозными ячейками или в геоодеяле со случайной ориентацией волокон) и их скрученность, что может привести к различной теплопроводности. Положительная взаимосвязь между толщиной противоэрозионного изделия и продуктивностью формирования растительного покрова была также обнаружена Файфилдом и Малнором [33].

Таким образом, общее влияние противоэрозионных средств на температуру грунта зависит от сочетания технологии производства изделия, состава его материала, размера отверстий, цвета, толщины и кроющей способности (степени прилегания к грунту). Сазерленд и др. [15] показали, что противоэрозионные продукты влияют на значения альбедо поверхности и что разные продукты имеют разное влияние в зависимости от их цвета и теплопроводности. Однако после полного формирования растительного покрова не должно наблюдаться никакой разницы.

Влажность грунта ►

Высокие температуры поверхностного грунта усиливают испарение и снижают содержание в нем влаги, что сильно зависит от суточных колебаний температуры. В агрономической литературе продемонстрировано регулирование температуры грунта и сохранение его влажности с помощью мульчирования [34 и др.]. Например, сухой песчаный грунт имел удельную теплоемкость около 800 Дж/(кг*К), а для такого же, но водонасыщенного грунта она составила 1480 Дж/(кг*К) [34]. Это означает, что для повышения температуры килограмма влажного грунта на заданную величину потребовалось бы почти вдвое больше тепловой энергии [16].

Таким образом, грунты с мульчированной поверхностью обычно имеют большее содержание влаги (из-за уменьшения испарения в результате более умеренного температурного режима) и более высокое производство биомассы по сравнению с не покрытыми мульчей грунтами.

Поэтому и противоэрозионные изделия, если они действуют как мульча, значительно ограничивают экстремальные значения температур поверхностного грунта и обеспечивают большее сопротивление переносу водяного пара из грунта в атмосферу. Некоторые авторы продемонстрировали влияние таких продуктов на содержание влаги в грунте [4, 5, 16, 36, 37].

Помимо регулирования температуры грунта некоторые противоэрозионные изделия имеют влагоудерживающую

Таблица 1. Влагоудерживающая способность некоторых противоэрозионных изделий (по [4])

Тип противоэрозионного изделия	Средняя масса в насыщенном водой состоянии	Масса через 24 ч после водонасыщения	Масса через 48 ч после водонасыщения
	% от массы в сухом состоянии		
Тканое (плетеное) из джутовых волокон с массой на единицу площади 500 г/м ²	641	268	116
Тканое (плетеное) из джутовых волокон с массой на единицу площади 300 г/м ²	472	203	101
Древесная стружка в легкой разлагаемой сетке	389	129	103
Нейлоновый 3D мат	232	100	100
Полипропиленовый 3D мат	183	100	100
Тканое (плетеное) из кокосовых волокон с массой на единицу площади 750 г/м ²	314	187	104

способность (влагоемкость) и влияют на его влажность (особенно натуральные продукты, такие как джутовые и кокосовые волокна). Рейнольдс [23] обнаружил, что продукт, сотканный (сплетенный) из джута, способен поглощать количество дождевых осадков, эквивалентное 2 мм. Риксон [20] обнаружил значительные различия в степени впитывания влаги для разных изделий и то, что некоторые натуральные продукты способны удерживать воду до шести раз больше своей массы в сухом состоянии. Эти продукты удерживали влагу даже после 48 часов свободного дренажа (таблица 1). На влагоемкость может влиять конфигурация волокон, особенно натуральных. Риксон [20] обнаружил, что плотно скрученные (переплетенные) кокосовые волокна обладают меньшей влагоудерживающей способностью по сравнению с неплотно переплетенными джутовыми волокнами при той же массе на единицу площади изделия.

Водоудерживающая способность противоэрозионных средств является спорной характеристикой. С одной стороны, ее часто считают положительной, поскольку предполагается, что влага, удерживаемая этими изделиями, доступна для растительности. С другой стороны, ее считают отрицательной, потому она уменьшает количество воды, которое достигает грунта, становясь доступным для растений.

Во многих технических информационных бюллетенях производители указывают, что противоэрозионные средства из соломы и кокосовой соломы превосходят другие средства, способствующие удержанию влаги в грунте, хотя данные, на которых основаны эти утверждения, не имеют строгой статистической структуры [16].

Дудек и др. [31] обнаружили, что влажность в верхних 2,3 см грунта под противоэрозионным средством была значительно выше, чем при отсутствии одного. Урроз и Израэльсен [38] оценили 19 различных противоэрозионных средств (11 типов мульчи и 8 типов геотекстиля) и обнаружили, что чем больше грунта и воды удерживается продуктом, тем больше степень и скорость прорастания, высота растений и их масса. Моро [39], изучая микроклиматическое воздействие нетканых изделий из льняного волокна на прорастание семян, выявили следующее. Эти изделия давали более высокие значения влажности грунта (в пределах 3–5%) по сравнению со случаем их отсутствия. Это не влияло на скорость прорастания, но через 10 дней средний процент проросших семян при наличии противоэрозионного средства всегда был больше, чем в контрольном случае.

Сазерленд и др. [16] обнаружили, что противоэрозионные продукты увеличивают содержание влаги в защищенном ими грунте (рис. 2) за счет значительного

уменьшения испарения по сравнению с незащищенной поверхностью, что благоприятно для прорастания семян и физиологических процессов в растениях. Однако те же авторы, переработав данные Вайдья [40], не выявили существенных различий в содержании влаги и температуре поверхности между незащищенным грунтом и грунтом, покрытым тремя разными противоэрозионными изделиями (сеткой из органического материала со сквозными ячейками и двумя разными геотекстилями из органических материалов). Однако Альварес-Мозос и др. [18] отметили, что впитывание дождевой воды органическими волокнами изделия без ее проникновения в грунт может уменьшить количество воды, доступной для растений.

В целом, должны рассматриваться все полученные результаты исследований с учетом возможной разницы между экспериментами и случаями практического применения.

Рейнольдс [23] обнаружил, что урожайность вегетативной массы повышалась по мере увеличения объема противоэрозионного изделия, но уточнил, что это происходило на участках, где рост растений ограничивался низкой влажностью грунта.

Выделим дополнительные моменты, связанные с противоэрозионными средствами и влажностью грунта:

1) водопоглощение противоэрозионного изделия может уменьшить его приле-

гание к поверхности грунта, что считается еще одним ключевым фактором [5];

2) чрезмерное снижение испарения на склонах, покрытых противоэрозионными средствами, может привести к плохой аэрации грунтов, что может способствовать заражению растений грибковыми инфекциями и к другим проблемам с их здоровьем [17];

3) при более высоких температурах грунта может произойти его быстрое уплотнение и образование корки на его поверхности, что приведет к плохому развитию растений [41, 42]

Доля закрытой поверхности грунта для противоэрозионных изделий ▶

Размещение противоэрозионного средства на поверхности грунта может ее стабилизировать (Морган [43] определил, что покрытие поверхности мульчей на 65–75% является оптимальным для временной защиты от эрозии и появления всходов растений). Но, как было показано выше, противоэрозионные продукты в соответствии с процентом общей площади, занимаемой сквозными отверстиями, также влияют на несколько микроклиматических факторов (на улавливание света, альбедо, температуру, инфильтрацию и содержание воды в грунте).

Помимо микроклиматических эффектов противоэрозионные изделия с высокой долей закрытой поверхности грунта, хотя и лучше снижают темпы и степень эрозии, могут препятствовать образованию растительного покрова, поскольку семена могут не попасть в грунт из-за небольших сквозных отверстий в продукте [10, 23]. Рейнольдс [23] указал, что минимальный размер сквозного отверстия, чтобы не было препятствий, должен составлять 1,3 см. Креницкий и Кэрролл [5] отметили, что геоматы часто бывают слишком плотными и могут препятствовать образованию растительного покрова. Наблюдения Файфилда и Молнара [33] также показали, что с увеличением плотности противоэрозионных продуктов продуктивность растительного покрова уменьшается.

С другой стороны, для успеха вегетации крайне важно хорошее сцепление семян с грунтом [5, 23, 44], и этому способствует вес, а также однородность распределения сквозных отверстий в противоэрозионном изделии или в мульче [5].

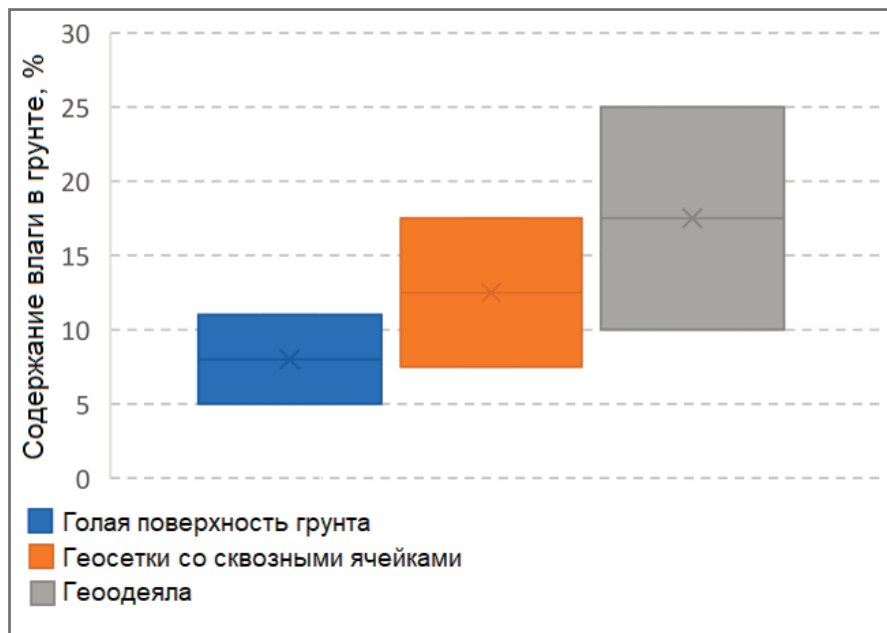


Рис. 2. Влажность незащищенного грунта и грунта под противоэрозионными изделиями (по [16])

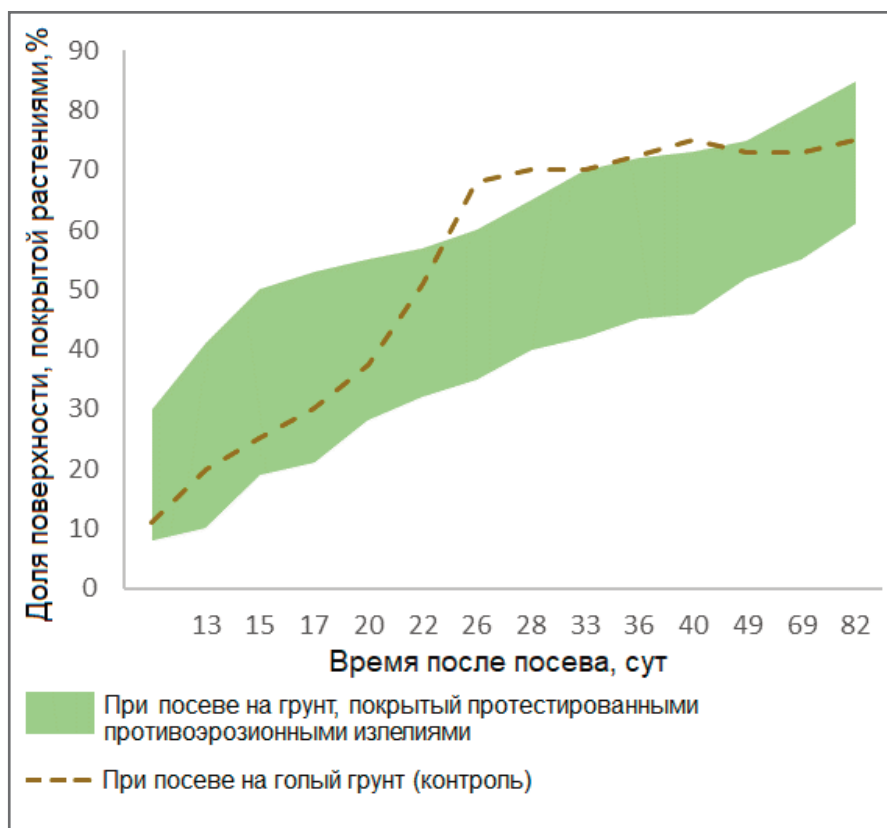


Рис. 3. Средние темпы формирования растительного покрова для протестированных противоэрозионных продуктов и одной из двух смесей семян, протестированных в исследовании [4] (по [4])

Вес, плотность, толщина противоэрозионного изделия и/или мульчи и равномерность покрытия поверхности грунта должны быть сбалансированы так, чтобы предохранить семена от вымывания поверхностным стоком и облегчить их сцепление с грунтом без механического торможения вегетации.

Видовой состав растений, время посева или высадки рассады и климатические условия ▶

Сроки посева или посадки, однородность суточных осадков и характеристики склона или откоса могут иметь большее влияние, чем использование различных противоэрозионных продуктов [5, 33].

Посев смесей семян влияет на успешность вегетации в отношении как окончательного растительного покрова, так и временной динамики его развития. Было замечено, что формирование растительного покрова и динамика его развития во времени могут иметь разные тенденции при сочетании с разными противоэрозионными продуктами [5, 18], а также в зависимости от разных сочетаний видов растений [4].

По наблюдениям Риксона и Лавдея [4], на заключительной стадии формирования растительного покрова нет существенной разницы (рис. 3) между случаями использования противоэрозионных изделий и их отсутствия на поверхности грунта. Аналогичные результаты получили также Альварес-Мозос и др. [18].

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ПРОДУКТОВ И УСПЕХ ВЕГЕТАЦИИ ►

Исследований, посвященных успеху вегетации на поверхностях склонов или откосов, защищенных различными противоэрозионными средствами, было меньше, чем посвященных эффективности защиты от эрозии при использовании разных противоэрозионных изделий [18]. К тому же в большинстве из них рассматривались в основном геосетки и геоодеяла из органического материала и защита склонов (например, [6, 15]). Кроме того, эксперименты проводились в самых разных климатических, грунтовых, морфологических (в отношении крутизны и длины склонов или откосов) условиях и с использованием разных методов, что привело к противоречивым и/или неоднозначным результатам и выводам. Приведем примеры.

1. Джутовые геосетки со сквозными ячейками обычно имеют достаточный размер отверстий, чтобы положительно влиять [23] или почти никак не влиять [5] на успешность вегетации по сравнению с незащищенным грунтом. По наблюдениям Альвареса-Мозоса и др. [18], геосетки со сквозными ячейками способствуют быстрому прорастанию семян при гидропосеве, хотя этот положительный эффект может сохраняться недолго и образовавшийся растительный покров может оказаться даже менее продуктивным, чем на контрольных участках.

2. Геоодеяла, по-видимому, способствуют прилипанию семян к поверхности грунта, что приводит к более равномерно распределенному травяному покрову [5],

но увеличение объема геоодеяла за счет поглощения им воды может уменьшить плотность контакта семян с грунтом [5]. Геоодеяла могут улучшать прорастание семян и способствовать формированию травяного покрова благодаря регулированию температуры и влажности [5], но в некоторых случаях они также могут значительно снижать рост растений по сравнению с другими видами защиты от эрозии или отсутствием защиты [4]. Слишком плотные или толстые геоодеяла могут препятствовать образованию травяного покрова [5], а при разворачивании на склоне или откосе после посева семян они могут плохо пропускать (или даже не пропускать) свет, что приводит к низкой скорости роста травы [45].

3. Экструдированные материалы повышают успешность вегетации из-за их веса и темного цвета [23]. При трехмерной форме поперечные торчащие нити могут помочь проросткам удержаться и уменьшить вымывание семян поверхностным стоком на крутых склонах или откосах [18].

При анализе литературы по почвенно-климатическим условиям и в динамической перспективе становится ясно, что какая-либо одна уникальная особенность противоэрозионного продукта не определяет его влияние на успех вегетации. Укоренение и рост растений, производство биомассы и в целом успешность вегетации регулируются сочетанием характеристик изделия (например, [5, 16, 40]), оказывающим положительное влияние и сводящим к минимуму возможные отрицательные эффекты. Окончательное формирование растительного покрова является результатом сложного совместного воздействия и взаимодействия противоэрозионного продукта, грунтовых и климатических условий, сочетания видов растений и динамики их развития.

Настоящее исследование направлено на то, чтобы сделать шаг вперед в более детальном понимании этого. Кратко описываются и комментируются характеристики противоэрозионных средств, влияющие на факторы успеха вегетации (как было описано ранее), на основе обобщения результатов, представленных в научной литературе. Чтобы обеспечить простую, но вдумчивую оценку влияния противоэрозионных продуктов на успешность вегетации на основе литературных данных, также приводится оценка каждой характеристики в отношении трех классов воздействий на формирование растительного покрова:

1) отрицательных;

2) нейтральных или несущественных;

3) положительных;

Далее будут рассмотрены следующие характеристики противоэрозионных изделий:

- 1) светопрозрачность / доля общей площади сквозных отверстий;
- 2) толщина;
- 3) цвет;
- 4) водопоглощение;
- 5) масса на единицу площади поверхности;
- 6) шероховатость и влияние на поверхностный сток;
- 7) однородность и сохранение характеристик.

Общая светопрозрачность и размеры сквозных отверстий ►

Общая светопрозрачность (доля общей площади сквозных отверстий) и размеры сквозных отверстий – это характеристики противоэрозионных изделий, которые помимо противоэрозионного влияния на поверхность склона или откоса регулируют прорастание семян, рост растений и формирование растительного покрова.

Основными факторами развития растительного покрова, на которые влияют общая светопрозрачность и размеры сквозных отверстий, являются:

- 1) альbedo поверхности (а также ее температура),
- 2) инфильтрация воды в грунт;
- 3) механические препятствия попаданию семян на грунт и затем появлению всходов растений.

С одной стороны, небольшая доля общей площади сквозных отверстий (большая доля закрытой поверхности грунта) и соответствующее малое проникновение света приводят к большей защите грунта и иногда к высокому мульчирующему действию. С другой стороны – к незначительному или положительному взаимодействию с природными процессами, ответственными за формирование растительного покрова, что является одной из среднесрочных и долгосрочных целей использования этого типа изделий.

Компании, занимающиеся производством противоэрозионных изделий, часто сообщают, что низкая светопрозрачность означает большее защитное и мульчирующее действие, а большая доля незакрытой поверхности грунта и высокая светопрозрачность означают более благоприятные условия для успеха вегетации.

На самом деле один и тот же показатель светопрозрачности может быть

результатом самых разных особенностей продуктов. Например, георешетки и геосетки со сквозными ячейками позволяют потокам света и тепла напрямую попадать на поверхность грунта через отверстия, в то время как нетканые (неплетеные) геоодеяла и геоматы иной раз действуют как щиты. Однако геоодеяла и геоматы имеют разную плотность и разное нерегулярное переплетение волокон, что влияет на количество и интенсивность проникающего через них света.

Кроме того, отверстия в противоэрозионных продуктах могут по-разному влиять на развитие растительного покрова в зависимости от таких характеристик, как толщина, плотность и технологические процессы производства.

Подводя итог, можно выделить следующее:

1) *легкие георешетки и биогеосетки*, обычно имеющие достаточно большие размеры ячеек (1–1,5 см²), оказывают незначительное воздействие на успех вегетации или отрицательное влияние в случае жаркого климата;

2) *геоодеяла*, обычно характеризующиеся малой общей площадью отверстий (обычно показатель светопропускаемости для этих продуктов составляет 5–15%, редко – до 30%), могут оказывать отрицательное или в лучшем случае нейтральное воздействие на успех вегетации;

3) *геоматы*, обычно имеющие небольшие отверстия (например, 0,18 см² [4]), но среднюю светопропускаемость (35–45%), дают положительный эффект.

Толщина ►

Основным эффектом толщины противоэрозионного средства является его изолирующая способность и вследствие этого возможность смягчать экстремальные температуры в той или иной степени (что хорошо известно, например, в сельском хозяйстве для разных видов мульчи и соломы). В сочетании с цветом это особенно важно при использовании противоэрозионных продуктов как при слишком низкой, так и при слишком высокой температуре. Доказано, что с увеличением толщины изделий до некоего предела повышается продуктивность растительного покрова, но избыточная толщина геоодеял и геоматов, особенно в сочетании с низкой светопропускаемостью, может препятствовать прорастанию семян и росту растений [5].

Подводя итог, можно выделить следующее:

1) *легкие георешетки и биогеосетки*, как правило имеющие среднюю толщину

(5–10 мм), в случае ограниченной доли покрытия грунта, по-видимому, почти не смягчают экстремальные температуры и их влияние на рост растений является незначительным;

2) *геоодеяла*, обычно имеющие более существенную толщину (5–15 мм), дают нейтральный или положительный изолирующий эффект, хотя их чрезмерная толщина (особенно в сочетании с высокой плотностью расположения волокон) может оказывать отрицательное воздействие на рост растений;

3) *геоматы*, обычно сочетающие в себе значительную толщину (10–20 мм), среднюю светопропускаемость и низкую плотность, обеспечивают хорошее изолирующее влияние, которое при этом не препятствует росту растений, то есть такие изделия дают положительный эффект.

Цвет ►

Литературные данные по микроклимату и физическим условиям окружающей среды показывают, что темные, богатые органическими веществами грунты (почвы) могут иметь альбедо всего 5%, а сухие (светлые) пустынные – до 45% [35, 46]. Для сравнения: альбедо 24 и 25% – соответственно для трав и пастбищных культур в средних широтах [46]; 22–28% – в среднем для лугов; 20–26% – в среднем для зеленых зерновых культур [47].

Доказано, что темный цвет геосинтетических материалов влияет на температуру покрытого ими грунта. Чем темнее материал, тем больше поглощается солнечной энергии, что повышает температуру противоэрозионного средства и грунта под ним. Таким образом, цвет продукта влияет на прорастание семян и рост растений на ранних стадиях [23], и это необходимо тщательно учитывать в зависимости от местного климата. В тропических регионах и там, где ожидаются большая степень освещенности и высокая температура воздуха, следует избегать использования изделий темных цветов, по крайней мере в качестве поверхностного покрытия (там их можно было бы использовать только в подповерхностных условиях).

Подводя итог, можно выделить следующее:

1) *легкие георешетки* темных цветов дают отрицательный эффект в жарких условиях и положительный – в районах с прохладным климатом; *биогеосетки* светлых окрасок могут играть положительную роль в регулировании температуры, однако достаточно большой раз-

мер их сквозных ячеек обычно делает их эффекты нейтральными;

2) *геоодеяла* светлых или средних тонов могут иметь положительное или нейтральное влияние на температуру грунта;

3) *геоматы* темных тонов не смягчают экстремально высокие температуры (дают отрицательный эффект), а светлых тонов – смягчают (дают положительный эффект).

Водопоглощение ►

Впитывание воды противоэрозионным продуктом в первую очередь зависит от материала, из которого он изготовлен, и во вторую очередь – от технологии его производства. Как правило, изделия из материалов биологического происхождения обладают большей водопоглощающей способностью, чем из синтетических, хотя в случаях трехмерных продуктов из спутанных синтетических волокон можно учитывать некоторое удержание ими воды.

Как правило, водопоглощение противоэрозионного средства помимо уменьшения им поверхностного стока считается положительной характеристикой для скорости прорастания семян, роста, высоты и массы растений [38]. Однако это следует рассматривать с точки зрения всей системы «грунт – климат – противоэрозионное изделие». Ведь не обязательно вода, адсорбированная изделием, будет доступна для грунта под ним. Более того, в случае климата с ограниченным количеством осадков такой продукт может уменьшить содержание воды в грунте, доступное для прорастания семян и формирования растительного покрова. И наконец, адсорбция воды изделием может снизить степень его прилегания к поверхности грунта и, соответственно, уменьшить его защитное действие [5].

Подводя итог, можно выделить следующее:

1) *легкие георешетки*, как правило не обладающие водопоглощающей способностью, являются нейтральными по своему влиянию;

2) *биогеосетки и геоодеяла*, как правило обладающие высокими показателями водопоглощения, могут играть положительную роль в регионах с влажным климатом, но отрицательную – в засушливых условиях.

3) *геоматы*, обычно не обладающие водопоглощающей способностью, являются нейтральными по своему влиянию.

Масса ►

Масса противоэрозионного изделия коррелирует с его плотностью и толщиной,

и, как было доказано, влияет на адгезию между семенами и грунтом, увеличивая успех вегетации [5, 23]. Впитывание из делием воды на всю его толщину способствует плотному прилеганию влажного геотекстиля к поверхности грунта, то есть повышает его драпируемость [8].

Подводя итог, можно выделить следующее:

- 1) *легкие георешетки*, обычно имеющие низкую удельную массу на единицу площади (200–500 г/м²) и не обладающие водопоглощающей способностью, по видимому, являются слишком легкими, чтобы хорошо прилегать к грунту, и в этом плане их влияние является отрицательным;
- 2) *биогеосетки*, как правило имеющие низкую или среднюю удельную массу (500–750 г/м²), но много весящие во влажном состоянии, при намокании хорошо прилегают к поверхности грунта и обеспечивают высокую адгезию семян, что дает положительный эффект;
- 3) *геоодеяла*, которые могут иметь среднюю удельную массу (250–500 г/м²), становятся тяжелыми при намокании, поэтому во влажном состоянии хорошо прилегают к поверхности грунта и обеспечивают положительный эффект;
- 4) *геоматы*, имеющие среднюю удельную массу (250–500 г/м²), равномерно распределяются по поверхности грунта и дают нейтральный эффект.

Шероховатость и влияние на поверхностный сток ▶

Помимо снижения скорости поверхностного стока высокая степень шероховатости противоэрозионного средства может увеличить попадание воды в него и сквозь него и поспособствовать проникновению воды в грунт. Наоборот, продукты, увеличивающие скорость стока, помимо вымывания грунта ограничивают инфильтрацию и доступность воды для прорастания семян и роста растений, особенно при недостатке атмосферных осадков.

По наблюдениям Альвареса-Мозоса и др. [18], как и авторов выполненных ранее исследований [45, 48–50], противоэрозионные средства из джутового и кокосового волокна дают увеличение поверхностного стока в 2–3 раза по сравнению с травяным покровом. Но такой эффект увеличения связан с углом наклона поверхности (а также с высокой объемной плотностью грунта) – и на более пологих склонах или откосах противоэрозионные средства из органических материалов могут лучше работать с точки зрения успеха вегетации [21].

Подводя итог, можно выделить следующее:

- 1) *легкие георешетки и биогеосетки*, обычно имеющие низкую шероховатость и приводящие к более высоким скоростям и объемам поверхностного стока, оказывают негативное влияние на успех вегетации;
- 2) *геоодеяла*, имеющие низкую долю общей площади сквозных отверстий, облегчают поверхностный сток и негативно влияют на успех вегетации;
- 3) *геоматы*, характеризующиеся высокой степенью шероховатости и низкими коэффициентами стока, дают положительный эффект.

Однородность и сохранение характеристик ▶

Пространственная однородность и сохранение характеристик противоэрозионных изделий с течением времени после укладки на склон или откос являются основополагающими для гарантии их эффективности.

Свойства природных материалов могут быть очень изменчивыми в пространстве и во времени и поэтому по-разному влияют на факторы, определяющие успешность вегетации.

Конечно, и синтетические продукты могут характеризоваться изменчивостью характеристик в зависимости от технологий их производства и качества материалов, но все же в гораздо меньшей степени.

В этом отношении можно считать, что противоэрозионные изделия из *природных* материалов дают отрицательные или по крайней мере нейтральные эффекты, тогда как влияние продуктов из *синтетических* материалов можно считать нейтральным или положительным.

ОБОБЩЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ, ОЖИДАЕМАЯ ДЛЯ РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ▶

На основе предыдущего анализа можно сделать вывод, что взаимодействующими характеристиками идеальных противоэрозионных изделий с точки зрения успеха вегетации являются:

- 1) достаточная толщина для изоляции грунта и сглаживания экстремальных значений температуры;
- 2) беспорядочно рассеянные сквозные отверстия для обеспечения средней светопрозрачности, инфильтрации, препятствования излишнему стоку и обес-

печения соответствующей защиты грунта от эрозии;

- 3) равномерно распределенный вес для хорошего прилегания к поверхности грунта;
- 4) низкая водопоглощающая способность и в то же время способность удерживать влагу в переплетениях волокон изделия;
- 5) однородное распределение характеристик;
- 6) разные цвета, подходящие для разных климатических условий.

Количественно и качественно оценить эффективность противоэрозионных изделий, зависящую от комплекса разных процессов и взаимодействий различных неоднородных факторов, довольно сложно. Однако в целях сравнений в самых разных областях исследований широко используются лепестковые диаграммы (например, [51–54]).

Лепестковая диаграмма имеет несколько радиальных осей, начинающихся в одной центральной точке. Величина каждого показателя откладывается на соответствующей оси. Точки, соответствующие величинам разных показателей, по сегментно соединяются друг с другом, образуя замкнутый многоугольник, который и является лепестковой диаграммой для объекта оценки. Чем ближе отложенное значение показателя к центру, тем оно меньше, поэтому общая форма такой диаграммы визуально отражает эффективность работы изделия на качественном уровне. Для количественного анализа можно вычислить вектор площади лепестковой диаграммы. В любом случае, чем больше ее площадь, тем выше эффективность изделия, и наоборот.

Таким путем можно графически представить ожидаемые обобщенные характеристики для разных категорий противоэрозионных продуктов (легких георешеток, биогеосеток, геоодеял, геоматов). Эффективность работы каждой категории отражается на лепестковой диаграмме через ее площадь, при этом четко видно влияние на общую эффективность со стороны каждой характеристики (рис. 4, 5).

ОЖИДАЕМАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОМАТОВ «МакМат» В ОТНОШЕНИИ УСПЕХА ВЕГЕТАЦИИ ▶

Характеристики геоматов «МакМат» (MacMat) (таблица 2), производимых компанией «Маккаферри» (Massaferri), в основном типичны для геоматов, но имеют некоторые отличия. Они в

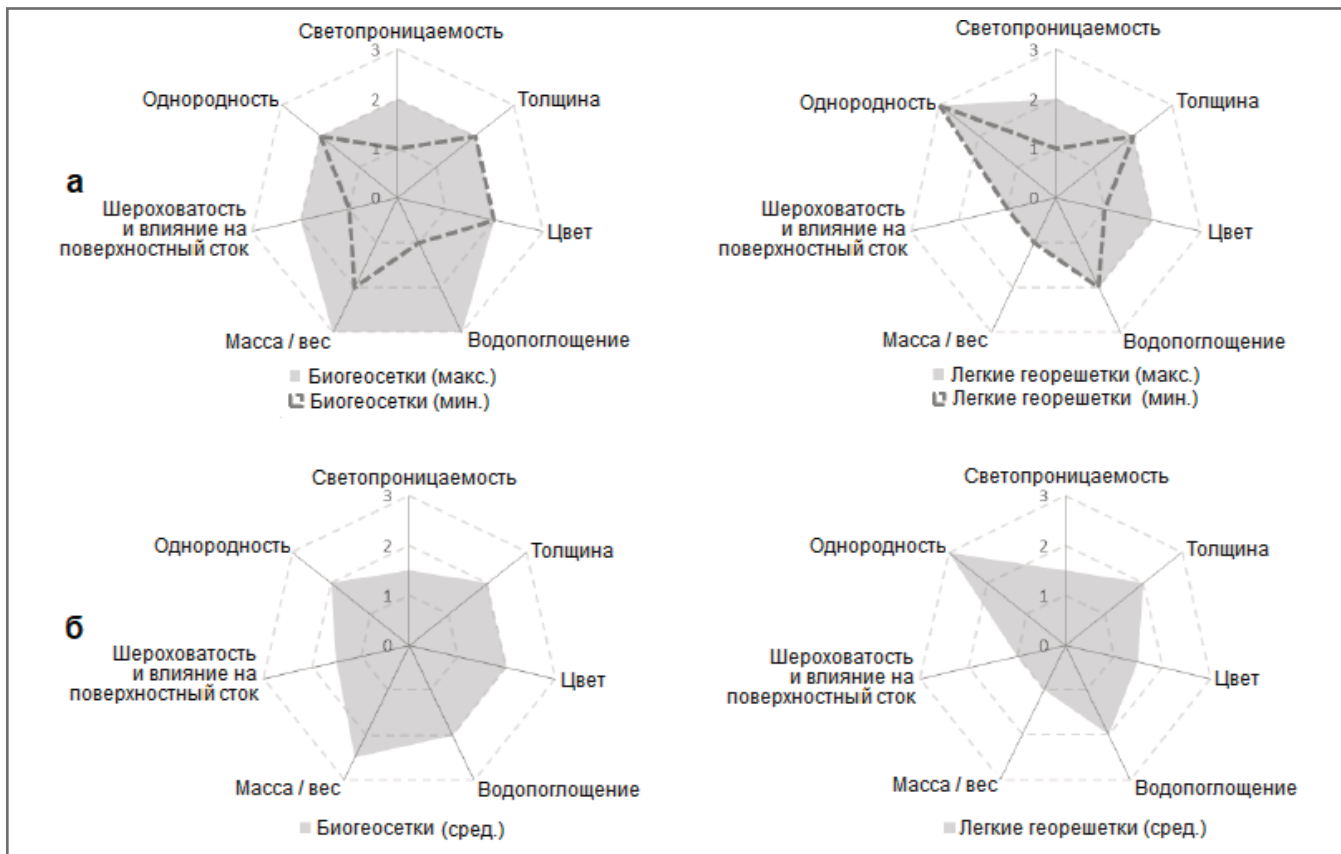


Рис. 4. Обобщенная эффективность работы противоэрозионных изделий со сквозными отверстиями (легких георешеток и биогеосеток) из природных и синтетических материалов; а – минимальные и максимальные значения характеристик; б – средние значения характеристик. Биогеосетки демонстрируют более высокую изменчивость своих характеристик по сравнению с легкими георешетками, но более хорошую общую эффективность

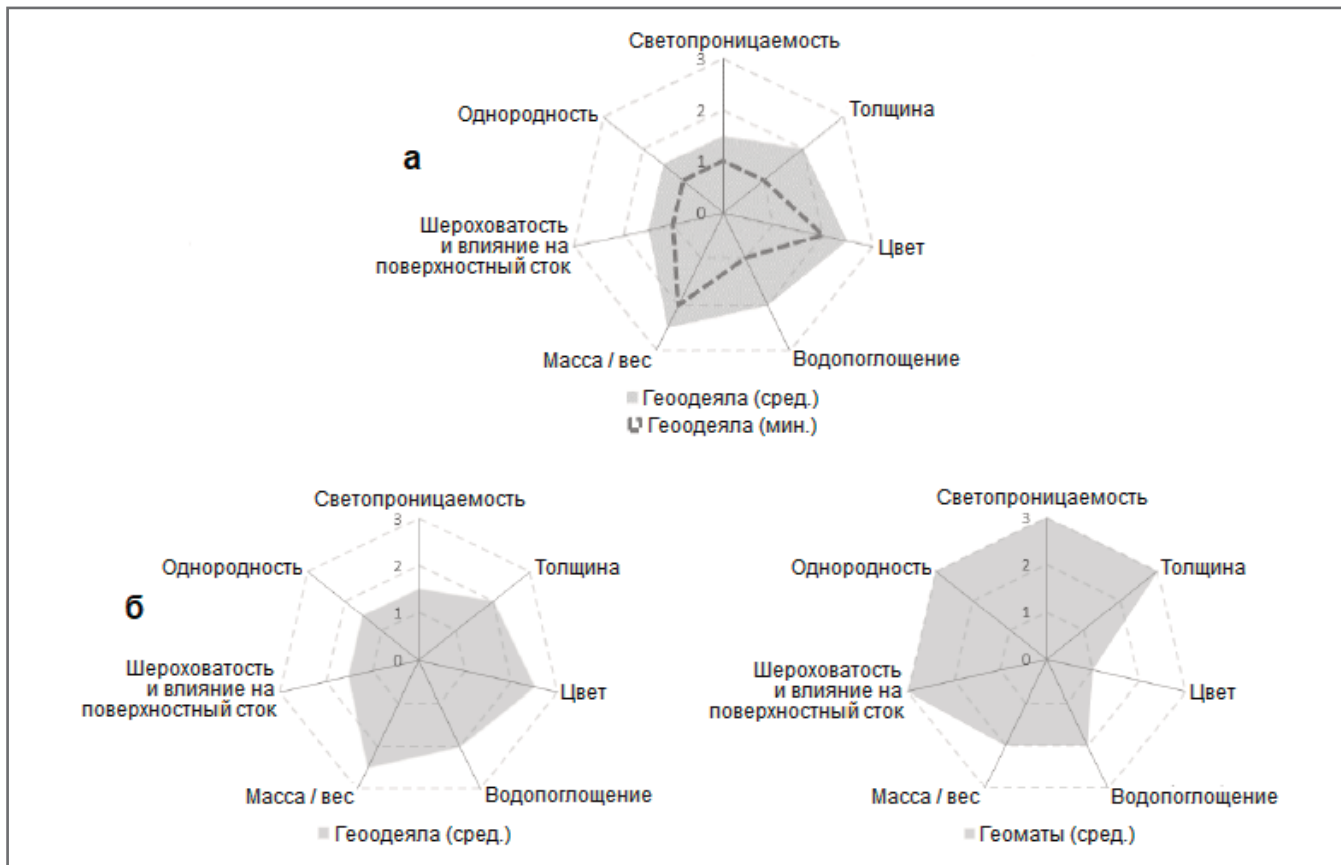


Рис. 5. Обобщенная эффективность работы противоэрозионных изделий (легких геоодеял и геоматов); а – минимальные и средние значения характеристик; б – средние значения характеристик. Геоматы не проявляют изменчивости характеристик, поэтому показана лепестковая диаграмма только для средних значений

Таблица 2. Характеристики геоматов «МакМат», важные для успеха вегетации

Версия (версии) геомата «МакМат»	Характеристика		
	Светопроницаемость, %	Толщина, мм	Удельная масса, г/м ²
R1 005 – R1 020	35–45	15±2	650±100
R1 035	35–45	15±2	680±100
R1 055	35–45	15±2	700±100
R1 060S	20–30	15±2	790±50
R1 080	35–45	15±2	790±50
R1 110	20–30	15±2	820±50
R1 200	20–30	15±2	1000±50
R1 6822G0	35–45	16±4	1920±192
R1 6822GN	35–45	16±4	1630±163
R1 6822GN – R1 8127GN	35–45	16±4	2130±213

целом положительно влияют на большинство факторов, определяющих успешность вегетации на покрытых ими поверхностях грунта. В этом отношении продукты «МакМат» можно разделить на две основные категории в зависимости от армирующей основы, на которую в процессе производства экструдированная полимерная матрица из переплетенных синтетических волокон. Такой основой может быть:

- 1) плетеная георешетка из полиэфирных нитей;
- 2) плетеная сетка двойного кручения из стальной проволоки.

Разница в основном заключается в разной удельной массе геоматов на основе этих двух типов армирующих основ, которая в первом случае соответствует большинству геоматов (500–1000 г/м²), а во втором она вдвое больше (1600–2100 г/м²).

Хаотично переплетенные синтетические волокна геомата «МакМат» образуют трехмерный сильно деформируемый упругий слой с очень высоким показателем пустотности, типичным для геоматов (пустоты занимают в среднем более 90%, рис. 6. – *Ред.*). Это обеспечивает хорошую комбинацию характеристик, которая удовлетворяет большинству факторов, имеющих решающее значение для прорастания семян, роста



Рис. 6. Внешний вид геомата «МакМат». Рисунок добавлен редактором (источник фото: massafertti.com/ru/продукты/макмат/)

растений и успешного образования растительного покрова.

Спутанные синтетические нити обеспечивают хорошую светопроницаемость (35–45% для большинства версий геоматов «МакМат»; минимум – 20–30%). Толщина этих изделий (15–16 мм) обеспечивает равномерное покрытие поверхности, что способствует смягчению перепадов температур, но не препятствует инфильтрации воды и росту растений.

Геосетки по сравнению с геоматами «МакМат» имеют сходную или более высокую светопроницаемость, но более широкие сквозные отверстия (ячейки) с ограниченной возможностью смягчать экстремальные температуры. Геоодеяла, напротив, имеют более низкую светопроницаемость (в основном примерно в 2 раза ниже по сравнению с «МакМат», в лучшем случае их светопроницаемость составляет 20%), и они обычно примерно в 2 раза тоньше, поэтому их потенциал

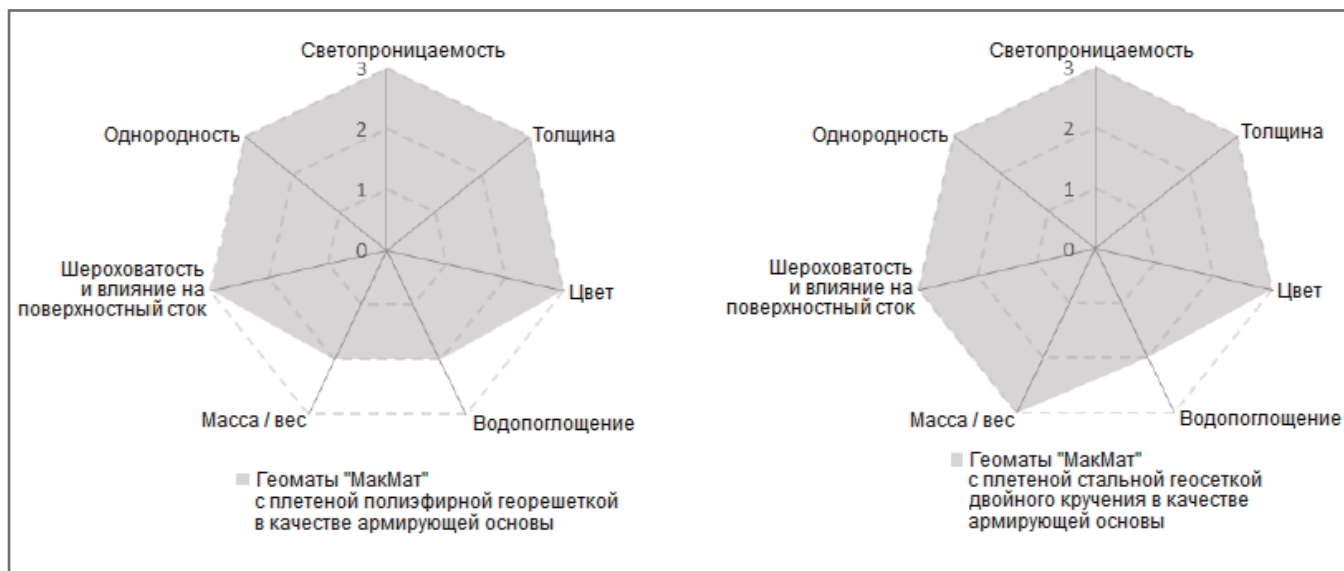


Рис. 7. Лепестковые диаграммы для сравнения характеристик и эффективности геоматов «МакМат» с разной армирующей основой

в отношении смягчения экстремальных температур меньше.

Пространственная однородность и вес геоматов «МакМат», сходный с весом геодеял сопоставимой толщины, способствуют сцеплению семян с грунтом и формированию растительного покрова без механических препятствий.

Синтетическая природа геоматов «МакМат» делает их воздействие нейтральным в отношении влагоудерживающей способности самого материала и потенциальной конкуренции с грунтом

за содержание воды. А высокая шероховатость этих изделий может снизить поверхностный сток и увеличить попадание воды сквозь них в грунт.

Кроме того, случайный характер переплетения волокон является препятствием для возможного вымывания семян поверхностным стоком (или выдувания ветром. – *Ред.*). Синтетический материал гарантирует однородность изделий, сохранение их свойств во времени и, наконец, возможность выбора цвета. Эффективность геоматов «МакМат» с точки зрения

потенциального воздействия на факторы успеха вегетации отражена на рисунке 7.

(Геоматы «МакМат» используют как долгосрочную эффективную защиту склонов и откосов от эрозии, вызванной поверхностными стоками, водами ручьев или рек, сильными ветрами как во влажных, так и в сухих условиях. При этом на поверхности, покрытой таким геоматом, вскоре успешно образуется устойчивый растительный покров, который не только хорошо выглядит, но и является дополнительной защитой от эрозии. .h

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES) ►

1. Bischetti G.B. Relationships between Erosion Control Products and vegetation growth: research report. Milan, Italy: Department of agricultural and environmental sciences – production, territory, agro-energy, University of Milan, July 2021. 16 p.
2. Rickson R.J., Morgan R.P.C. Approaches to modelling the effect of vegetation on soil erosion by water // Erosion Assessment and Modelling (eds.: R.P.C. Morgan, R.J. Rickson). Commission of the European Communities, 1988.
3. Godfrey S.H., Landphair H.C., Long J.P., McFalls J.A. The performance of flexible erosion control materials: research report 1914-1. Austin, TX, USA: Texas Department of Transportation, Construction and Maintenance Division, 1993.
4. Rickson R.J., Loveday A.D. Can erosion control blankets (geotextiles) aid vegetation establishment in mine restoration? // Proceedings of the 7th International Conference on Mine Closure (eds.: A.B. Fourie, M. Tibbett). Perth, Australia: Australian Centre for Geomechanics, 2012. P. 481–492, URL: doi.org/10.36487/ACG_rep/1208_42_Rickson.
5. Krenitsky E.C., Carroll M.J. Use of erosion control materials to establish turf // Proceedings of the 25th IECA Annual Conference “Sustaining Environmental Quality: the Erosion Control Challenge”, Nevada, USA, 1994. P. 81–90.
6. Bhattacharyya R., Smets T., Fullen M.A., Poesen J., Booth C.A. Effectiveness of geotextiles in reducing runoff and soil loss – a synthesis // Catena. 2010. Vol. 81. P. 184–195.
7. ASTM D7322/D7322M. Standard Test Method for Determination of Erosion Control Product (ECP) Ability to Encourage Seed Germination and Plant Growth Under Bench-Scale Conditions, July 15, 2017.
8. Mitchell D.J., Barton A.P., Fullen M.A., Hocking T.J., Zhi W.B., Yi Z. Field studies of the effects of jute geotextiles on runoff and erosion in Shropshire, UK // Soil Use and Management. 2003. Vol. 19. P. 182–184.
9. Li M.H., Khanna S. Aging of rolled erosion control products for channel erosion control // Geosynthetics International. 2008. Vol. 15. P. 224–231.
10. Chen S.C., Chang K.T., Wang S.H., Lin J.Y. The efficiency of artificial materials used for erosion control on steep slopes // Environmental Earth Sciences. 2011. Vol. 62. P. 197–206.

11. Vishnudas S., Savenije H.H.G., Van der Zaagt P., Anil K.R., Balan K. The protective and attractive covering of a vegetated embankment using coir geotextiles // *Hydrology and Earth System Sciences*. 2006. Vol. 10. P. 565–574.
12. Fullen M.A., Subedi M., Booth C.A., et al. Utilizing biological geotextiles: introduction to the Borassus Project and global perspectives // *Land Degradation & Development*. 2011. Vol. 22. P. 453–462.
13. Ziegler A.D., Sutherland R.A., Tran L.T. Influence of rolled erosion control systems on temporal rainsplash response – a laboratory rainfall simulation experiment // *Land Degradation & Development*. 1997. Vol. 8. P. 139–157.
14. Ziegler A.D., Sutherland R.A. Reduction in interrill sediment transport by rolled erosion control systems // *Soil & Tillage Research*. 1997. Vol. 45. P. 265–278.
15. Sutherland R.A. Rolled erosion control systems for hillslope surface protection: a critical review, synthesis and analysis of available data. I. Background and formative years // *Land Degradation & Development*. 1998. Vol. 9. P. 465–486.
16. Sutherland R.A. Rolled erosion control systems for hillslope surface protection: a critical review, synthesis and analysis of available data. II. The post-1990 period // *Land Degradation & Development*. 1998. Vol. 9. P. 487–511.
17. Bhattacharyya R., Fullen M.A., Booth C.A., et al. Effectiveness of biological geotextiles for soil and water conservation in different agro-environments // *Land Degradation & Development*. 2011. Vol. 22. P. 495–504.
18. Alvarez-Mozos J., Abad E., Goni M., et al. Evaluation of erosion control geotextiles on steep slopes. Part 2. Influence on the establishment and growth of vegetation // *Catena*. 2014. Vol. 121. P. 195–203.
19. Sutherland R.A. A critical assessment of the research conducted at the hydraulics and erosion control laboratory – a focus on rolled erosion control systems applied to hillslopes // *Geotextiles & Geomembranes*. 1998. Vol. 16. P. 87–118.
20. Rickson R.J. The use of geotextiles for vegetation management // *Aspects of Applied Biology*. 2000. Vol. 58. P. 107–114.
21. Bhattacharyya R., Zheng Y., Li Y., et al. Effects of biological geotextiles on aboveground biomass production in selected agro-ecosystems // *Field Crops Research*. 2012. Vol. 126. P. 3–36.
22. Allison F.E. Soil organic matter and its role in crop production // *Developments in Soil Science*. 1973. Vol. 25. P. 500–518.
23. Reynolds K.C. Synthetic meshes for soil conservation use on black earths // *Soil Conservation Journal of NSW*. 1976. Vol. 34. P. 145–160.
24. Sutherland R.A., Menard T., Perry J.L., Penn D.C. The influence of rolled erosion control systems on soil temperature and surface albedo. Part 1. A greenhouse experiment // *Land Degradation & Development*. 1998. Vol. 9. P. 159–178.
25. Castree N., Goodchild M.F., Kobayashi A., Liu W., Marston R.A. *International Encyclopedia of Geography*. John Wiley & Sons, 2017.
26. Barkley D.G., Blaser R.E., Schmidt R.E. Effect of mulches on microclimate and turf establishment // *Agronomy Journal*. 1965. Vol. 57. P. 189–192.
27. Hale M.G., Orcutt D.M. *The Physiology of Plants Under Stress*. New York: Wiley, 1987.
28. Gupta S.C., Radke J.K., Larson W.E. Predicting temperatures of bare and residue covered soils with and without a corn crop // *Soil Science Society of America Journal*. 1981. Vol. 45. P. 405–412.
29. Maurya P.R., Lal R. Effects of different mulch materials on soil properties and on the root growth and yield of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) // *Field Crops Research*. 1981. Vol. 4. P. 33–45.
30. Midmore D.J., Berrios D., Roca J. Potato (*Solanum spp.*) in the hot tropics. II. Soil temperature and moisture modification by mulch in contrasting environments // *Field Crops Research*. 1986. Vol. 15. P. 97–108.
31. Dudeck A.E., Swanson N.P., Mielke L.N., Dedrick A.R. Mulches for grass establishment on hill slopes // *Agronomy Journal*. 1970. Vol. 62. P. 810–812.
32. Mapa R.B. Coconut fibre: a biodegradable soil erosion control // *Biological Agriculture and Horticulture*. 1996. Vol. 13. P. 149–160.
33. Fifield J.S., Malnor L.K. Erosion control materials vs. a semiarid environment, what has been learned from three years of testing? // *Proceedings of the 21st IECA Annual Conference “Erosion Control: Technology in Transition”, Washington, USA, 1990*. P. 235–248.
34. Unger P.W., Parker J.J. Evaporation reduction from soil with wheat, sorghum, and cotton residues // *Soil Science Society of America Journal*. 1976. Vol. 40. P. 938–942.
35. Oke T.R. *Boundary Layer Climates*, London, UK: Methuen, 1978.
36. Kertesz A., Szalai Z., Jakab G., et al. Biological geotextiles as a tool for soil moisture conservation // *Land Degradation & Development*. 2011. Vol. 22. P. 472–479.
37. Scruby M. The effect of fertiliser, jute netting and stone scatter on grass seed germination along eroded footpaths in the Brecon Beacons: M.Sc. thesis. Silsoe, UK: Silsoe College, Cranfield University, 1991.
38. Urroz G.E., Israelsen C.E. Effectiveness of selected materials under simulated rain and sunlight // *Proceedings of the 26th IECA Annual Conference “Carrying the Torch for Erosion Control: an Olympic Task”, Atlanta, USA, 1995*. P. 361–370.
39. Moreau C. Effect of linseed fibre geotextiles on soil temperature, soil moisture content and seed germination: M.Sc. thesis. Silsoe, UK: Silsoe College, Cranfield University, 1994.
40. Vaidya T.N. Effect of Geotextiles on Plant Emergence: M.Sc. thesis. Silsoe, UK: Faculty of Agricultural Engineering, Food Production, and Rural Land Use, Cranfield Institute of Technology, 1988

41. Raats P.A.C. Kinematics and dynamics of seedling emergence // Proceedings of the Symposium "Assessment of Soil Surface Sealing and Crusting", University of Ghent, Ghent, Belgium, 1985. P. 252–261.
42. Sharp R.E., Davies W.J. Regulation of growth and development of plants growing with a restricted supply of water // Plants Under Stress: Biochemistry, Physiology and Ecology and their Application to Plant Improvement. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. P. 71–93.
43. Morgan R.P.C. Soil erosion and conservation. Blackwell Publishing UK Ltd, 2005.
44. Pillai M.S. Protection of the side slopes of the Kabini canal // Proceedings of the 5th International Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Singapore, 1994.
45. Jankauskas B., Jankauskiene G., Fullen M.A., Booth C.A. The effects of biogeotextiles on the stabilization of roadside slopes in Lithuania // Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. 2008. Vol. 3. P. 175–180.
46. Monteith J.L. Principles of Environmental Physics. London, UK: Arnold, 1973.
47. Marshall T.J., Holmes J.W. Soil Physics. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1988.
48. Bhattacharyya R., Fullen M.A., Booth C.A. Using palm-mat geotextiles on an arable soil for water erosion control in the UK // Earth Surface Processes and Landforms. 2011. Vol. 36. P. 933–945.
49. Davies K., Fullen M.A., Booth C.A. A pilot project on the potential contribution of palm-mat geotextiles to soil conservation // Earth Surface Processes and Landforms. 2006. Vol. 31. P. 561–569.
50. Smets T., Poesen J., Fullen M.A., Booth C.A. Effectiveness of palm and simulated geotextiles in reducing run-off and inter-rill erosion on medium and steep slopes // Soil Use and Management. 2007. Vol. 23. P. 306–316.
51. Perez Benedito M.A. The analysis of behavior of switzerland company by methodology of radar chart // European Journal of Business and Social Sciences. 2014. Vol. 3. № 6. P. 136–155. URL: ejbss.com/recent.aspx.
52. Cook D., Saviolidis N.M., Davidsdottir B., Johannsdottir L., Olafsson S. Measuring countries' environmental sustainability performance – the development of a nation-specific indicator set // Ecological Indicators. 2017. Vol. 74. P. 463–478. URL: doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.009.
53. Zhang G., Hui G., Zhang G., Hu Y., Zhao Z. A novel comprehensive evaluation method of forest state based on unit circle // Forests. 2019. Vol. 10. № 5. URL: doi.org/10.3390/f10010005.
54. Caporaso T., Grazioso S., Di Gironimo G., Lanzotti A. Biomechanical indices represented on radar chart for assessment of performance and infringements in elite race-walkers // Sports Engineering. 2020. Vol. 23. № 4. URL: doi.org/10.1007/s12283-019-0317-2.

Телеграм-канал журнала

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо 

- Новости
- Статьи
- Обсуждения



<https://t.me/geoinfonews>



Источник фото: pixabay.com
Photo source: pixabay.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ УЯЗВИМОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ ГОРОДОВ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА И ИХ СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ТИПОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ ТУРЦИИ

АЙДЫН М.Б.С.

Университет Докуз Эйлюль
(Университет Девятого сентября),
г. Измир, Турция
burcu.silaydin@deu.edu.tr

КАХРАМАН Э.Д.

Университет Докуз Эйлюль
(Университет Девятого сентября),
г. Измир, Турция
duygu.kahraman@deu.edu.tr

АННОТАЦИЯ

Урбанизированные районы на побережьях морей и океанов очень уязвимы к современным изменениям климата и связанному с этим повышению уровня моря. В связи с этим представляем вниманию читателей адаптированный и немного сокращенный перевод статьи «Определение уровней пространственной уязвимости прибрежных городов к изменениям климата и их соответствующей типологии на примере Турции» [1], которая в свое время была опубликована на английском языке издательством WASET (World Academy of Science, Engineering and Technology) в журнале международном журнале *Geological and Environmental Engineering*. Авторами указанной работы являются Медиха Бурджу Силайдын Айдын и Эмине Дуйгу Кахраман – представительницы факультета городского и регионального планирования Университета Докуз Эйлюль (г. Измир, Турция). Эта статья находится в открытом доступе (онлайн) по лицензии CC-BY-4.0, которая позволяет ее копировать, переводить, адаптировать, переделывать и использовать для любых целей, даже коммерческих, при условии указания типов изменений и ссылки на первоисточник. В нашем случае полная ссылка на первоисточник [1] приведена в начале списка литературы (источники [3–33] из этого списка были использованы авторами переведенной работы).

Одним из важных последствий современных изменений климата является повышение уровня моря, что угрожает прибрежным районам Турции, поскольку она располагается на полуострове. Если говорить о цели повышения пространственной устойчивости таких районов, то возникает

следующий вопрос: какие должны быть приоритеты при городском планировании для каждого конкретного приморского города? В поисках ответа на этот вопрос и было выполнено представленное исследование. Оно посвящено определению уровней пространственной уязвимости прибрежных городов Турции к повышению уровня моря и их соответствующей типологии на основе морфологических, физических и социальных характеристик. То есть пространственная уязвимость определялась по уровню и по типу. При определении уровней пространственной уязвимости прибрежных городов была изучена их физическая, морфологическая и социальная структура, на основе чего были выявлены наиболее уязвимые районы в качестве приоритетных для дальнейших исследований по адаптации. Далее была выполнена классификация по существенным признакам (типология) для дальнейших исследований в области городского планирования.

Полученные результаты показали, что турецкие города, расположенные на побережьях Мраморного, Эгейского и Средиземного морей в среднем более уязвимы к повышению уровня моря, чем расположенные на побережье Черного моря.

Адаптация к изменениям климата имеет решающее значение и для других стран, имеющих города на морских побережьях, поэтому использованный в данной работе подход мог бы быть полезным для руководителей территориального планирования и градостроительства этих государств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

изменения климата; прибрежные города; повышение уровня моря; планирование городского землепользования; уязвимость.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Айдын М.Б.С., Кахраман Э.Д. Определение уровней пространственной уязвимости прибрежных городов к изменениям климата и их соответствующей типологии на примере Турции (пер. с англ.) // Геоинфо. 2023. № 3. С. 38–45 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-38-45

DETERMINING THE SPATIAL **VULNERABILITY LEVELS** AND TYPOLOGIES OF COASTAL CITIES TO CLIMATE CHANGE: CASE OF TURKEY

MEDIHA B. SILAYDIN AYDIN

Dokuz Eylul University (DEU), Izmir,
Turkey
burcu.silaydin@deu.edu.tr

EMINE DUYGU KAHRAMAN

Dokuz Eylul University (DEU), Izmir,
Turkey
duygu.kahraman@deu.edu.tr

ABSTRACT

Urbanized coastal areas are very vulnerable to the modern climate change and to the associated sea level rise. In this regard, we present to the readers an adapted and slightly abridged translation of the article “Determining the spatial vulnerability levels and typologies of coastal cities to climate change: case of Turkey” [1], which was once published in English by the WASET publisher (World Academy of Science, Engineering and Technology) in the International Journal of Geological and Environmental Engineering. The authors of this paper are Mediha Burcu Silaydin Aydin and Emine Duygu Kahraman. They are specialists from the Department of City and Regional Planning of the Dokuz Eylul University (Izmir, Turkey). This article is in open access under the CC-BY-4.0 license, which allows you to copy, translate, adapt, alter and use it for any purpose (even commercial ones) provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the reference to the original paper [1] is given at the beginning of the list of references (sources [3–33] from that list were used by the authors of the translated article).

One of the important impacts of climate change is the sea level rise. Turkey is a peninsula, so the coastal areas of the country are threatened by the sea level rise. At the aim of enhancing spatial resilience of urbanized areas, this question arises: what should be the priority intervention subject in the urban planning process for a given city? To answer this question, by focusing on the problem of the sea level rise, this study aimed to determine spatial vulnerability typologies and levels of Turkey coastal cities based on morphological, physical and social characteristics. As a method, spatial vulnerability of the coastal cities was determined by two steps (for the level and type). Firstly, physical structure, morphological structure and social structure were examined in determining spatial vulnerability levels. By determining these levels, most vulnerable areas were revealed as a priority in

adaptation studies. Secondly, all the parameters were also used to determine spatial typologies. The typologies were determined for the coastal cities in order to use as a base for urban planning studies.

The results demonstrated that the urban settlements located on the coasts of the Marmara Sea, Aegean Sea and Mediterranean Sea are more vulnerable than the cities located on the Black Sea coasts to the sea level rise.

Adaptation to the climate change is also crucial for other countries having coastal cities, so the approach used in this study could be useful for the leaders of territorial planning and urban development of these countries.

KEYWORDS:

climate change; coastal cities; sea level rise; urban land use planning; vulnerability.

FOR CITATION:

Aydin M.B.S., Kahraman E.D. *Opredeleniye urovney prostranstvennoy uyazvimosti pribrezhnyh gorodov k izmeneniyam klimata i ih sootvetstvuyushchey tipologii na primere Turtsii (per. s angl.) [Determining the spatial vulnerability levels and typologies of coastal cities to climate change: case of Turkey (translation from English)]. Geoinfo. 2023. 3: 38–45 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-38-45 (in Rus.).*

ВВЕДЕНИЕ ▶

Повышение уровня моря является одним из наиболее серьезных последствий современных изменений климата. В последних (их уже было шесть [2]. – *Ред.*) оценочных докладах Межправительственной группы экспертов по проблемам изменений климата при ООН (МГЭИК, IPCC) [2, 3] отмечалась большая вероятность того, что скорость повышения глобального среднего уровня моря (ГСУМ, GMSL) в течение XXI века превысит темпы, наблюдавшиеся в конце XX – начале XXI века. (Если уровень моря поднялся с 1901 года на 20 см, то к концу XXI века он может подняться на величину до 1 м, а затем еще больше. Даже если человечество сможет прекратить выбросы парниковых газов в атмосферу, уровень моря останется выше привычного для нас, возможно, на тысячи лет [2]. – *Ред.*).

Прибрежные системы, состоящие как из природных, так и из антропогенных систем, особенно чувствительны к повышению уровня моря [4], и урбанизированным территориям мира, располагающимся на побережьях морей и океанов, это несет опасность, тем более что привлекательность прибрежных зон и миграция туда людей привела и продолжает приводить к быстрому росту городов и других населенных пунктов в этих зонах как в развитых, так и в развивающихся странах [5].

Особенно сильна такая опасность для населенных прибрежных территорий с низкой абсолютной высотой, составляющей менее 10 м над уровнем моря (Low Elevation Coastal Zones – LECZ), а ведь они занимают 2% от площади всей суши в мире и на них проживает 10% мирового населения и 13% мирового городского населения [6], и эти цифры продолжают увеличиваться [7]. Поэтому так важно разрабатывать пути адаптации прибреж-

ных населенных районов к изменениям климата и повышению уровня моря.

В дополнение к постоянному росту населения в прибрежных урбанизированных зонах можно было бы перечислить и другие причины их уязвимости к изменениям климата в соответствии с собственными характеристиками каждого конкретного города – географическим положением, социально-экономической структурой, характеристиками пространственного развития и инфраструктуры.

В данной статье основное внимание уделяется пространственному развитию и структурным характеристикам.

При рассмотрении взаимодействия между урбанизацией, рисками и уязвимостью, связанными с изменениями климата, наиболее важным фактором является пространственная структура города [8], поскольку одним из наиболее важных инструментов адаптации прибрежной урбанизированной зоны к повышению уровня моря является планирование городского землепользования [9–14].

Термин «пространственная уязвимость», как правило, используется для демонстрации пространственного распределения уровней уязвимости городов (например, [15, 16]). Однако в данном исследовании этот термин используется и для уязвимости, основанной на морфологических характеристиках городов. Иными словами, в качестве факторов, определяющих уязвимость конкретного города, рассматриваются тип и структура пространственного развития (такие морфологические характеристики, как расположение жилых домов, их удаленность от моря, протяженность береговой линии и т. д.).

В отношении проблемы повышения пространственной устойчивости урбанизированных прибрежных территорий и их адаптации к изменениям климата возникают следующие вопросы.

1. Какие пространственно-морфологические характеристики важны для определения уязвимости города к повышению уровня моря?

2. Как можно уменьшить пространственную уязвимость с помощью планирования городского землепользования?

3. Какие меры для того или иного конкретного города имеют самое большое значение на первом этапе?

Настоящее исследование посвящено оценке типологии пространственной уязвимости и уровней уязвимости прибрежных городов Турции к последствиям изменений климата на основе их морфологических, физических, социальных и экономических характеристик, чтобы можно было ответить на приведенные выше вопросы, то есть обеспечить основу для будущих процессов планирования городского землепользования в целях адаптации к постоянно продолжающемуся повышению уровня моря.

ПРИБРЕЖНЫЕ ГОРОДА ТУРЦИИ И ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ МОРЯ ▶

Турция окружена четырьмя морями – Средиземным, Эгейским, Черным и Мраморным (последнее является внутренним) (рис. 1). Ее территория представляет собой полуостров с береговой линией протяженностью 8 333 км. За последнее столетие уровень моря в регионе Средиземного и Черного морей повысился на 12 см [17]. В период с 1922 по 1985 год вдоль турецкой береговой линии несколько раз проводился мониторинг уровня моря [18]. К моменту написания настоящей статьи в стране работало 20 станций измерения приливов, которые были созданы в рамках Национальной сети мониторинга уровня моря Турции (TNSLMN). Их данные передаются в Глобальную систему наблюдений за уровнем моря (GLOSS) и в Постоянную службу среднего уровня

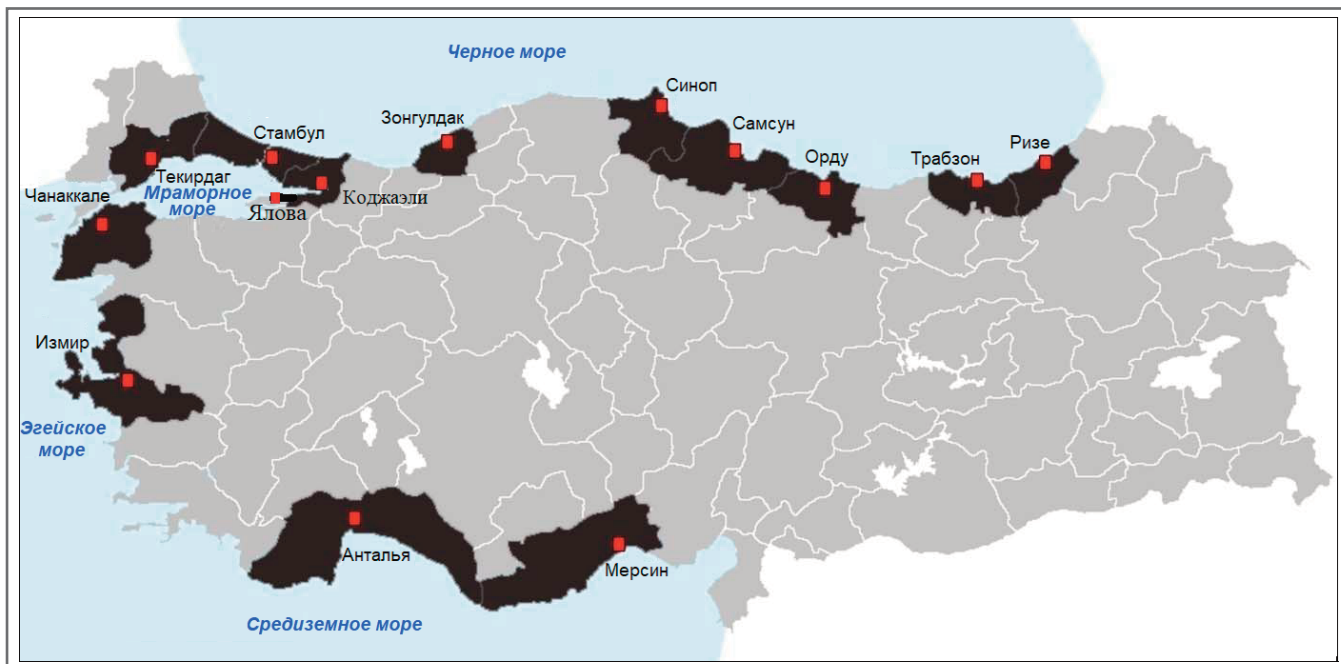


Рис. 1. Крупные прибрежные города Турции ($n=14$) (по [1])

моря (PSMSL). И согласно результатам измерений в рамках TNSLMN наблюдается очевидное повышение среднего уровня моря.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ ►

Уязвимость к изменениям климата, по определению МГЭИК, – это «степень, в которой геофизические, биологические и социально-экономические системы восприимчивы к неблагоприятным воздействиям изменений климата и не способны с ними справиться» [20]. При определении уязвимости большое значение имеют как факторы, имеющие положительное влияние, так и факторы, оказывающие отрицательное воздействие.

Различия по социальным, экономическим, физическим, морфологическим, гидрогеологическим и политико-административным характеристикам городов проводились в зависимости от степени их подверженности воздействию повышения уровня моря, чувствительности к этому воздействию и устойчивости к нему (способности его выдерживать). Для определения уязвимости имеются разные уравнения, включающие степени подверженности, чувствительности и устойчивости.

Де Леон и Карлос [21] привели формулу, предложенную Институтом уменьшения опасности стихийных бедствий (Disaster Reduction Institute, DRI), согласно которой уязвимость равна произведению показателей подверженности и чувствительности, поделенному на показатель устойчивости (в отношении существующих институтов, людей, организаций и

ресурсов города, которые сталкиваются с неблагоприятными последствиями стихийных бедствий). Было также предложено аналогичное формуле DRI уравнение для определения индекса уязвимости к наводнениям (Flood Vulnerability Index, FVI), в котором используются показатели подверженности (E), чувствительности (S) и устойчивости (R) и которое обеспечивает безразмерность результатов для возможности сравнения величин FVI для разных случаев [22]:

$$FVI = \frac{E \times S}{R}. \quad (1)$$

Выполнялась также нормализация различных характеристик города на основе формулы, использованной в работах [23–25].

Балица и др. [25] разработали свой метод определения FVI для городов, расположенных на побережьях морей и океанов. В нем индексы уязвимости к наводнениям нормализуются (и попадают в диапазон от 0 до 1, что позволяет их сравнивать) с помощью следующей формулы:

$$FVI_{\text{нормализ.}} = \frac{FVI}{FVI_{\text{макс.}}}. \quad (2)$$

В настоящем исследовании уравнение для FVI использовалось для определения индексов уязвимости прибрежных районов (Coastal Vulnerability Index, CVI) для сравнения уровней пространственной уязвимости приморских городов Турции, которые имеют разные показатели физических, морфологических и социальных характеристик. Приведем формулу

для индекса CVI, состоящего из трех компонентов (физического $CVI_{\text{физ.}}$, морфологического $CVI_{\text{морф.}}$ и социального $CVI_{\text{соц.}}$), и формулы для вычисления этих компонентов:

$$CVI = CVI_{\text{физ.}} + CVI_{\text{морф.}} + CVI_{\text{соц.}}, \quad (3)$$

где:

$$CVI_{\text{физ.}} = \frac{(ALT \times SLR \times LECZ)}{FOR}; \quad (4)$$

$$CVI_{\text{морф.}} = \frac{(LE CZ/C \times CA \times COAST \times DFS)}{(PAR \times INFRAS)}; \quad (5)$$

$$CVI_{\text{соц.}} = \frac{(POP \times POPD \times POPG \times AGE \times DIS \times FM)}{INCOM}. \quad (6)$$

Обозначения, использованные в правых частях формул (4–6), расшифрованы и пояснены в таблице 1 и далее в тексте.

Пояснения по физическим характеристикам прибрежных городов ►

Усилия, связанные с решением рассматриваемых проблем, были начаты в Турции не так уж и давно – после подписания ею в 2004 году Рамочной конвенции ООН по изменению климата (РКИК ООН). Поэтому научные данные о среднем повышении уровня моря в данном регионе довольно ограничены. Согласно «Первому национальному сообщению Турции об изменении климата» среднее изменение уровня моря, рассчитанное путем гармонического анализа результатов измерений за 20 лет на мареографических станциях

Таблица 1. Физические, морфологические и социальные характеристики приморского города (по [1], см. также формулы 3–6)

Показатель	Аббревиатура (от полн. англ.)	Ед. изм.	Тип фактора	Тип компонента уязвимости	Влияние на уязвимость	Источ.
Средняя высота данного города над уровнем моря	ALT (Altitude)	м	подверженности	физический	Чем больше ALT, тем ниже уязвимость	[25]
Прогнозируемое повышение уровня моря в год	SLR (Sea Level Rise)	мм/г	подверженности	физический	Чем больше SLR, тем выше уязвимость	[16, 24]
Площадь урбанизированных низинных* прибрежных зон	LECZ (Low Elevation Coastal Zones)	га	подверженности	физический	Чем больше LECZ, тем выше уязвимость	[26]
Площадь лесов в низинных* прибрежных зонах	FOR (FORest area)	га	устойчивости	физический	Чем больше FOR, тем ниже уязвимость	[27]
Площадь застроенных зон	CA (City Area)	га	подверженности	морфологич.	Чем больше CA, тем выше уязвимость	[28]
Доля площади застроенных прибрежных низинных* зон от общей застроенной площади	LECZ/C (LECZ in City ratio)	%	подверженности	морфологич.	Чем больше LECZ/C, тем выше уязвимость	[26]
Площадь парков в низинных* прибрежных зонах	PAR (PARks)	га	устойчивости	морфологич.	Чем больше PAR, тем ниже уязвимость	[27]
Длина береговой линии вдоль данного города	COAST (COASTline)	км	подверженности	морфологич.	Чем больше COAST, тем выше уязвимость	[28]
Доля доступа к инфраструктуре	INFRAS (INFRAStructure)	%	устойчивости	морфологич.	Чем больше INFRAS, тем выше уязвимость	[29]
Среднее расстояние от застроенной территории до моря	DFS (Distance From the Sea)	км	подверженности	морфологич.	Чем больше DFS, тем ниже уязвимость	[28]
Численность населения, подверженного воздействию изменений климата	POP (POPulation)	колич. людей	подверженности	социальный	Чем больше POP, тем выше уязвимость	[30]
Плотность населения	POPD (POPulation Density)	чел./км ²	подверженности	социальный	Чем больше POPD, тем выше уязвимость	[30]
Индекс доходов и благосостояния населения	INCOM (INCOME and wealth index)	%	устойчивости	социальный	Чем больше INCOM, тем ниже уязвимость	[29]
Темп увеличения численности населения (прирост в год по данным за 2014–2015 гг.)	POPG (POPulation Growth rate)	%	подверженности	социальный	Чем больше POPG, тем выше уязвимость	[30]
Число людей возрастом 65 лет и старше	AGE (AGE ≥ 65)	колич. людей	чувствительности	социальный	Чем больше AGE, тем выше уязвимость	[31]
Число людей с ограниченными возможностями	DIS (DISable people)	колич. людей	чувствительности	социальный	Чем больше DIS, тем выше уязвимость	[32]
Количество женщин (женское население)	FM (FeMale population)	колич. женщин	чувствительности	социальный	Чем больше FM, тем выше уязвимость	[31]

«Анталья-II» (Средиземное море), «Бодрум-II» и «Ментес» (Эгейское море) и за 21 год на мареографической станции «Эрдек» (Мраморное море) составляют для этих морей соответственно $7,4 \pm 0,6$; $3,8 \pm 0,6$ и $7,7 \pm 0,7$ мм/год [26]. Повышение уровня Черного моря рассчитали Авшар и др. [27]: с 1993 по 2014 год оно составило $3,19 \pm 0,81$ мм/год.

В настоящем исследовании для вычисления физического компонента уязвимости ($CVI_{\text{физ.}}$, см. формулу (4)) использовались такие показатели, как повышение уровня моря (SLR), площадь низинных (ниже 10 м) прибрежных зон (LECZ), высота над уровнем моря (ALT) и площадь лесов (FOR) (см. таблицу 1). За исключением повышения уровня моря, они тесно связаны с решениями о размещении объектов, которые принимаются в процессе

планирования городского землепользования, поэтому в данном исследовании они относятся к пространственно-морфологическим характеристикам того или иного прибрежного города, а не к незаселенным территориям (см. таблицу 1).

Пояснения по морфологическим характеристикам прибрежных городов ▶

Отличительной особенностью данного исследования является то, что измерение морфологических характеристик ограничивалось низинными (0–10 м над уровнем моря) прибрежными территориями, в пределах которых определялись площади застроенных (LECZ/C), лесных (FOR) и парковых (PAR) зон. Уровень урбанизации территорий, расположенных

на высоте 0–10 м, дает информацию о характере роста городов. Протяженность застроенных зон вдоль побережья связана с уязвимостью. Если площадь урбанизированной низинной территории и ее протяженность вдоль побережья увеличатся, то повышение уровня моря будет еще серьезнее угрожать ее населению и инфраструктуре.

Площади лесных (FOR) и парковых (PAR) зон на низинных территориях – показатели, определяющие устойчивость урбанизированного района. Такие незастроенные городские территории важны для повышения устойчивости города к стихийным бедствиям, вызванным изменениями климата [28]. Если их площади будут больше, устойчивость прибрежного города к повышению уровня моря повысится.

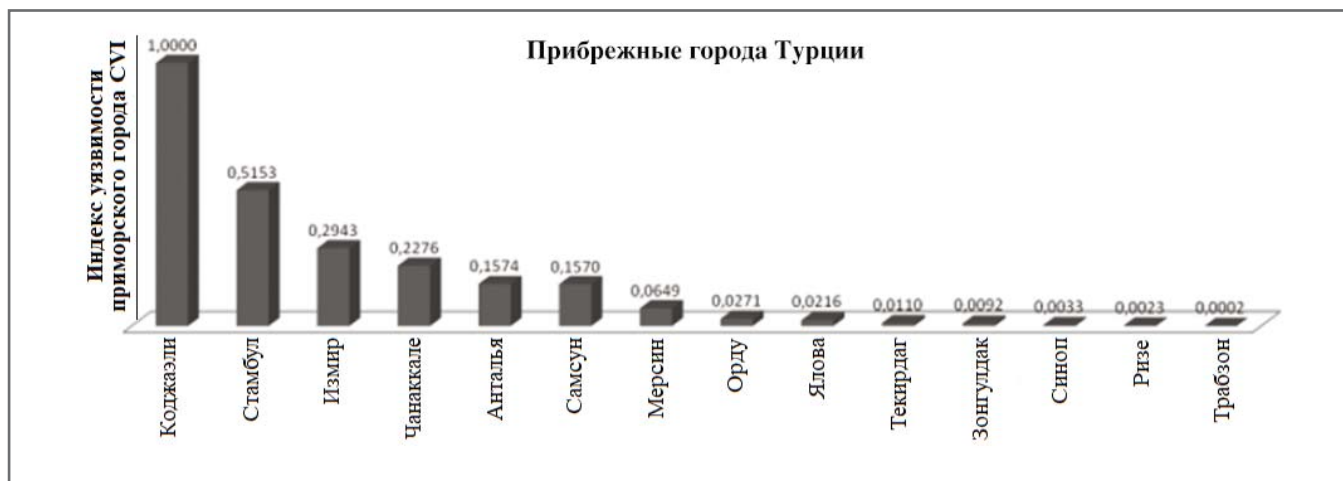


Рис. 2. Сопоставление индексов уязвимости прибрежных городов Турции (CVI) при воздействии повышения уровня моря (по [1])

Таблица 2. Прибрежные города Турции, разделенные на типы по уязвимости к повышению уровня моря (по [1])

Уязвимость					
физическая	морфологическая	социальная	физическая и морфологическая	физическая и социальная	морфологическая и социальная
Орду, Ялова, Текирдаг, Зонгулдак, Ризе	Чанаккале, Самсун	Стамбул, Мерсин, Трабзон	Коджаэли	Измир, Синоп	Анталья

В силу ряда своих преимуществ земля в прибрежных зонах городов стоит дороже всего. Приморские зоны Турции застроены многоэтажными и высотными зданиями, которые расположены на близком расстоянии от моря из-за желания застройщиков получить выгоду от высокой стоимости такой земли. Например, в Стамбуле есть прибрежные зоны, где здания расположены всего в одном метре от моря. Поэтому средняя удаленность застроенной территории от моря (DFS) была принята в качестве еще одного важного показателя для расчета морфологического компонента индекса уязвимости прибрежного района ($CVI_{\text{морф.}}$, см. формулу (5)). Средние расстояния зданий от моря DFS рассчитывали для интервалов протяженности береговой линии в 3 км (см. таблицу 1). Если здания будут строиться близко к морю, то уязвимость города к изменениям климата повысится.

Пояснения по социальным характеристикам прибрежных городов

Численность населения, подверженного воздействию изменений климата (POP), ее ежегодный прирост (POPG), количество людей возрастом 65 лет и старше (AGE), число людей с ограниченными возможностями (DIS) и число

женщин (FM), проживающих в урбанизированных приморских районах, являются показателями для вычисления социального компонента уязвимости ($CVI_{\text{соц.}}$, см. формулу (6)). Индекс доходов и благосостояния населения (INCOM) рассчитывается как показатель устойчивости социального компонента уязвимости (см. таблицу 1).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты расчетов показали, что в среднем города, находящиеся на побережьях Мраморного, Эгейского и Средиземного морей, более уязвимы при воздействии повышения уровня моря, чем расположенные на побережье Черного моря. Наиболее уязвимым, по полученным данным, является Коджаэли на берегу Мраморного моря. После него по уязвимости идут Стамбул на побережье Мраморного моря и Измир на берегу Эгейского моря (рис. 2; см. также рис. 1).

При сопоставлении оценок уязвимости, сделанных отдельно для каждого компонента CVI (см. формулы (4–6)), было выделено шесть типов приморских городов Турции при воздействии повышения уровня моря (см. таблицу 2):

- 1) физически уязвимые;
- 2) морфологически уязвимые;
- 3) социально уязвимые;

- 4) физически и морфологически уязвимые;
- 5) физически и социально уязвимые;
- 6) морфологически и социально уязвимые.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приоритетные меры против воздействия изменений климата на приморские города в Турции следует принимать в соответствии с выделенными здесь типами уязвимости. Более устойчивыми к воздействию изменений климата могли бы быть физически и морфологически уязвимые прибрежные города. При необходимости можно было бы проводить дополнительные исследования в обозначенных в статье направлениях.

Адаптация к повышению уровня моря имеет решающее значение и для других стран [33], имеющих города на побережьях морей и океанов, поэтому использованный в данной работе подход мог бы быть полезным для руководителей территориального планирования и градостроительства этих государств.

Авторы выражают благодарность факультету научно-исследовательских проектов Университета Докуз Эйлюль (г. Измир, Турция) за поддержку представленного исследования.

Источники (References) ►

1. Aydin M.B.S., Kahraman E.D. Determining the spatial vulnerability levels and typologies of coastal cities to climate change: case of Turkey // *International Journal of Geological and Environmental Engineering*. World Academy of Science, Engineering and Technology, 2016. Vol. 10. № 11. Paper 32250. DOI: doi.org/10.5281/zenodo.1128163. URL: publications.waset.org/10006076/pdf.
2. regnum.ru/news/3342516.html.
3. Church J.A., Clark P.U., Cazenave A., et al. Sea Level Change // *Climate Change 2013. The Physical Science Basis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013. P. 1137–1216.
4. Wong P.P., Losada I.J., Gattuso J.-P., et al. Coastal systems and low-lying areas // *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A. Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014. P. 361–409.
5. Nicholls R.J., Wong P.P., Burkett V.R. et al. Coastal systems and low-lying areas // *Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007. P. 315–356.
6. Mcgranahan G., Balk D., Anderson B. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones // *Environment and Urbanization*. 2007. Vol. 19. № 1. P. 17–37.
7. Revi A., Satterthwaite D.E., Aragon-Durand F., et al. Urban areas // *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A. Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014. P. 535–612.
8. Bulkeley H. A changing climate for spatial planning // *Planning Theory & Practice*. 2006. Vol. 7. № 2. P. 203–214.
9. Wilson E. Adapting to climate change at the local level: the spatial planning response // *Local Environment*. 2006. Vol. 11. № 6. P. 609–625.
10. Brown D. Making the linkages between climate change adaptation and spatial planning in Malawi // *Environmental Science and Policy*. 2011. Vol. 14. P. 940–949.
11. Greiving S., Fleischhauer M. National climate change adaptation strategies of European States from a spatial planning and development perspective // *European Planning Studies*. 2012. Vol. 20. № 1. P. 27–48.
12. Picketts I.M., Dery S.J., Curry J.A. Incorporating climate change adaptation into local plans // *Journal of Environmental Planning and Management*. 2014. Vol. 57. № 7. P. 984–1002.
13. Macintosh A., Foerster A., McDonald J. Policy design, spatial planning and climate change adaptation: a case study from Australia // *Journal of Environmental Planning and Management*. 2015. Vol. 58. № 8. P. 1432–1453.
14. Roy D.C., Blaschke T. Spatial vulnerability assessment of floods in the coastal regions of Bangladesh // *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 2015. Vol. 6. № 1. P. 21–44.
15. Li Y., Zhang X., Zhao X., et al. Assessing spatial vulnerability from rapid urbanization to inform coastal urban regional planning // *Ocean & Coastal Management*. 2016. Vol. 123. P. 53–65.
16. Republic of Turkey Ministry of Environment. First National Communication of Turkey on Climate Change. Ankara, 2007.
17. Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanisation, Turkey's Fifth National Communication Under the UNFCCC. Ankara, 2013.
18. Kahraman E.D., Aydin M.B.S. 1/100 000 ölçekli Çevre Düzeni İPlanlarının kıyı bölgelerine yönelik mekansal gelişim kararlarının saptanması // *TUCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu*. Ankara, 2014. P. 65–71.
19. Schneider S.H., Semenov S., Patwardhan A., et al. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change // *Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007. P. 779–810.
20. De Leon V., Carlos J. Vulnerability: a conceptual and methodological review. UNU-EHS, 2006.
21. Balica S.F., Douben N., Wright N.G. Flood vulnerability indices at varying spatial scales // *Water Science and Technology*. 2009. Vol. 60. № 10. P. 2571–2580.
22. Sullivan C., Meigh J. Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the climate vulnerability index // *Water Science and Technology*. 2005. Vol. 51. № 5. P. 69–78.
23. Balica S.F., Nigel G., Van Der Meulen F. A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts // *Natural Hazards*. 2012. Vol. 64. № 1. P. 73–105.
24. Avsar N.B., Kutoglu S.H., Erol B., Jin S. Coastal risk analysis of the Black Sea under the sea level rise // *FIG Working Week 2015. From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World*. Sophia, Bulgaria, 2015.
25. İllerin Yükseklik Özellikleri (Rakımları). The last access date: May 10, 2016. URL: <http://www.ozelliklerinedir.com/illerin-yuksekluk-ozellikleri-rakimlari/>.
26. Digital Elevation Map (DEM) Data-CGIAR SRTM (3 seconds resolution) // *DIVA-GIS*. The last access date: May 20, 2016. URL: <http://www.divagis.org/Data>.

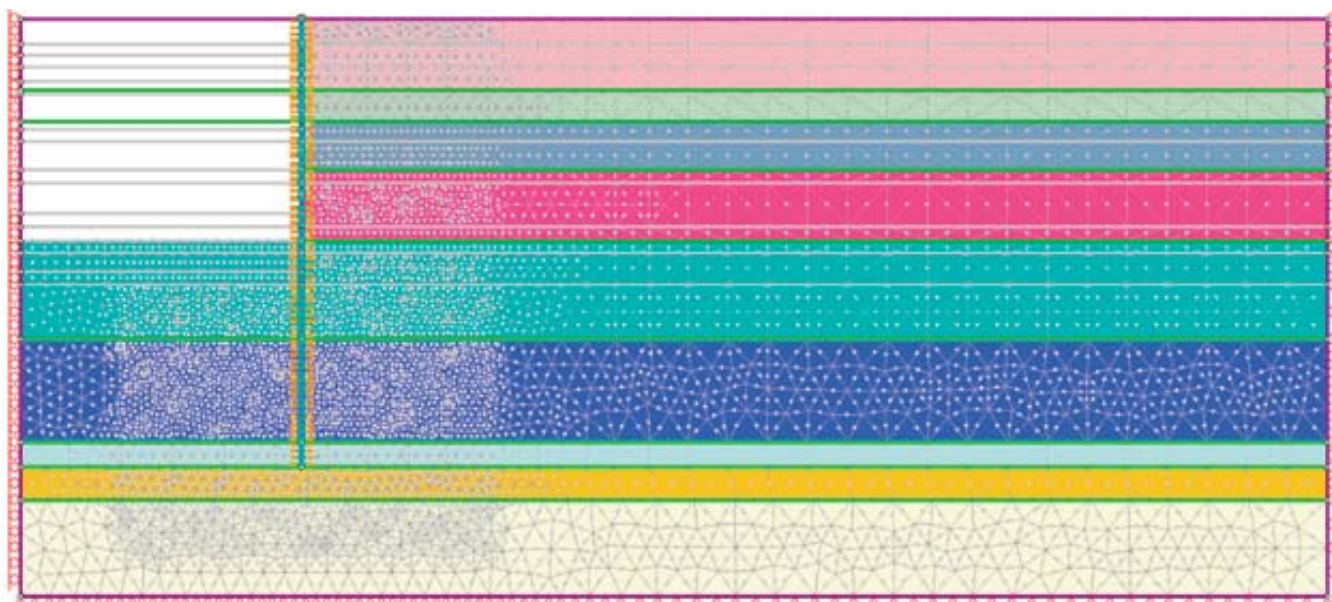
27. Open Street Map (OSM) Data-turkey-latest.osm.bz2 // GEOFABRIK. The last access date: May 20, 2016.
URL: <http://download.geofabrik.de/europe/turkey.html>.
28. Aydin M.B.S., Kahraman E.D. Measurement of city area, coastline and distance from the sea via Google Earth PRO. 2016.
29. Illerde Yasam Endeksi, 2015 // TURKSTAT. The last access date: July 19, 2016. URL:
<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24561>.
30. Adrese Dayali Nufus Kayit Sistemi Sonuclari (M) // TURKSTAT. The last access date: May 10, 2016.
URL: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>.
31. Adrese Dayali Nufus Kayit Sistemi Sonuclari, 2015 // TURKSTAT. The last access date: July 15, 2016.
URL: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21507>.
32. Dunya Nufus Gunu, 2015 // TURKSTAT. The last access date: July 15, 2016. URL:
<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18617>.
33. Humin E.M., Gurrans G. Urban form and climate change: balancing adaptation and mitigation in the U.S. and Australia // Habitat International. 2009. Vol. 33. № 3. P. 238–245.

Независимый электронный журнал **ГеоИнфо**

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



WWW.GEOINFO.RU



«НЕДРЕНИРОВАННЫЙ» АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ГЛУБОКОГО КОТЛОВАНА В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ В ПРОГРАММЕ RS2 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ УПРОЧНЯЮЩЕГОСЯ ГРУНТА

КИЕН ДАНГ

Менеджер группы конечноэлементного анализа компании Rocscience

АЗАМИ АЛИРЕЗА

Директор по научному и маркетинговому продвижению программных продуктов компании Rocscience

АННОТАЦИЯ

Компания Rocscience, основанная в 1996 году на базе Университета Торонто в Канаде, является одним из мировых лидеров по разработке, усовершенствованию и распространению 2D и 3D программного обеспечения для инженеров-строителей, горных инженеров, инженеров-геологов и геотехников. На сайте этой компании недавно появилась статья «Недренированный» анализ поведения глубокого котлована в глинистых грунтах в Rocscience RS2 с использованием модели упрочняющегося грунта» [1], основанная на случае из практики. Предлагаем вниманию читателей адаптированный и немного сокращенный перевод этой статьи [1] с привлечением информации из дополнительных источников [2, 3, 5]. Источники [4, 6] были использованы авторами переведенной статьи.

Консультационную помощь при подготовке перевода оказали сотрудники ООО «Современные Изыскательские Технологии» – официального представителя компании Rocscience в России.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

глубокий котлован; подпорная стенка; «стена в грунте»; выемка грунта; метод «сверху вниз»; стальные распорки; железобетонные плиты перекрытий; программа Rocscience RS2; горизонтальные смещения; осадки поверхности грунта; конечноэлементное моделирование; численные расчеты; полевые измерения.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Киен Д., Азамы А. «Недренированный» анализ поведения глубокого котлована в глинистых грунтах в программе RS2 с использованием модели упрочняющегося грунта // Геоинфо. 2023. № 3. С. 46–52
DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-46-52

UNDRAINED ANALYSIS OF A DEEP EXCAVATION IN CLAYEY SOILS USING PLAXIS HARDENING SOIL MODEL IN RS2

DANG KIEN

FEM Group Manager, Rocscience Inc.

ALIREZA AZAMI

Director on Business and Research,
Rocscience Inc.

ABSTRACT

The Rocscience company, which was founded in 1996 on the basis of the University of Toronto in Canada, is one of the world leaders in the development, improvement and distribution of 2D and 3D software for civil engineers, mining engineers, engineering geologists, and geotechnical engineers. The web-site of this company has recently published the paper "Undrained analysis of a deep excavation in clayey soils using PLAXIS Hardening Soil model in RS2" [1], which is based on a case study. We bring to the readers' attention an adapted and slightly abridged translation of this article [1] with the involvement of information from additional sources [2, 3, 5]. Sources [4, 6] were used by the authors of the translated paper.

Some consulting assistance in the preparation of the translation was provided by employees of Advanced Survey Technologies LLC that is the official representative of Rocscience in Russia.

KEYWORDS:

deep foundation pit; retaining wall; diaphragm wall; soil excavation; top-down method; steel struts; reinforced concrete floor slabs; Rocscience RS2 program; horizontal displacements; soil surface settlements; finite element modeling; numerical calculations; field measurements.

FOR CITATION:

Kien D., Azami A. "Nedrenirovannyi" analiz povedeniya glubokogo kotlovana v glinistykh gruntah v programme RS2 s ispol'zovaniyem modeli uprochnyayushchegosya grunta. *Geoinfo*. 2023. 3: 46–52
DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-46-52 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

При анализе, проводимом для решения геотехнических задач, используются различные расчетные параметры в зависимости от того, для каких условий рассматривается поведение грунтов – дренированных или недренированных. «Дренированный» анализ обычно используется для материалов с высокой водопроницаемостью (например, для песков, гравия) или для материалов, долгое время находящихся под нагрузкой. С другой стороны, при моделировании поведения глинистых грунтов при кратковременном нагружении необходимо учитывать параметры недренированного материала. Поскольку недренированная прочность не является неотъемлемым свойством глины, эта характеристика изменяется на разных глубинах модели по мере изменения поля напряжений.

То есть дренированное или недренированное поведение зависит от типа грунта и/или от скорости нагружения.

В программном комплексе RS2 от компании Rocscience «недренированный» анализ может быть смоделирован с помощью трех разных подходов.

1. С применением недренированных параметров прочности и жесткости (используя коэффициент Пуассона, близкий к 0,5, и обратный расчет недренированного модуля Юнга E по эффективному модулю сдвига G). При таком подходе не будет создаваться избыточное поровое давление, так как оно учтено в используемых параметрах (аналог – Undrained C в программе Plaxis. – *Ред.*).

2. С применением параметров недренированной прочности и эффективных параметров жесткости. При этом подходе избыточное поровое давление может быть получено, но оно может быть неточным (аналог – Undrained B в Plaxis. – *Ред.*).

3. С применением эффективных параметров прочности и жесткости. При

таком подходе в зависимости от использованных комплексных геомеханических (конститутивных) моделей поведения грунта может быть точно сгенерировано избыточное поровое давление (аналог – Undrained A в Plaxis. – *Ред.*).

При использовании подходов 2 и 3 в программе RS2 можно смоделировать поведение недренированного грунта, либо активировав опцию Undrained («Недренированное») в пункте меню Consolidation analysis («Анализ процесса консолидации»), либо выбрав опцию Undrained («Недренированное») в пункте меню Material behaviors («Поведение материалов»). Но следует обратить внимание, что должна быть выбрана только одна из опций.

Напомним, что программный комплекс RS2 представляет собой одну из флагманских геотехнических программ от компании Rocscience. Это универсальный программный комплекс для 2D моделирования и анализа напря-

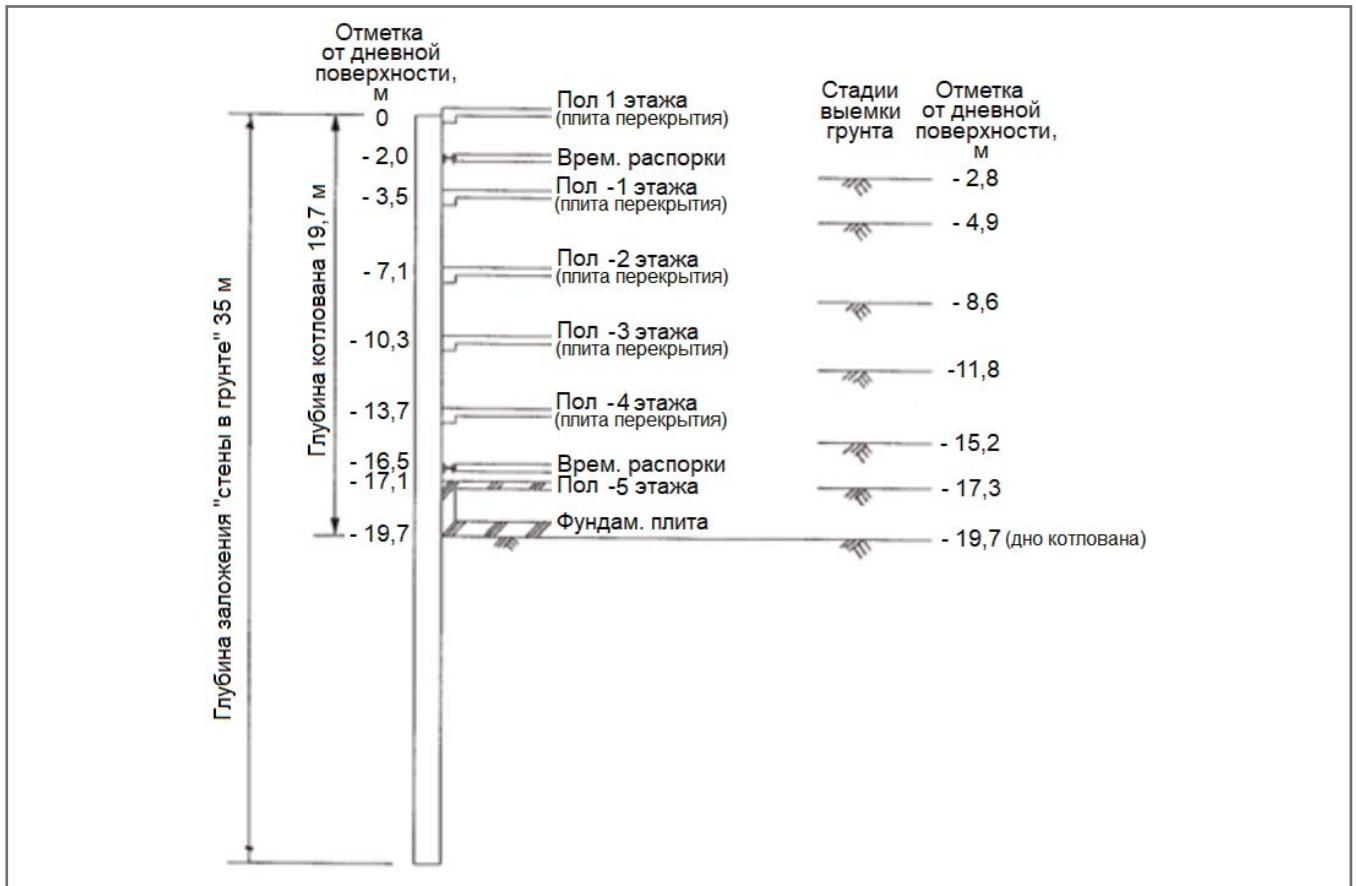


Рис. 1. Поперечный разрез части проектируемого котлована для строительства здания Тайбэйского национального центра предпринимательства (по [4])

Таблица 1. Параметры песчаных грунтов

Параметр	Рыхлый пылеватый мелкозернистый песок	Пылеватый мелкозернистый песок средней плотности	Более плотный пылеватый мелкозернистый песок
	в диапазоне глубины, м		
	5,6–8,0	33,0–35,0	37,5–45,0
Модуль Юнга E , кПа	68 351	265 473	300 247
Коэффициент Пуассона ν	0,3	0,2	0,3
Угол внутреннего трения ϕ , град.	30	33	35
Удельное сцепление c , кПа	0,1	0,1	0,1
Угол дилатансии ψ , град.	0	3	5
Удельный вес γ , кН/м ³	18,93	19,62	19,62
Критерий разрушения	Мора – Кулона	Мора – Кулона	Мора – Кулона

женно-деформированного состояния методом конечных элементов, который может использоваться при подземных горных работах, для проектирования тоннелей, карьеров, котлованов и фундаментов, систем их крепления, а также для оценки устойчивости откосов и склонов и пр. [2, 3].

Далее будет рассмотрен конкретный пример анализа поведения бортов глубокого котлована в глинистых грунтах

в недренированных условиях с использованием третьего подхода. Для моделирования поведения недренированных глинистых грунтов была выбрана модель упрочняющегося грунта (Hardening Soil, HS). Параметры прочности и жесткости выражались в терминах эффективных напряжений, однако на этапах нагружения и выемки грунта материал рассматривался как недренированный.

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ ►

Здание Тайбэйского национального центра предпринимательства (Taipei National Enterprise Center, TNEC) имеет 5 подземных и 18 надземных этажей. Оно было построено в городе Тайбэй (Тайвань) в 1991 году [4]. Котлован для его возведения был построен за 300 дней. Сначала с поверхности земли по периметру будущего объекта была

Таблица 2. Параметры глинистых грунтов для уточненной модели на основе третьего подхода (с применением эффективных параметров прочности и жесткости)

Параметр		Пластичная пылеватая глина					Среднепластичная глина	
		в диапазоне глубины, м						
		0–5,6	8,0–11,8	11,8–17,3	17,3–25,0	25,0–33,0		35,0–37,5
Модуль Юнга E , кПа	E_{50}	4 574	9 375,01	15 952	19 220,3	20 750	21 227	
	E_{oed}	3202	6562	11167	13454	20750	6562	
	E_{ur}	13723	28125	74858.4	57660	14525	28125	
Коэффициент Пуассона ν		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Угол внутреннего трения ϕ , град.		30	29,08	29,08	29,08	29,08	30	
Удельное сцепление c , кПа		1	1	1	1	1	1	
Угол дилатансии ψ , град.		0	0	0	0	0	0	
Удельный вес γ , кН/м ³		18,25	18,15	18,15	18,15	18,15	19,13	
Коэф. переуплотнения OCR		4	1,8	1,5	1,2	1,1	1	
Коэф. бокового давления нормально уплотненного грунта K_{0-nc}		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	

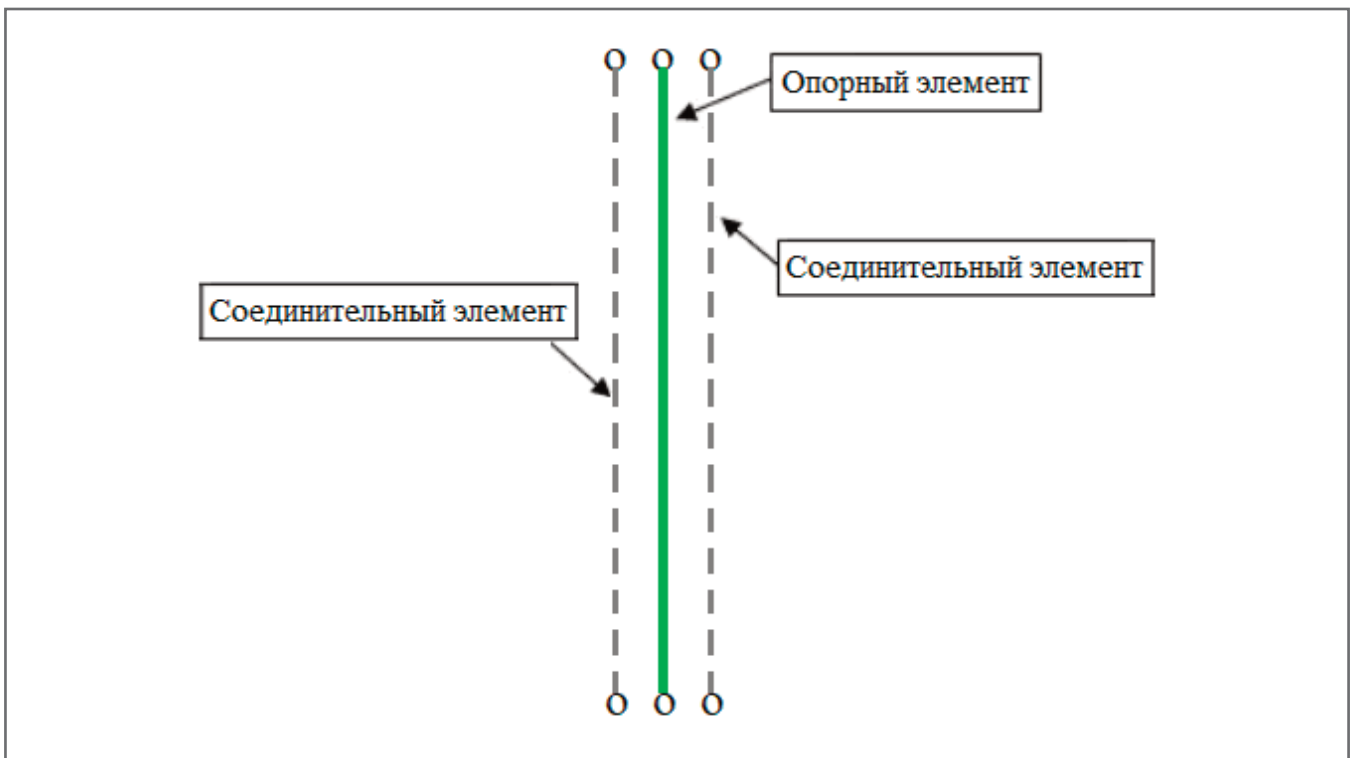


Рис. 2. Схематичное представление компонентов структурного интерфейса (рисунок на основе схемы из архивов сайта roscience.com добавлен редактором)

сооружена траншейная «стена в грунте», а затем внутри ее периметра сам котлован создавался поярусно по методу «сверху вниз» (top-down) в семь этапов.

1. Грунт был вынут до глубины 2,8 м от дневной поверхности.

2. На глубине 2 м были временно установлены стальные двутавровые балки в качестве горизонтальных распорок (чтобы уменьшить деформации подпорной «стены в грунте» в процессе земляных работ перед установкой железобетонных плит междуэтажных перекры-

тий). Затем был вынут грунт до глубины 4,9 м от дневной поверхности.

3. На глубине 3,5 м была сооружена железобетонная плита перекрытия, после чего были удалены временные распорки, установленные на предыдущем этапе, и вынут грунт до глубины 8,6 м.

Таблица 3. Параметры боковых опор, использованные при моделировании

Параметр	Стальные двутавр. распорки	Железобетонные плиты перекрытий				Стальные двутавр. распорки
	на глубине, м					
	2,3	3,5	7,1	10,3	13,7	16,5
Жесткость пружины k , кН/м/м	11 720,93	117 209,3	117 209,3	117 209,3	117 209,3	50 331,05
Коэффициент упругости E , кПа	$2,1 \times 10^8$	$2,1 \times 10^7$	$2,1 \times 10^7$	$2,1 \times 10^7$	$2,1 \times 10^7$	$2,1 \times 10^8$
Площадь поперечного сечения A , м ²	0,012	-	-	-	-	0,0219
Шаг, м	8	-	-	-	-	3,4
Толщина, м	-	0,15	1,5	0,15	0,15	-

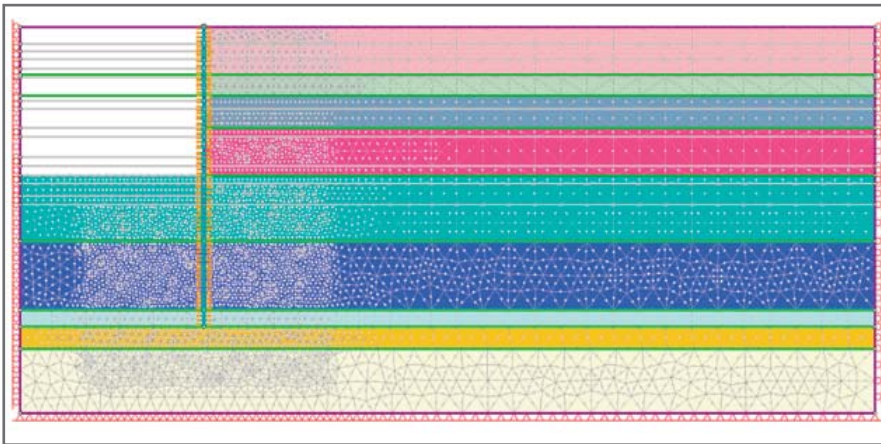


Рис. 3. Геометрия модели и сетка конечных элементов для заключительного этапа выемки грунта

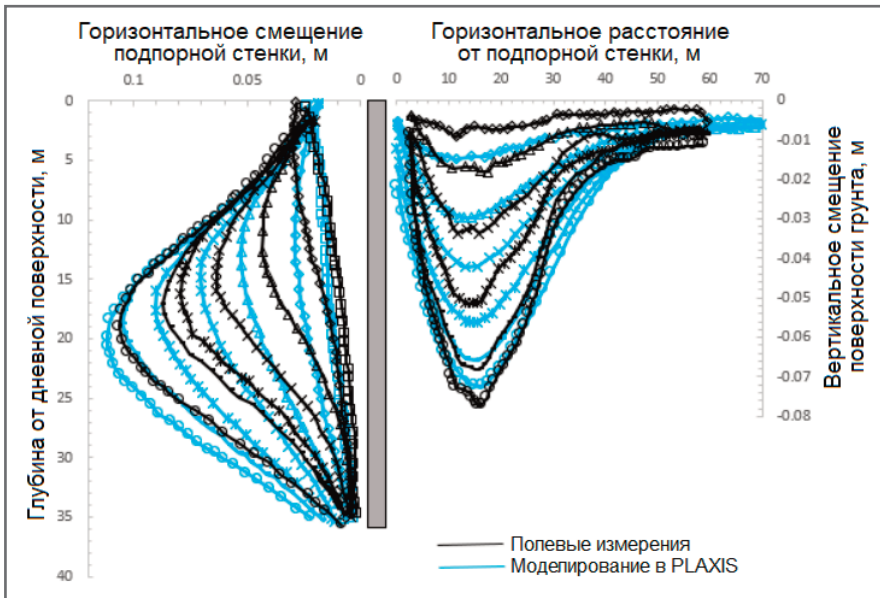


Рис. 4. Сопоставление данных полевых измерений и результатов моделирования в программе PLAXIS, выполненного авторами работы [6], по горизонтальным смещениям подпорной стенки внутрь котлована (слева) и по осадкам поверхности грунта, примыкающего к подпорной стенке снаружи от котлована (справа) для всех этапов выемки грунта

4. Были сооружены плиты перекрытий на глубине 0 м и на глубине 7,1 м. | Затем был вынут грунт до глубины 11,8 м.

5. Была сооружена плита перекрытия на глубине 10,3 м, после чего был вынут грунт до глубины 15,2 м.

6. Была сооружена плита перекрытия на глубине 13,7 м. Далее был вынут грунт до глубины 17,3 м.

7. На глубине 16,5 м были снова временно установлены стальные двутавровые балки в качестве горизонтальных распорок. Затем был вынут грунт до глубины 19,7 м.

После этого были устроены фундаментная плита и пол нижнего подземного этажа, а также выполнены финишные работы по формированию фундамента [5].

На рисунке 1 показан поперечный разрез проектируемого котлована с указанием стадий выемки грунта, уровней временных распорок и железобетонных плит подземных междуэтажных перекрытий и фундамента, а также соответствующих высотных отметок от дневной поверхности.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММЕ ROSSCIENCE RS2

Описание модели

Целью представленной работы являлся анализ поведения бортов рассмотренного выше котлована и окружающего грунта с помощью моделирования в программном комплексе Rocscience RS2. Результаты анализа (горизонтальных смещений подпорной «стены в грунте» и вертикальных смещений (осадок) поверхности окружающего грунта) были сопоставлены с данными полевых измерений и с результатами эквивалентного моделирования в программном комплексе PLAXIS.

Геологический разрез рассматриваемой площадки состоит из разных

слоев песчаных и глинистых грунтов. Было принято, что песчаные слои обладают высокой водопроницаемостью и ведут себя как дренированные материалы. Их поведение моделировалось с применением комплексной геомеханической (конститутивной) модели Мора – Кулона с использованием показателей свойств, приведенных в таблице 1. Также было принято, что глинистые слои имеют низкую водопроницаемость и ведут себя как недренированные материалы. Их нелинейное поведение моделировалось с применением конститутивной модели упрочняющегося грунта (Hardening Soil, HS) с использованием параметров, представленных в таблице 2.

Чтобы установить в модели начальные поля напряжений и порового давления, рассматривалась начальная стадия, для которой было принято, что все материалы являются дренированными. Процесс нагружения начинался с устройства «стены в грунте», в результате чего поведение глинистых грунтов изменилось на недренированное.

Начиная с глубины 11,8 м слой глины был разделен на глубинах 17,3; 25,0 и 33,0 м. Соответственно, в этом диапазоне глубин было выделено четыре разных слоя, которые немного различались по параметрам. Для всех этих слоев использовалась конститутивная модель упрочняющегося грунта с параметрами, которые были взяты из ранее опубликованной статьи [6] других авторов.

Стена в грунте с глубиной заложения 35 м и толщиной 90 см и ее взаимодействие с прилегающими грунтами моделировались в RS2 при активировании опции Structural interface («Структурный интерфейс») с помощью опорных элементов и скользящих соединительных элементов, располагавшихся с каждой стороны между опорными элементами и элементами грунта (рис. 2). Коэффициент снижения прочностных свойств соединительного интерфейса из-за нарушения структуры грунта был принят равным 70% от прочности окружающего грунта.

Боковые опоры (временные стальные распорки и бетонные плиты междуэтажных перекрытий) были смоделированы в RS2 с помощью пружинных элементов (при активировании опции Springs в программе RS2), свойства которых перечислены в таблице 3. Величины их удерживающей способности в этой таблице отражены, однако окончательные значения жесткости пружин, которые использовались при

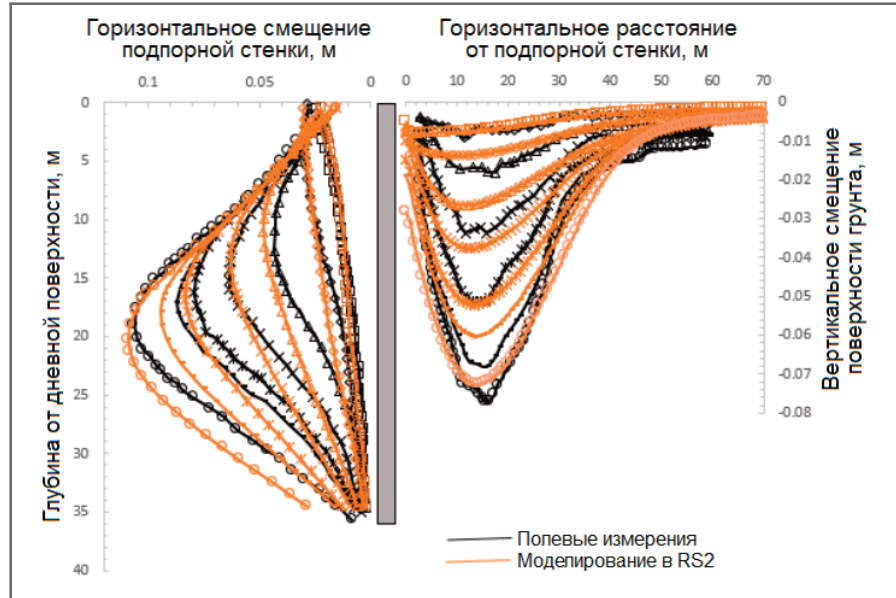


Рис. 5. Сопоставление данных полевых измерений и результатов моделирования в программе Rocscience RS2 [1] по горизонтальным смещениям подпорной стенки внутрь котлована (слева) и по осадкам поверхности грунта, примыкающего к подпорной стенке снаружи от котлована (справа) для всех этапов выемки грунта

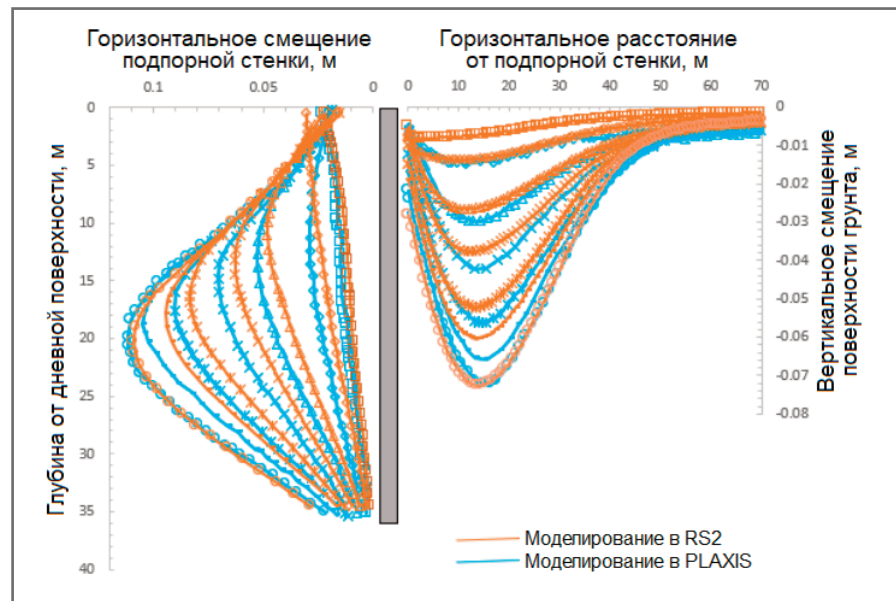


Рис. 6. Сопоставление результатов моделирования в программах Rocscience RS2 [1] и PLAXIS [6] по горизонтальным смещениям подпорной стенки внутрь котлована (слева) и по осадкам поверхности грунта, примыкающего к подпорной стенке снаружи от котлована (справа) для всех этапов выемки грунта

моделировании, были рассчитаны на основе понижающего коэффициента 20% применительно к каждой боковой опоре на основе рекомендации из статьи [6].

На каждом этапе выемки внутри периметра «стены в грунте» выполнялось водопонижение с поддержанием уровня грунтовых вод на 1 м ниже дна котлована. Геометрия, слои грунта и сетка конечных элементов на последнем этапе земляных работ представлены на рисунке 3. Видно, что сетка стужается вокруг зоны выемки

грунта. Это было сделано для повышения точности расчетов.

Полученные результаты ►

Измеренные и смоделированные (в Rocscience RS2 [1] и PLAXIS [6]) горизонтальные смещения подпорной стенки внутрь котлована и осадки поверхности грунта, примыкающего к подпорной стенке снаружи от котлована, сопоставлены в разных сочетаниях на рисунках 4–7.

Из рисунков 4–7 видно, что численные расчеты на основе моделирования

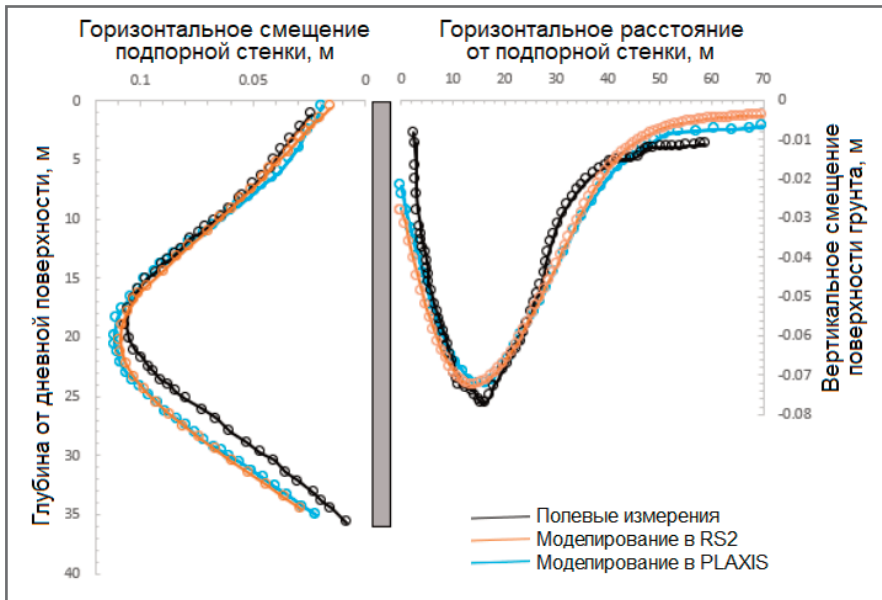


Рис. 7. Сопоставление данных полевых измерений и результатов моделирования в программах Rocscience RS2 [1] и PLAXIS [6] по горизонтальным смещениям подпорной стенки внутрь котлована (слева) и по осадкам поверхности грунта, примыкающего к подпорной стенке снаружи от котлована (справа), для заключительного этапа выемки грунта

в программах Rocscience RS2 [1] и PLAXIS [6] дали очень близкие друг к другу результаты, которые одинаково хорошо

соответствовали данным полевых измерений на всех этапах выемки грунта при строительстве котлована.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►

В статье рассмотрено исследование устройства глубокого котлована в слоях глинистых (преимущественно) и песчаных грунтов для строительства здания Тайбэйского национального центра предпринимательства. Выполнялось численное моделирование в конечноэлементной программе Rocscience RS2 с использованием комплексной геомеханической (конститутивной) модели упрочняющегося грунта для глин и конститутивной модели Мора – Кулона для песков. Для глин моделировалось поведение в недrenированных условиях, для песков – в дренированных.

Полученные результаты показали, что с помощью конечноэлементного моделирования в программах Rocscience RS2 [1] и PLAXIS [6] можно одинаково успешно прогнозировать прогибы подпорной стенки и осадки грунта во время земляных работ. Их величины были очень близки друг к другу для этих двух инструментов даже при таком сложном многоэтапном моделировании, какое было рассмотрено. **и**

Источники ►

1. Undrained analysis of a deep excavation in clayey soils using PLAXIS Hardening Soil model in RS2 // Rocscience.com. 13 March 2023. URL: rocscience.com/learning/undrained-analysis-for-deep-excavation-in-clayey-soils-using-rs2?utm_source=rocnews&utm_medium=email&utm_campaign=March2023.
2. RS2 // Advanced Survey Technologies (ООО «Современные изыскательские технологии»). 2022. URL: geoast.pro/rs2.
3. RS2 // Rocscience. 2022. URL: rocscience.com/software/rs2.
4. Ou C.-Y., Shiao B.-Y., Wang I.-W. Three-dimensional deformation behavior of the Taipei National Enterprise Center (TNEC) excavation case history // Canadian Geotechnical Journal. 2000. Vol. 37. № 2. P. 438–448. DOI:10.1139/t00-018.
5. Метод «топ-даун» в строительстве. // Топ-рейтинги. 01.11.2022. URL: topreytings.ru/metod-top-daun-stroitel-stvo/
6. Lim A., Ou C.-Y., Hsieh P.-G. Evaluation of soil constitutive models for analysis of deep excavation under undrained condition // Journal of GeoEngineering. 2010. Vol. 5. № 1. P. 9–20. DOI:10.6310/jog.2010.5(1).2.

References ►

1. Undrained analysis of a deep excavation in clayey soils using PLAXIS Hardening Soil model in RS2. Rocscience web site. 13 March 2023. URL: rocscience.com/learning/undrained-analysis-for-deep-excavation-in-clayey-soils-using-rs2?utm_source=rocnews&utm_medium=email&utm_campaign=March2023.
2. RS2. Advanced Survey Technologies web site (ООО “Sovremennyye Izyskatel'skiye Tehnologii” web site). 2022. URL: geoast.pro/rs2 (in Rus.).
3. RS2. Rocscience web site. 2022. URL: rocscience.com/software/rs2.
4. Ou C.-Y., Shiao B.-Y., Wang I.-W. Three-dimensional deformation behavior of the Taipei National Enterprise Center (TNEC) excavation case history. Canadian Geotechnical Journal, 2000, 37 (2): 438–448. DOI:10.1139/t00-018.
5. Metod «top-daun» v stroitel'stve [The "top-down" method in construction]. Top-reitings web site. 01.11.2022. URL: topreytings.ru/metod-top-daun-stroitel-stvo/ (in Rus.).
6. Lim A., Ou C.-Y., Hsieh P.-G. Evaluation of soil constitutive models for analysis of deep excavation under undrained condition. Journal of GeoEngineering, 2010, 5 (1): 9–20. DOI:10.6310/jog.2010.5(1).2.

ООО НПП «ГЕОТЕК» - ВЕДУЩИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ, МЕРЗЛЫХ, КРУПНООБЛОМОЧНЫХ И СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ.

ПРИБОРЫ КРИОЛОГИЧЕСКИЕ СЕРИИ СТАНДАРТ

ХИТ продаж

Прибор компрессионный криологический ГТ 1.1.11



Прибор срезной криологический ГТ 1.2.14



Прибор шариковый штамп криологический ГТ 1.6.2



Температура окружающей среды **+5 (±2) С°**

Прибор разработан для эксплуатации в холодильной камере (камера не входит в состав прибора)

ВОЗМОЖНОСТИ:

- автоматизированный режим испытания с поддержанием заданной отрицательной температуры каждого образца;
- прибор работает при пониженных температурах;
- автоматическое управление температурой образца;
- испытание до трех образцов в одном приборе;
- измерение температуры каждого образца.

ПРИБОРЫ ОБЕСПЕЧИВАЮТ ПРОВЕДЕНИЕ СЛЕДУЮЩИХ ИСПЫТАНИЙ:

- **Прибор компрессионный криологический ГТ.1.1.11**
-испытание по ГОСТ 12248.10-2020 на сжатие и сжатие с оттаиванием;
- **Прибор срезной криологический ГТ 1.2.14**
-испытания по ГОСТ 12248.8-2020 на срез по поверхности смерзания;
-испытания по ГОСТ Р56726-2015 по определению касательных сил морозного пучения;
- **Прибор шариковый штамп криологический ГТ 1.6.2**
-испытания по ГОСТ 12248.7-2020 шариковым штампом.

ПОЧЕМУ ВЫБИРАЮТ НАС



Высокое качество



Выгодная цена



Надежный сервис



Экономия бюджета испытаний

440004, Россия, г. Пенза, ул. Центральная, строение 1М,
+7(8412) 999-189, 8-800-200-16-05 (звонок по России бесплатный),
sales@npp-geotek.ru, npp-geotek.com

*На правах рекламы



ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ «ГОРОДА-ГУБКИ»

ЧЭНЬ ХУНГАН

Компания Hangzhou Urban Land Development, г. Ханчжоу, пров.
Чжэцзян, Китай
312727119@qq.com

АННОТАЦИЯ

В журнале «Геоинфо» уже было несколько публикаций по созданию «городов-губок» в соответствии с концептуальной моделью строительства или модернизации городов для борьбы с наводнениями и улучшения экологичности городской среды, предложенной в Китае в начале XXI века. Элементы этой модели использовались при градостроительстве и раньше. Но ее реализация в полном масштабе предполагает что-то вроде естественного круговорота воды в пределах целого города за счет устойчивой комплексной дренажной системы. Ливневые сточные воды в такой системе не сбрасываются в водотоки, а на большой площади захватываются «губчатыми телами» – почвой, растениями и городскими ландшафтными водоемами, которые потом отдают эту воду за счет испарения в жаркую погоду и охлаждают воздух. Дождевые стоки по возможности накапливаются, сохраняются, очищаются и используются для городских нужд в сухое время года. Естественно, необходимо предварительно выполнить рекультивацию городских водных объектов и максимально увеличить их способность к самоочищению. Эту модель уже взяли на вооружение некоторые мегаполисы мира.

Сегодня представляем адаптированный и немного сокращенный перевод доклада «Исследования по строительству “города-губки”» [1], сделанного на 2-й Международной конференции по экологической среде и гражданскому строительству, проходившей в 2020 году в городе Гуанчжоу (пров. Гуандун, Китай). Его автором является Хунган Чэнь – представитель компании Hangzhou Urban Land Development (г. Ханчжоу, пров. Чжэцзян, Китай).

Указанный доклад был опубликован в сборнике материалов конференций Earth and Environmental Science («Науки о Земле и окружающей среде») издательской компанией IOP Publishing британского научного общества IOP (Institute of Physics – «Институт физики»), ставшего фактически международным. Он находится в открытом доступе и распространяется по лицензии Creative Commons Attribution 3.0, которая позволяет переводить, адаптировать и использовать эту работу в любых целях при указании ссылки на первоисточник и типов изменений. В нашем случае ссылка [1] приводится в начале списка литературы. Остальные источники из этого списка были использованы автором переведенной работы.

Автор работы [1] представил исследование создания экологичного города и предложил свою модель (в рамках более обширной модели «города-губки»), сочетающую рекультивацию водных объектов и «зеленое» строительство в целях оптимального комбинирования «серой» и «зеленой» инфраструктуры с минимально возможным уровнем отрицательных воздействий на экологию. Эта модель может поспособствовать скоординированному развитию нового городского строительства и его экологической среды, что принесет большую пользу обществу.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

«город-губка»; управление водными ресурсами; водные объекты; рекультивация; самоочищение; «зеленое» строительство; ландшафтное проектирование; «серо-зеленая» инфраструктура.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Чэнь Х. Исследования по строительству «города-губки» (пер. с англ.) // Геоинфо. 2023. № 3. С. 54–58
doi:10.58339/2949-0677-2023-5-3-54-58

RESEARCH ON SPONGE CITY CONSTRUCTION

HONGGANG CHEN

Hangzhou Urban Land Development Co. Ltd., Hangzhou, Zhejiang Province, China
312727119@qq.com

ABSTRACT

The "Geoinfo" journal has already published several papers on the creation of "sponge cities" in accordance with the conceptual model of construction or modernization of cities to protect against floods and to improve the environmental friendliness of the urban environment. This model was proposed in China in the beginning of the XXI century. Some elements of it have been used in urban planning before. But the entire realization of it involves the implementation of something like the natural water cycle within a total city due to a stable comprehensive drainage system. The rainfall run-off in such a system is not discharged into watercourses, but is captured over a large area by "sponge bodies" (such as soils, plants and urban landscape reservoirs) that give this water back through evaporation in hot weather and the air becomes cooler. If possible, the rainfall run-off is accumulated, stored, purified and used for urban needs during the dry season. Of course, the preliminary reclamation of urban water bodies and the maximal increase in their ability to self-purification are needed. This model has already been adopted by some megalopolises in the world.

Today, we present an adapted and slightly abridged translation of the report "Research on sponge city construction" [1] made at the 2nd Global Conference on Ecological Environment and Civil Engineering, which was held in 2020 in the city of Guangzhou (prov. Guangdong, China). The author of this paper is Honggang Chen who is a representative of Hangzhou Urban Land Development Co. Ltd. (Hangzhou, Zhejiang Province, China).

This report was published in the conferences information package "Earth and Environmental Science" by the publishing company "IOP Publishing" of the British scientific society "Institute of Physics" (IOP), which is now virtually international. This is an open access paper. It is distributed under the Creative Commons Attribution 3.0 license that allows you to translate, adapt and use it for any purpose if you give a reference to the original source and information on the types of changes. In our case, the reference [1] is given at the beginning of the list of sources. The rest of the references from the list were used by the author of the translated report.



The author of the paper [1] presented a study of the creation of an eco-friendly city and proposed a model (within the framework of a more extensive model of a “sponge city”), which integrates the reclamation of water bodies and construction of eco-friendly “gray-green” infrastructure with the lowest possible negative impacts on the environment. This model can contribute to the coordinated development of new urban construction and its healthy environment that will bring great benefits to the society.

KEYWORDS:

“sponge city”; water management; water bodies; reclamation; self-purification; “green” construction; landscape design; “gray-green” infrastructure.

FOR CITATION:

Chen H. Issledovaniya po stroitel'stvu «goroda-gubki» (per. s angl.) [Research on sponge city construction (translated from English)]. *Geoinfo*. 2023. 3: 54–58 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-54-58 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ▶

В связи с быстрым прогрессом социально-экономического развития и урбанизации разработка и реализация модели, уделяющей особое внимание обществу и игнорирующей экологию, приводят в Китае к все более заметным экологическим проблемам, таким как нехватка водных ресурсов, частые наводнения и другие проблемы с водной средой, которые отрицательно влияют на развитие здоровой городской среды. Однако с ускорением градостроительства и значительным увеличением размеров городов сбросы ливневых, бытовых и промышленных сточных вод значительно превысили способность водных объектов к самоочищению, что привело к дисбалансу городских речных, озерных и других экосистем. Крупномасштабное и чрезмерное строительство изменило структуру значительной части городской дневной поверхности с водопроницаемой на непроницаемую, вызвав изменения в циркуляции и распределении поверхностных, подземных и ливневых сточных вод, стало способствовать загрязнению городской среды из неточечных источников. Такие проблемы, как частые наводнения и другие стихийные бедствия, становятся все более серьезными.

Поэтому городское строительство в Китае неизбежно перейдет от модели экстенсивного развития к модели строительства «городов-губок» с минимальным воздействием на качество окружающей городской среды, что создаст хорошие ресурсные и экологические условия для здорового и устойчивого развития социальной экономики.

На основе практического опыта разработки и применения экологически чистых технологий строительства в КНР и других странах [2, 3] в разных частях Китая изучались модели создания «городов-губок» в соответствии с особенностями тех или иных мест [4] и выполнялось всестороннее развитие и применение методов экологичного «зеленого»

городского планирования. За последние три (к моменту написания переведенной статьи. – *Ред.*) года такие пять принятых в провинции Чжэцзян направлений управления водными ресурсами, как очистка сточных вод, предотвращение наводнений, дренаж, водоснабжение и водосбережение, достигли замечательных результатов. К настоящему времени управление городскими водными ресурсами в этой провинции начало переходить от «инженерных» мер к «экологическим» и стало активно поощряться и продвигаться строительство «городов-губок» в сочетании с принятыми пятью направлениями управления водными ресурсами.

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКШИЕ В ПРОЦЕССЕ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ▶

До широкого использования методов «зеленого» строительства в городах провинции Чжэцзян (Ханчжоу и др.) время от времени происходил прямой сброс в водные объекты бытовых сточных вод и мусора, что приводило к формированию толстых слоев ила, зарастанию и накоплению избыточного аммиачного азота в реках (например, в реке Данунган). Вода в них могла быть просто черной. Городские водоемы также могли быть серьезно загрязненными (рис. 1).

В некоторых городских районах имеются речные сети и другие водные системы. Однако на начальном этапе градостроительства распределение воды в водных системах и экологические ландшафты были несовершенны, способность водотоков и водоемов к самоочищению была слабой, качество воды в некоторых из них было плохим, часто случалось затопление многих участков в городах. И все это никак не соответствовало потребностям жителей в экологичных ландшафтах и водных системах.

Масштабное освоение территорий и активная застройка неизбежно изменят

естественную форму некоторых рек, нанеся определенный ущерб качеству воды и речным экосистемам.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ▶

Считается, что рассматриваемая проблема должна быть решена в соответствии с концепцией «зеленого» строительства и правильной экологии города в сочетании с пятью принятыми в провинции Чжэцзян направлениями управления водными ресурсами для создания «городов-губок» (и попутного продолжения соответствующих исследований). Принцип такого решения состоит в том, чтобы превратить город в целом в гигантскую «губку», то есть построить региональную систему благоприятного круговорота воды в соответствии с местными условиями, эффективно решить экологические и ресурсные проблемы, увеличить пропускную способность водной среды, повысить потенциал водной безопасности города, а также скоординировать развитие и расширение городского пространства с улучшением его экологичности.

В соответствии с необходимостью рекультивации городских водоемов и водотоков (их очистки, улучшения качества их воды, совершенствования ландшафтной функции водной системы и т. д.) был проведен следующий комплекс исследований на основе использования биологических (экологических) технологий: «экологическая защита береговых и подводных склонов + создание в водных объектах плавучих островков из растений + искусственное создание водно-болотных угодий».

Экологическая защита береговых и подводных склонов ▶

На основе результатов предыдущих научно-практических исследований были разработаны технологии рекультивации разных участков береговых и подводных склонов и дна для создания экологичной



Рис. 1. Фотографии реки Данунган до начала реализации модели экологичного «города-губки»



Рис. 2. Фотографии реки Данунган до (а) и после (б) рекультивации этого водотока и создания на его поверхности плавучих островков из растений

среды, подходящей для размножения и роста водных и околоводных растений, животных и микроорганизмов и улучшения способности водных объектов к самоочищению.

Создание плавучих островков из растений ►

Корневые системы растений под искусственно созданным плавучим островком могут поглощать загрязняющие органические вещества из воды и образовывать подходящее пространство для обитания, прикрепления и размножения различных водных животных и микроорганизмов. При комбинированном действии абсорбции, питания, адсорбции, разложения и других функций водных растений, животных и микроорганизмов можно очистить воду от загрязнений и создать хорошую экологически сбалансированную среду (рис. 2).

Искусственное создание водно-болотных угодий ►

Искусственно созданные и контролируемые водно-болотные угодья при-

нимают в себя и помогают распределять ливневые стоки и грязь (а иногда даже и другие сточные воды). В них и в прилегающих к ним других водных объектах высаживаются водные и околоводные растения, выпускаются водные и околоводные животные, добавляются определенные микроорганизмы и вещества (с разумным соотношением видов и в подходящем количестве), которые расширяют пищевые цепи экосистемы и очищают воду от загрязняющих веществ [5].

Оптимальное комбинирование «серой» и «зеленой» инфраструктуры ►

Разумное комбинирование «серой» (строительных объектов из бетона, металла, асфальта и т. п.) и «зеленой» (озелененных зон, травяных дренажных канав, водных объектов и т. п.) инфраструктуры может свести к минимуму возможный уровень воздействия градостроительства на экологию. Таким образом могут быть разумно реализованы дренаж, фильтрация, сохранение

и очистка ливневых стоков, а также дальнейшее использование очищенной воды для нужд города, то есть будет сформирована региональная система переустройства или застройки и эксплуатации старых и новых городских пространств с приоритетом создания не просто безопасной, а полностью экологически здоровой и привлекательной городской среды.

СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОЙ МОДЕЛИ ►

Городское землеустройство в соответствии с концепцией «города-губки» в первую очередь должно ориентироваться на интересы людей и уделять равное внимание градостроительной, социальной и экологической сферам.

Польза для жизни и здоровья людей ►

Раньше при городском планировании внимание в первую очередь уделялось строительству зданий, сети дорог и мостов.

А благодаря новой инновационной практике рекультивации водных систем и их использования в ландшафтном проектировании жители городов начали постепенно формировать другой стиль жизни, гуляя в прибрежных парках по дорожкам и тропам, занимаясь там фитнесом и улучшая свой здоровье, встречаясь и беседуя с друзьями в павильонах на озелененных речных берегах, вдыхая ароматы цветов и наслаждаясь красивыми видами.

Польза для экономики ►

С одной стороны, улучшение городской среды повышает стоимость земли. С другой стороны, результаты соответствующих исследований в процессе применения этой практики могут помочь

разработать техническую поддержку для создания систем очистки воды в других регионах, поспособствовать развитию технологий строительства «городов-губок» и, соответственно, дать определенные экономические преимущества в более широких масштабах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►

В представленной работе, направленной на решение проблемы несогласованности между современным градостроительством и благоприятной окружающей средой, предложена модель рекультивации городских водных объектов в комплексе с формированием оптимального для конкретных условий сочетания «серой» и «зеленой» инфра-


структуры. Эта модель может использоваться (и уже начала применяться в некоторых местах) для решения экологических и ресурсных проблем. Ее полная реализация может дать возможность водным объектам вмещать все ливневые стоки в дождливые периоды, обеспечить способность этих объектов к самоочищению, улучшить микроклимат в городе и отдать накопленную воду для городских нужд в жаркие и засушливые периоды.

Предложенная модель будет способствовать скоординированному развитию переобустройства или расширения городского пространства и улучшения его экологической функции, что принесет определенные выгоды для общества, экологии и экономики. **и**

ИСТОЧНИКИ (REFERENCES) ►

1. Chen H. Research on sponge city construction // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Volume 568. Proceedings of the 2nd Global Conference on Ecological Environment and Civil Engineering, 7–9 August 2020, Guangzhou, China. Article №. 012048. DOI:10.1088/1755-1315/568/1/012048. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/568/1/012048/meta; iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/568/1/012048/pdf.
2. Kayee P., Sonthiphand P., Rongsayamanont C., Limpiyakorn T. Retraction note to: archaeal amoA genes outnumber bacterial amoA genes in municipal wastewater treatment plants in Bangkok // Microbial ecology. 2016. Vol. 72. № 1. P. 262. DOI:10.1007/s00248-016-0794-9
3. Tekeli A.N., Arslan A. Characterization and assessment of Kullar Domestic Wastewater Treatment Plant wastewaters // Environmental Monitoring and Assessment. 2008. Vol. 138. P. 191–199. DOI:10.1007/s10661-007-9763-6.
4. Zhong Ch. Constructing the sponge city in the view of landscape ecology // Chinese & Overseas Architecture. 2016 Vol. 7. P. 121–123.
5. Gao N. Study on Pollutant in the Water Removal Efficiency of Several Trees Commonly Used in Urban. Beijing: Beijing Forestry University, 2009.


Телеграм-канал журнала



Независимый электронный журнал

ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

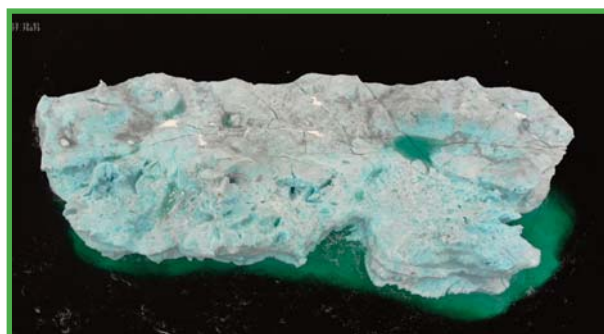


<https://t.me/geoinfonews>



Институт
экологического
проектирования
и изысканий

- Информационное сопровождение управления ледовой обстановкой (ИСУЛО)
- Оперативный спутниковый экологический мониторинг
- Производственный экологический мониторинг
- Программы сохранения биоразнообразия



119234, г. Москва,
Ленинские горы, д. 1, стр. 75Г
Телефон: +7 (495) 930-8751
E-mail: info@iepi.ru

WEB: WWW.IEPI.RU

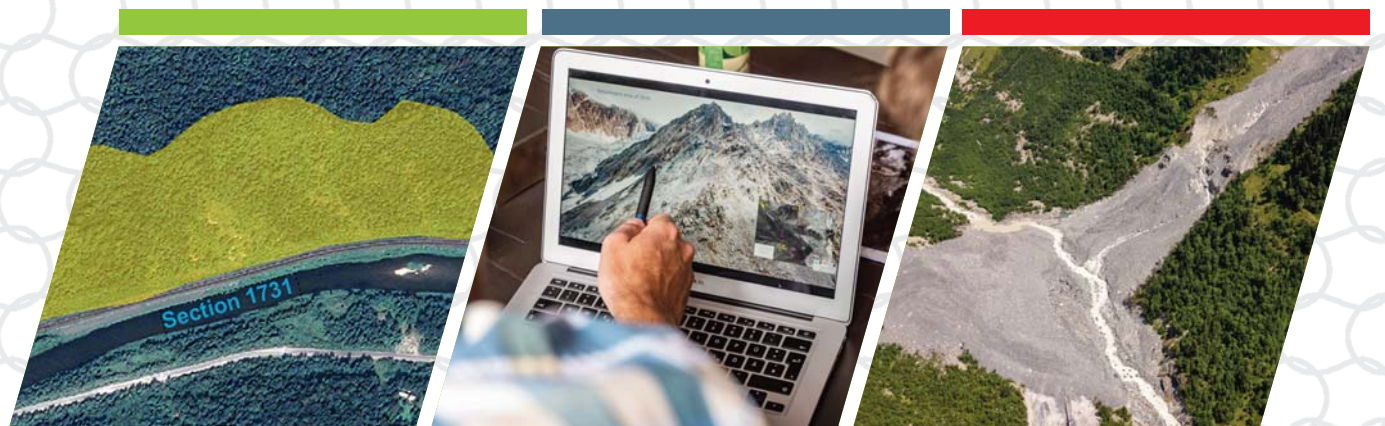


Mountain
Risk
Consultancy

ЗАЩИТА ОТ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ПОСЛЕДСТВИЙ КАТАСТРОФ



- РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ
- КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ
- ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
- РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И МОНИТОРИНГ



Skype: Mountain Risk Consultancy
E-Mail: office@mountain-risk.ru
<https://www.mountain-risk.ru>





TRUMER
Schutzbauten

www.trumer.cc

Россия:
ООО «РТ Трумер»
119002, г. Москва, переулок Сивцев Вражек,
дом 29/16

Тел.: +7 915 022 75 17
E-Mail: info@trumer.ru

ЗАЩИТА ОТ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ

TRUMER Schutzbauten — ваш компетентный и опытный партнер в области обеспечения эффективной защиты от природных опасностей:

- ▶ камнепадов,
- ▶ оползней,
- ▶ селей,
- ▶ обвалов,
- ▶ лавин,
- ▶ береговой эрозии.



Следуя девизу

**«БЕЗОПАСНОСТЬ, ОБЕСПЕЧЕННАЯ ПРОФЕССИОНАЛАМИ, —
БЕЗОПАСНОСТЬ БЕЗ КОМПРОМИССОВ»,**

компания ТРУМЕР разрабатывает и реализует надежные,
эффективные и экономичные решения.



ТРАССА М-12 ПОДОРОЖАЛА ИЗ-ЗА ИЗЫСКАНИЙ, НО СДАДУТ ЕЕ ВСЕ РАВНО РАНЬШЕ СРОКА. НЮАНСЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ЛЮДМИЛА ДЬЯЧЕНКО
Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

Новую дорогу между Москвой и Казанью обещают открыть 20 декабря 2023 года. Эта магистраль – часть федерального проекта по развитию автомобильного сообщения «Европа – Западный Китай».

Сейчас делается все, чтобы это событие состоялось несмотря ни на что. Все помехи, ожидаемые и неожиданные, поступательно ликвидируются, в частности карстовые пустоты, встретившиеся строителям в Нижегородской области и в Татарстане.

Ради строительной победы оперативно корректируется финансирование. Безусловно, чем-то приходится жертвовать. Например, строители не успевают возводить придорожную инфраструктуру, обустраивать пути сельскохозяйственного назначения, оформлять первичную документацию, на что им постоянно указывает Счетная палата РФ.

Трасса М-12 является рекордсменом по скоростям во всех отношениях – и по росту расходов (на 30% от первоначальной цифры), и по срокам сдачи (на треть раньше запланированного срока). Машины на отдельных участках будут разгоняться до 150 км/ч, что позволит преодолевать весь путь от Москвы до Казани за шесть часов вместо двенадцати. Не придется останавливаться даже для оплаты проезда по этому автобану – информация с транспондеров будет считываться на ходу.

Корреспондент журнала «Геоинфо» изучил историю строительства трассы М-12, ознакомился с отчетом Счетной палаты и расспросил экспертов о том, что происходит, когда обнаруживаются карстовые полости, как это влияет на строительство дорог, в частности, новой трассы между Москвой и Казанью, какие задачи приходится решать инженерам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

автомагистраль М-12; участок «Москва – Казань»; ускорение строительства; дополнительное финансирование; досрочная сдача в эксплуатацию; карстовые процессы; суффозионные процессы; оползневые процессы; корректировка проектной документации; предпроектные стадии.

THE M-12 HIGHWAY HAS RISEN IN PRICE DUE TO THE SITE INVESTIGATIONS, BUT IT WILL BE PUT IN COMMISSION AHEAD OF SCHEDULE ANYWAY. NUANCES OF THE PARALLEL DESIGN

LYUDMILA D'YACHENKO
Special correspondent

ABSTRACT

A new motor road between Moscow and Kazan is promised to be opened on the 20th of December in 2023. That highway is a part of the "Europe – Western China" federal project for the development of automobile communication.

Now everything is being done to make this event happen no matter what. All expected and unexpected obstacles are steadily eliminated, in particular karst voids encountered by the builders in the Nizhny Novgorod Region and Tatarstan.

For the sake of the construction victory, financing is promptly adjusted. Of course, something has to be sacrificed. For example, the builders do not have time to build the roadside infrastructure, to equip agricultural routes, to issue primary documentation, which is constantly pointed out to them by the Accounts Chamber of the Russian Federation.

The M-12 highway is the record holder in terms of speed in all respects such as in terms of cost growth (by 30% of the original figure) and in terms of putting in commission (a third ahead of schedule). In some sections of the highway, automobiles will have a velocity of up to 150 km/h, which will allow you to travel all the way from Moscow to Kazan in six hours instead of twelve hours. You won't even have to stop to pay for the fare on this autobahn because the information from transponders will be read on the go.

The correspondent of the Geoinfo journal has studied the history of the construction of the M-12 highway, has read the report of the Accounts Chamber of the Russian Federation, and has asked some experts about what happens when karst cavities are discovered, how it affects constructing roads (in particular constructing the new highway between Moscow and Kazan), what tasks to be solved by the engineers.

KEYWORDS:

M-12 highway; Moscow – Kazan section; acceleration of construction; additional funding; putting in commission ahead of schedule; karst processes; suffusion processes; landslide processes; adjustment of project documentation; pre-project stages.

Трассу финансируют дополнительно ради ускорения строительства ▶

В сентябре прошлого года президент России Владимир Путин дал старт автомобильному движению по первому участку трассы М-12. Полностью весь путь от Москвы до Казани протяженностью 810 км намечено открыть 20 декабря 2023 года.

Срок возведения объекта составит 2,5 года, то есть его сдача в эксплуатацию получится на год раньше запланированного срока. Дорожники заасфальтировали уже две трети полотна и не сомневаются, что справятся со всей суперзадачей. Это непривычно для России, где сроки сдачи обычно за-

тягивают, а тут получилась ломка стереотипов.

Работы ведутся не только в направлении Москва – Казань, но и далее на участках в сторону Екатеринбурга и Тюмени, правда там масштабы скромнее. Сдача всего маршрута запланирована на конец 2024 года – и тогда трасса от Москвы до Тюмени будет именоваться М-12. К 2030 году построенные и реконструированные дороги сложатся в единый транспортный коридор «Россия», который протянется от Санкт-Петербурга до Владивостока.

На строительство трассы М-12 между Москвой и Казанью в 2019 году было заложено 655 млрд рублей. В прошлом году уже называлась цифра 800 млрд.

В конце 2022 года, когда дорогу проверяла Счетная палата РФ, расходы выросли до 911,67 млрд рублей. Не исключено и преодоление рубежа в триллион рублей.

Однако, как оказалось, ускорение темпов строительства и стремление сдать дорогу раньше срока оказались значимее расходов, поэтому, как говорится, за ценой не постояли. По мере надобности Правительство РФ выделяет новые необходимые суммы.

Например, по распоряжению премьер-министра Михаила Мишустина от 1 июля 2022 года было выделено 28 млрд рублей из резервного фонда. В ленте новостей на сайте Правительства РФ подчеркивалось, что такой фи-

нансовый ход позволит досрочно ввести в эксплуатацию несколько участков во Владимирской области и создать задел, «позволяющий ускорить реализацию проекта в 2023 году».

За месяц до этого распоряжения президент Владимир Путин поставил правительству задачу утвердить пятилетний план дорожного строительства на сумму свыше 13 трлн рублей и добиться, чтобы 85% трасс соответствовали нормативам.

14 декабря 2022 года вице-премьер РФ Марат Хуснуллин на совещании у президента рассказал, что опережающая сдача трассы Москва – Казань реальна. А 23 декабря министр транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан Фарит Ханифов в интервью информационному агентству «Интерфакс» еще раз подтвердил, что работы ведутся с опережением и выделяются дополнительные деньги, чтобы не снижать темпов строительства.

Дорога постоянно дорожает из-за непредвиденных обстоятельств ▶

Причин того, что трасса не только быстро строится, но и постоянно дорожает, существует множество. В 2021 году, например, в интервью деловой газете «Ведомости» вице-премьер Марат Хуснуллин рассказывал, что дополнительные расходы возникли из-за роста цен на металл и повышения зарплат строителям.

Иногда дорогу приходится удлинять. Например, 15 км дополнительного пути потребовалось для соединения М-12 с М-7 возле Казани. Кроме того, трасса проходит по участкам активного развития карста, а это всегда приводит к удорожанию.

«Новые данные и условия, выявленные на этапе проектирования, невозможно было предусмотреть на этапе технико-экономического обоснования, – прокомментировал в июле 2022 года газете «Коммерсантъ» председатель правления госкомпании «Автодор» Вячеслав Петушенко. – Например, в Нижегородской области и в Чувашии обнаружилось огромное количество карстовых явлений, или, проще говоря, пустот в земле».

В. Петушенко разъяснил механизм ценообразования. За ориентир берется стоимость километра трассы на аналогичных объектах. В случае с М-12 примером послужили уже построенные дороги в Башкирии и Нижегородской области.

На этапе технико-экономического обоснования в расчетах используются и приблизительная цена, и предположительная длина трассы. Остальное, в том числе инженерно-геологические изыскания, делается на стадии проектирования. Но в данном случае в целях ускорения процесса проектирования и строительство М-12 были объединены в один контракт и работы велись фактически одновременно. С одной стороны, это позволило отказаться от лишних процедур, с другой – принять неизбежное значительное удорожание объекта. В то же время ускорение работ позволяет меньше зависеть от роста цен на стройматериалы и, соответственно, экономить. Еще один источник снижения затрат – максимальное использование местных ресурсов при сооружении земляного полотна.

Глава госкомпании «Автодор», таким образом, рекомендовал воспринимать картину широко – видеть не только неизбежный рост стоимости объекта, но и сопутствующие новые точки экономии, которые также неизбежны. «Если кто-то думает, что дорога получается золотая, существенно более дорогая, чем предыдущие дороги, то это не так», – подчеркнул он.

Однако специалисты-изыскатели, которых мы просили прокомментировать ситуацию, с этим не вполне согласны. Например, один из наших собеседников отметил следующее. Всем инженерам-геологам известно, что Нижегородская область и Чувашская Республика характеризуются распространением большого количества разнообразных экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов, в том числе карстовых и карстово-суффозионных. Наш собеседник уверен, что наличие карстовых процессов и карстующихся грунтов учитывалось при выборе варианта трассы. Следовательно эти процессы изучались при проектировании и изысканиях. «Неожиданности, выявленные в процессе работ, по моему мнению, являются следствием сжатых сроков реализации проекта и параллельного проведения изысканий, проектирования и строительства», – отметил он. Кроме того, по его словам, значительно сократить стоимость проекта позволил бы лишь вариант изменения положения трассы и ее строительство в более благоприятных инженерно-геологических условиях. Это, к слову, подтверждается мнениями многочисленных представителей изыскательской отрасли. Такие решения должны приниматься на более

ранних стадиях изысканий – при создании технико-экономического обоснования (ТЭО) или документов по планировке территории (ДПТ).

К сожалению, в настоящее время предпроектным стадиям уделяется слишком мало внимания, а следовательно и времени, особенно в части инженерных изысканий. Но именно проработка проекта на данных стадиях является залогом оптимизации стоимости реализации таких крупных объектов, как автомобильная дорога М-12.

Дорогу спешно строят, а оформляют документы не успевают ▶

Обратимся теперь к отчету Счетной палаты РФ о проверке реализации мероприятий федерального проекта «Европа – Западный Китай». Документ, опубликованный в феврале этого года, наделал много шума. СМИ вынесли на всеобщее обсуждение и подорожание объекта, и нарушения в расходовании средств. Госкомпания «Автодор» не смогла отчитаться за 170 млн рублей. По мнению журналистов, она ненадлежащим образом осуществляла строительный контроль. В результате получилось так, что некоторые подрядчики грубо нарушали градостроительное законодательство.

Вся эта информация кочевала и продолжает кочевать с одного новостного сайта на другой. Читатели ждут публичных разоблачений, но вряд ли они их получают, потому что задача решается президентская – и ради нее строителям многое прощается.

Нынешний доклад Счетной палаты РФ о трассе М-12 – третий, в нем собрана вся финансовая история. Согласно паспорту объекта, общий объем финансирования дороги – 622 848,2 млн рублей, сметная стоимость строительства – 911 670,5 млн.

Аудиторы также подтвердили, что проектная документация потребовала корректировки за счет дополнительных противокарстовых и противооползневых мероприятий в Нижегородской области и в Татарстане.

В отчете приводится пример, что в период с декабря 2021 по апрель 2022 года при разработке грунта на правом берегу реки Волги были зафиксированы проявления оползневых процессов. Потребовалось исследование грунтов с целью уточнения геометрии продольного профиля дороги и обеспечения устойчивости откосов. Было предложено сделать выполаживание откосов. Эти противооползневые мероприятия

не были предусмотрены проектной документацией (и изменения в нее не были внесены). «Изложенное может свидетельствовать о необходимости увеличения объемов финансирования указанного объекта в связи с необходимостью проведения дополнительных работ», – говорится в докладе Счетной палаты.

Следующий пример из отчета. Госкомпания «Автодор» заключила договор с ООО «СиАрСиСи Рус» на проведение инженерно-геологических исследований, но эта работа не была сделана должным образом и реальные инженерно-геологические условия, как оказалось, не соответствуют результатам этих исследований.

В 2022 году на пятом этапе строительства при дорожных работах образовалось восемь карстовых провалов глубиной до 3 метров и диаметром до 20 метров. Возникла необходимость в противокарстовых мероприятиях, которые также не были предусмотрены проектной документацией.

На шестом и седьмом этапах трассы (на момент проверки Счетной палатой), противокарстовые мероприятия не осуществлялись в связи с отсутствием решения об изменении технологии струйной цементации грунтов (Jet Grouting), что тоже не было отражено в проектной документации.

Аудиторы рекомендовали навести порядок в документах

На седьмом и восьмом этапах строительства М-12 госкомпания «Автодор» заключила с АО «Сетевая компания» соглашение о компенсации убытков в связи с необходимостью переноса двух воздушных линий электропередачи.

Здесь были запланированы противооползневые мероприятия, а именно:

корректировка ширины разработки выемки грунта и увеличение ширины полосы отвода автомобильной дороги. При этом потребовалось демонтировать и перенести линии электропередачи, а затем повторно их устроить. Все это повлияло на дополнительные работы и траты, в данном случае последние составили порядка 26 млн рублей из федерального бюджета. По состоянию на 14 октября 2022 года эти работы были выполнены.

Аудиторы заинтересовались и тем, куда девается снятый плодородный растительный слой. Работы по снятию грунта были предусмотрены проектно-сметной документацией: погрузка экскаваторами, перевозки, работы на отвале, перемещение бульдозерами. Излишки грунтов, собственник которых – ГК «Автодор», перевозились на нужды муниципалитетов на расстояние до 15 км. Но порядок отчуждения грунтов не был проработан, документы по их приемке-передаче отсутствовали.

По результатам проверок также были найдены нарушения положений нормативно-технических документов. В их числе – несоблюдение технологической последовательности сооружения фундаментов опор мостов, несоответствие класса бетонной поверхности и толщины гидроизоляции искусственных сооружений параметрам рабочей документации.

На всех этапах строительства не соблюдались сроки получения положительных заключений государственной экспертизы на проектную документацию, получения разрешений на строительство.

В целом несоблюдение сроков выглядит так. Опережающими темпами возводится дорога, и с отставанием строятся искусственные сооружения, например объекты ПАО «Ростелеком»

и ПАО «МТС», проезды сельскохозяйственного назначения, технические развороты, путепроводы для устройства скотопрогонов.

Аудиторы рекомендовали внести все необходимые изменения в регистры бухгалтерского учета, отразить в составе капитальных вложений затраты на оказанные услуги госэкспертизы проектной документации и на получение результатов инженерных изысканий, оформить в виде первичных учетных документов факты хозяйственной жизни.

Возможно все, если необходимо

Таким образом, и с этим согласны специалисты, построить инженерное сооружение можно практически в любых условиях, но это всегда вопрос стоимости.

Проектные решения для обеспечения безопасного функционирования автомобильной дороги М-12 существуют, дополнительно принимаются по ходу дела и будут реализованы. В дополнение к этим надежным проектным решениям необходимо на сложных участках вести детальный геотехнический мониторинг. А то, что эти решения требуют увеличения бюджета, вероятно, действительно оправдывается другими положительными эффектами. Однако этот вопрос находится уже за рамками наших компетенций.

Пока же, как представляется, всем заинтересованным сторонам при развитии подобных проектов стоит поработать над тем, чтобы не просто оптимизировать сроки строительных работ за счет, например, внедрения параллельного проектирования, но и делать это эффективно с экономической точки зрения. В том числе более детально проработать предпроектные стадии. И



EngGeo

инженерно-геологические
изыскания

8 (499) 110-06-51

Программный комплекс EngGeo
Обработка и хранение результатов
инженерно-геологических изысканий



ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

- полный комплекс лабораторных испытаний грунтов и вод;
- полевые испытания грунтов;
- статистическая обработка результатов испытаний;
- выходные ведомости и таблицы в форматах Word и Excel;
- использование сетевой или локальной базы данных объектов работ;
- построение колонок скважин и разрезов в графической среде AutoCAD (*AutoCAD LT является отдельной линейкой продуктов и не поддерживается*), nanoCAD или MicroStation;

По вопросам приобретения или обновления Вы можете написать на sales@enggeo.net

Обратиться в поддержку можно по адресу support@enggeo.net

Или обратиться по телефону +7 (499) 110-06-51

WWW.ENGCEO.RU



НОВЫЙ



GeoStab

расчет
УСТОЙЧИВОСТИ
ОТКОСОВ



Malin|n soft

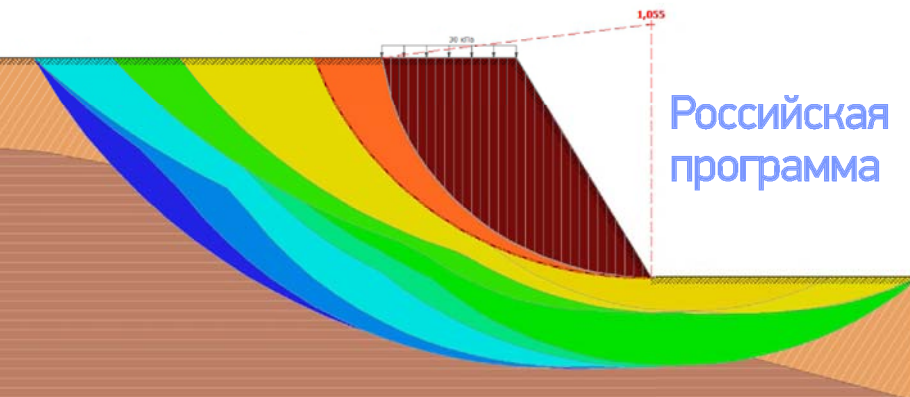
этапность проекта

новые возможности
анализа

3D визуализатор

экспорт в DXF

новый дизайн
в темном и светлом
оформлении



Российская
программа

(342) 204-02-08
info@malininsoft.ru
www.malininsoft.ru



Ограждение
котлованов
GeoWall



Склоны
и откосы
GeoStab



2D
МКЭ
Alterra



Свайно-плитный
фундамент
GeoPlate



Источник фото: pixabay.com
Photo source: pixabay.com

ТАЮЩАЯ МЕРЗЛОТА: КАК ЗА НЕЙ НАБЛЮДАЮТ, ЧТО ДЕЛАЮТ ДЛЯ ЕЕ СОХРАНЕНИЯ, ЖДАТЬ ЛИ МАССОВОГО РАЗРУШЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ

ЛЮДМИЛА ДЬЯЧЕНКО
Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

В сфере многолетней, а теперь уже тающей, мерзлоты смешались научные и прочие разнообразные интересы. Проблема есть, катастрофы пока нет, но нередко эта ситуация преподносится как устрашающая.

В катастрофизации заинтересованы, например, представители большой политики. К примеру, в марте интернет заполнили фотографии цветущей сакуры – мол, это произошло слишком рано из-за потепления климата, людей и техники слишком много – перегревают планету.

Также периодически муссируется идея метановой катастрофы. Дескать, органика, накопленная еще в древности и законсервированная в мерзлоте, из-за таяния последней начнет разлагаться и тонны парниковых газов будут выброшены в атмосферу. Но это всего лишь гипотеза, причем, вероятно, ложная. Ученые Государственного гидрологического института Росгидромета неоднократно ее опровергали. Сейчас некоторые СМИ «разгоняют» идею возможного масштабного разрушения гражданских и промышленных сооружений из-за таяния мерзлоты.

Редакция журнала «Геоинфо» заинтересовалась этой темой в отношении того, как крупные российские компании решают инженерные проблемы, чтобы ситуация действительно не превратилась в катастрофу, какие задачи встают при возведении новых, реконструкции и укреплении старых строительных объектов в зоне распространения многолетнемерзлых пород и кто за все это это отвечает.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

изменения климата; таяние многолетней мерзлоты; деформации инженерных сооружений; инженерно-геокриологический мониторинг; геокриологический прогноз; новый уровень проектирования.

MELTING PERMAFROST: HOW IT IS OBSERVED, WHAT IS BEING DONE TO PRESERVE IT, WHETHER TO EXPECT MASS DESTRUCTION OF ENGINEERING STRUCTURES

LYUDMILA D'YACHENKO

Special correspondent

ABSTRACT

In the field of long-term (and now melting) permafrost, scientific and various other interests have mixed. There is a problem, there is no catastrophe yet, but this situation is often presented as frightening.

For example, some representatives of big politics are interested in the catastrophizing. For instance, in March, the Internet was flooded with photographs of flowering cherry trees. They say that the trees bloomed too early due to the climate warming; there are too many people and equipment and they overheat the planet.

The idea of a methane catastrophe is also periodically exaggerated. They say that the organic matter accumulated in antiquity and conserved in the permafrost will begin to decompose and tons of greenhouse gases will be released into the atmosphere due to the thawing of the permafrost. But this is just a hypothesis, and probably false one. The scientists of the State Hydrological Institute of Roshydromet have repeatedly refuted it.

Now some media are "dispensing" the idea of a possible large-scale destruction of civil and industrial structures due to the thawing of the permafrost.

The editorial staff of the Geoinfo journal became interested in this topic regarding the next questions. How do large Russian companies solve engineering problems so that the situation does not really turn into a disaster? What tasks arise when building new construction objects, reconstructing and strengthening old ones in the zone of permafrost? And who is responsible for solving those problems?

KEYWORDS:

climate change; thawing of permafrost; deformation of engineering structures; engineering-geocryological monitoring; geocryological forecast; new level of design.

Наблюдения за мерзлотой станут повсеместными и постоянными ►

В ситуации с многолетней мерзлотой домислов и эмоций гораздо больше, чем научных фактов. Специалисты в этой сфере есть в США, Германии, Португалии. Многие из них – выходцы из СССР, эмигрировавшие в 1990-х. Не обязательно, чтобы страны находились в соответствующих природных зонах – ведь проблема мировая и интересует всех.

Эти ученые в большинстве своем не занимаются реальными наблюдениями, а лишь создают различные базы данных, запрашивая исходную информацию в России. Ведущая роль в изучении криолитозоны принадлежит именно нашей стране. Однако масштабных наблюдений у нас до сих пор не проводилось – их система только создается.

В феврале этого года Государственная дума РФ приняла в первом чтении зако-

нопроект о государственном мониторинге мерзлоты. До конца 2025 года должна быть создана сеть из 140 наблюдательных пунктов на территории от Кольского полуострова до Чукотского. Южными рубежами мониторинга станут Республика Тыва и Алтайский край. Вся работа будет вести Арктический и антарктический НИИ Росгидромета, и уже в этом году он получит данные с 7 первых стационаров, расположенных в Ямало-Ненецком автономном округе. В 2022 году был пройден первый этап обследования всех метеостанций на пригодность их к фоновому мониторингу на криологических стационарах. Часть метеостанций не подошла из-за нахождения уже внутри городских агломераций, в частности Салехардская метеостанция. Поэтому было принято решение расширить диаметр вокруг метеостанции, в котором можно организовывать стационар.

В результате этой работы под контроль будет взято 65% территории Рос-

сии. Именно столько занимает криолитозона. Активно таять она стала лет 20–30 назад. За указанный период температура на глубине нулевых годовых амплитуд повысилась в диапазоне от 0,5 до 2 градусов. В Арктике процессы изменений состояния мерзлоты проходят активнее, чем в Антарктиде.

Как прокомментировал проект государственного мониторинга мерзлоты министр природных ресурсов РФ Александр Козлов, на основе собранных материалов будет сделана оценка изменений состояния многолетней мерзлоты, выбросов парниковых газов, проведен прогноз изменений климата и разработаны сценарии социально-экономического развития страны. Часть информации будет размещена в открытом доступе.

Факты превращаются в хайп ради массового внимания ►

Многолетняя мерзлота неоднородна. Она бывает сплошной, преимуществен-

Таблица. Оценка затрат на восстановление и поддержание жилого фонда в связи с протаиванием и деградацией многолетней мерзлоты (источник: Порфирьев Б.Н., Елисеев Д.О., Стрелецкий Д.А. Экономическая оценка последствий деградации // Вестник РАН. 2021. Т. 91. № 2. С. 105–114)

Регион	Жилой фонд под риском деградации вечной мерзлоты, %*	ВРП, млрд руб. (в ценах 2018 г.)	Сценарии развития					
			консервативный			модернизационный		
			Общая площадь жилья, тыс. м ²	Экономический ущерб, млрд руб. (в ценах 2018 г.)		Общая площадь жилья, тыс. м ²	Экономический ущерб, млрд руб. (в ценах 2018 г.)	
				за период 2020–2050 гг.	в среднем в год		за период 2020–2050 гг.	в среднем в год
Республика Коми	100 (100/100)	665.74	8 036.60	88.8 (88.8/88.8)	2.96 (2.96/2.96)	8 601.19	89.7 (89.7/89.7)	2.99 (2.99/2.99)
Ненецкий АО	99 (0.3/99.1)	305.21	1 797.47	92.6 (0.3/92.7)	3.09 (0.01/3.09)	2 379.06	122.8 (0.4/122.8)	4.09 (0.01/4.1)
Ханты-Мансийский АО	4.1 (0.0/60.9)	4447.5	18 213.54	2.3 (0.0/33.7)	0.08 (0.0/1.12)	20 240.93	2.6 (0.0/38.1)	0.09 (0.0/1.27)
Ямало-Ненецкий АО	99.8 (79.1/99.8)	3083.5	14 020.58	416.5 (330.1/416.5)	13.88 (11.0/13.88)	17 642.86	536.4 (425.1/536.4)	17.88 (14.17/17.88)
Красноярский край	74.0 (0.1/99.4)	2280	13 361.33	188.2 (0.3/251.5)	6.27 (0.01/8.38)	14 559.61	197.1 (0.3/263.3)	6.57 (0.01/8.78)
Республика Саха (Якутия)	6.5 (0.0/97.7)	1084.6	32 772.92	114.7 (0.0/1723.7)	3.82 (0.0/57.46)	38 302.83	134.1 (0.0/2016.2)	4.47 (0.0/67.21)
Магаданская область	2.6 (0.0/97.2)	170.72	4 638.95	1.8 (0.0/142.5)	0.13 (0.0/4.75)	5 255.38	4.0 (0.0/149.0)	0.13 (0.0/4.97)
Чукотский АО	0.6 (0.6/81.1)	78.143	1 154.80	0.8 (0.8/101.8)	0.03 (0.03/3.39)	1 732.20	1.1 (1.1/152.7)	0.04 (0.04/5.09)
ИТОГО	53.8 (29.9/95.2)	12115.41	103 666.7	907.7 (420.2/2851.2)	30.26 (14.01/95.0)	119 611.58	1087.7 (516.6/3368.2)	36.26 (17.22/112.27)

* В скобках указаны минимальная/максимальная величины ущерба, обусловленные глубиной протаивания и температурой многолетнемерзлых грунтов и соответствующей степенью ослабления их несущей способности.

но сплошной, несплошной. Последняя делится на собственно несплошную (менее 80%), массивно-островную (менее 50%) и спорадическую (менее 20%). Кроме того выделяется реликтовая мерзлота (наследие более ранних оледенений). В зависимости от зональности и глубинности мерзлоты процессы изменений ее состояния проходят по-разному.

Ее изменения связывают как с потеплением климата, так и с вмешательством человека: вырубкой лесов, строительством, промышленной деятельностью. В результате развиваются криогенные процессы, такие как термокарст, термоэрозия, термоденудация и т. д. Меняется объем горных пород из-за таяния воды в составе грунта, образуются озерные котловины, полигональные ландшафты, бугры пучения, просадки грунтов, приводящие к деформированию построек, происходит заболачивание поверхности. Специалисты по инженерной защите не раздувают ситуацию так, как СМИ в погоне за внима-

нием читателей, но приводят факты и предлагают технологии, которые позволят уберечь объекты. Например, ставить здания на сваи, делать основания фундаментов из непучинистых материалов, помнить про вентилируемые подполья и сезонно-охлаждающие устройства.

На сегодня 40% построек в зоне многолетней мерзлоты, по оценкам специалистов Министерства природных ресурсов РФ, деформированы. Ежегодный ущерб от таяния мерзлоты составляет 50–150 миллиардов рублей (см. таблицу).

Только в России на мерзлоте стоят целые города. Когда они возводились, люди не думали, что она растает, и воспринимали ее как вечный фундамент.

В деформировании отдельных объектов повинна, однако, не только теплая природа, но и халатность человека. Например, в Норильске обрушилось здание, спроектированное так, что один его угол опирался на скалу, а три остальных – на многолетнюю мерзлоту.

Со временем мерзлота дала понять, что она не вечная.

Ученые смоделировали опасность на оттаявшей трассе ▶

Впечатляющим получился анализ космической съемки трассы «Кольма». Сотрудники АО «Терра Тех», дочерней компании АО «Российские космические системы», обработали свежие и архивные материалы и предположили, что 40% дороги может быть деформировано.

Был обследован участок длиной 81 км между селами Чурапча и Ытык-Кюель. Общая протяженность дороги – 2032 км. Она строилась с 1931 по 1953 год для развития горной добычи на верхней Колыме. Ученые определили шесть степеней риска для трассы в зависимости от рельефа и степени выраженности повреждений дорожного полотна.

Термокарстовые процессы проявились в последние годы. Они начинаются с таяния повторно-жильных льдов, затем образуются полигональные грунты,

термокарстовые озера и котлованы. Все это угрожает безопасному передвижению по дороге.

В Якутии резко-континентальный климат и сплошная мерзлота мощностью от 100 до 900 метров. На глубине 10–15 метров температура держится от минус трех до минус пяти градусов. Летом солнце нагревает воздух до плюс 20, и тепло все сильнее разъедает мерзлоту, все активнее развиваются криогенные процессы.

Однако на 60% обследованного участка ученые не увидели никаких сигналов опасности. Остальные же 40% оказались подверженными риску термокарстовых процессов и, как следствие, деформированию дорог и других линейных сооружений. Самый высокий риск был зафиксирован на 5% трассы. На остальных участках может еще не быть термокарстовых процессов, но уже видны следы вытаивания ледяных жил.

В СМИ, которые гонятся за «графиком», эта информация преподнесена так, будто 40% всей трассы «Колыма» уже деформировались. А в отчете ученых говорится, что дорога **может быть** деформирована на 40%, и этот вывод сделан на основе анализа участка в 80 километров. Всю трассу еще никто не изучал, и главная задача сейчас заключается в постоянном и всеобъемлющем комплексном мониторинге, чтобы можно было своевременно предотвратить деформации объектов инфраструктуры вследствие изменений в состоянии мерзлоты.

Следить за дорогой надо на земле, а не только из космоса ▶

Как рассказали в пресс-службе Федерального дорожного агентства «Росавтодор», масштабный мониторинг на трассах «Амур», «Колыма», «Вилуй» и «Лена» начался в 2021 году.

Оборудованы стационарные посты наблюдений за метеорологическими и мерзлотными условиями, собирается информация о состоянии дороги и придорожной полосы по 30 параметрам. Специалисты используют свежие данные дистанционного зондирования земли и результаты инженерно-геологических исследований, которые проводились раньше, в качестве заверочных данных.

Под более пристальным вниманием находятся участки, где произошедшие изменения уже очевидны. Цель мониторинга – выявить причины происходящих изменений в состоянии мерзлоты

и выработать на основе анализа собранного научно-технического материала рекомендации по поводу того, как избежать деформаций гражданских объектов в зоне распространения многолетнемерзлых пород.

В этом году на сибирских трассах будут размещены новые посты наблюдений. «Анализ накопленных данных будет способствовать адаптации участков таких дорог к изменениям климата и переходу на новый уровень проектирования, строительства и эксплуатации транспортных объектов в криолитозоне. Кроме того, полученные наработки будут учитываться в будущем при развитии Арктической зоны РФ», – сообщил представитель пресс-службы Росавтодора.

В феврале вышел единый документ «Методические рекомендации по организации инженерно-геокриологического мониторинга и оборудованию инженерно-геокриологических мониторинговых стационарных постов в полосе отвода автомобильных дорог в криолитозоне». Это позволит синхронизировать научные исследования и работу мониторинговых постов, отраслевых экспертов и научных институтов РАН так, чтобы понять, как будет вести себя мерзлота в будущем, и подготовить геокриологический прогноз на срок эксплуатации инфраструктуры.

Горячий газ пустили по трубам-термосам ▶

С объектами Газпрома другая история. Среди них нет таких старых, как трасса «Колыма», поэтому многие уже построены с учетом того, чтобы не разморозить мерзлоту.

Деформации зданий, однако, имеют место. Для наблюдений к трещинам прикрепляют тонкие металлические таблички – марки. Если со временем табличка изогнулась или разорвалась – значит, трещина увеличилась.

Чтобы такое случалось как можно реже, на Бованенковском месторождении на Ямале, где запасов голубого топлива хватит на 100 лет эксплуатации, позаботились о снижении воздействия горячего газа на верхние слои грунтов. Значительная часть территории там сложена льдистыми суглинками. При температуре минус 5 градусов – это «камень», выше минус 1,5 – «пластелин». Оттаивая еще больше, грунт превращается в жидкую кашу. Из-за сложных инженерно-геологических условий это месторождение, открытое в 70-х годах прошлого века, долгое время не разрабатывалось, пока инженеры не придумали,

как обеспечить устойчивость сооружений.

Возле каждой скважины теперь устанавливают парожидкостные термостабилизаторы, похожие на системы охлаждения автомобилей. Внутри замкнутого трубного пространства циркулирует хладагент, находящийся при температуре и давлении фазового перехода «жидкость – пар». Зимой, пока воздух на улице имеет температуру ниже минус 15 градусов, хладагент охлаждается в выступающей на поверхность части и переходит из пара в жидкость, стекает по стенкам вниз, отдавая холод грунту. Нагреваясь по мере движения вниз, он превращается в пар, забирает из грунта тепло, потраченное на фазовый переход из жидкости в пар, и снова поднимается в виде пара вверх. Искусственного холода хватает на устойчивую эксплуатацию скважин в летний период. Таких установок на месторождении около тысячи.

Другое изобретение российских инженеров, которое с успехом используется на Ямале, – теплоизолированные скважины. Газ добывается на глубине от 1 до 1,5 тысяч метров, температура газа меняется в диапазоне от 35 до 50 градусов. Подошва многолетней мерзлоты находится выше – на глубине от 120–140 до 280–300 метров.

Чтобы верхняя часть грунтов не оттаивала, газ пускают по теплоизолированным лифтовым трубам. Стенки у них вакуумные, как в обычном термосе – поэтому на профессиональном сленге газовиков это не трубы, а термосы.

Мост заморозили, а на каждое здание поместили датчик ▶

Другой объект, о котором рассказали сотрудники пресс-службы Газпрома, – железная дорога от станции Обская до Бованенково на Ямале. Чтобы обеспечить несущую способность мерзлоты, строительство велось только при отрицательных температурах.

Насыпь для железной дороги сделана послышной. Влажный пылеватый песок, приобретающий нужную прочность на морозе, чередовался с пенополистеролом и геотекстилем. Получилась надежная система термоизоляции, в результате чего конструкция не расплзается в летний период. Все материалы произведены на отечественных предприятиях.

Часть железной дороги – мост через пойму реки Юрибей, самый длинный за полярным кругом. Длина его – 3,9 км, а срок службы – 100 лет. Он стоит на грунтах, которые считаются непригод-

ными для строительства. Мерзлота здесь пронизана криопэгами, которые замерзают, только если температура грунта опустится ниже минус 30 градусов благодаря наличию в них высокоминерализованных рассолов.

Опоры моста, выполненные с использованием технологии термостабилизации, сами заморожены и смерзлись с многолетнемерзлым льдом на глубине от 30 до 40 метров. Некоторые пролеты моста подняты на дополнительную высоту, чтобы не мешать традиционным путям миграции северных зверей и птиц и жизненному укладу местного населения.

Горно-металлургическая компания «Норильский никель» увеличила в 2021 году штат сотрудников, которые занимаются геотехническим мониторингом, техническими осмотрами фундаментов и анализируют состояние грунтов. Сбор данных автоматизирован. Информация о состоянии фундаментов и грунтов собирается со спутников компании «Совзонд» и с датчиков на объектах. Приборы следят за деформациями фундаментов, за температурой и влажностью в подземных технических пространствах и могут дать сигнал тревоги в реальном времени.

Планируется оснастить датчиками 1500 сооружений: административные и производственные здания, трубопроводы, резервуары, объекты культурного наследия, мосты, железные дороги, эстакады, линии электропередачи.

Спутниковые изображения позволяют выявить горизонтальное и вертикальное смещение элементов, а бурение скважин необходимо для уточнения характеристик грунтов и установки датчиков, чтобы следить за подземной температурой. На большей части обследуе-

мой территории пока не было выявлено значимых изменений.

Правильное мнение нужно на всех уровнях ▶

Работа с общественным мнением не менее важна, чем мониторинг многолетней мерзлоты. В противном случае научная информация может быть неверно истолкована.

Например, искусственный шум по поводу парниковых газов привел к закрытию многих заводов в России и заглушил противоположное, неполитизированное, мнение ученых о том, что, например, леса в РФ потребляют гораздо больше углекислого газа, чем выделяют предприятия.

Не исключена версия о том, что раздувание идей о метановой катастрофе и вероятном массовом разрушении инженерных объектов из-за потепления – часть западной информационной войны, цель которой – тревожить россиян любыми способами, чтобы им было некомфортно в своей стране.

Если отойти от большой политики, то работать с общественным мнением необходимо и для того, чтобы местное население и региональные власти правильно воспринимали экологическую ситуацию и предпринимали необходимые меры для контроля состояния гражданских сооружений.


По данным социологов, общественное восприятие таяния мерзлоты часто не совпадает с данными наблюдений. Есть две крайности. Одни люди воспринимают единичные аномальные случаи как катастрофу, а другие, напротив, явные признаки изменений природы считают локальными явлениями и никак не связывают их с глобальным потеплени-

ем. Словом, мало организовать регулярный мониторинг объектов и разработать меры по адаптации – нужно еще и понимание проблемы в каждом регионе. Именно поэтому в 2018 году в республике Саха-Якутия был принят первый в России закон о защите мерзлоты. Аналогичный закон сейчас проходит активное обсуждение в ЯНАО, к чему привлечены специалисты геотехнического мониторинга из топливно-энергетических компаний и государственных структур и научное сообщество.

Эксперты уверяют, что если все делать правильно, то правильно и получится. Строить дорогу, например, можно с сохранением мерзлоты, сооружая насыпь на ней, и с растапливанием мерзлоты, как будто ее там и не было. В каждом случае надо понимать, какой из принципов лучше работает, и тогда сроки эксплуатации объекта будут соответствовать ожиданиям.

Таяние мерзлоты – это не только минусы. Сама природа стремится к плюсам. На место тундры, например, приходит лес, расширяются площади сельскохозяйственных угодий. Такие наблюдения с 1970-х годов ведутся на мониторинговых площадках в Уренгое. Но об этом мало пишут. Выгоднее преподнести идею о катастрофе – это стопроцентная гарантия для некоторых журналистов СМИ, что все прочитают их опусы. ❗

Кстати, эти вопросы будут подробно обсуждаться на технических сессиях, которые пройдут 19–20 апреля в рамках выставки нашего журнала «GeoИнфо Forum & Expo 2023». Участие бесплатное. Требуется регистрация.




Телеграм-канал журнала

Независимый электронный журнал

GeoИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>





АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ»

ГЕОТЕХНИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Лаборатория оснащена отечественным и зарубежным оборудованием последнего поколения по всем направлениям деятельности лаборатории: испытания дисперсных, скальных, мерзлых грунтов и геокомпозитов.

На постоянной основе работают курсы повышения квалификации для экспертов в области геотехники.

Организован постоянный доступ супервайзеров и общедоступная онлайн трансляция работы лаборатории на портале Геоинфо и сайте лаборатории.



MDGT.RU