

ЖУРНАЛ НАУЧНЫЙ СПЕКТР



№ 5
2026

РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ПО ПОЛНОМУ СПЕКТРУ НАПРАВЛЕНИЙ НАУКИ

Издается АО Черное зеркало
Россия, Казань



SCIENCESPECTRUM.RU

ЧЕРНОЕ ЗЕРКАЛО

НАУЧНЫЙ СПЕКТР

№5 2026

Казань – 2026

Научный спектр. №5 2026г. – Казань: Издательство Черное зеркало, 2026. – 94.

ISSN 3033-6643 (online)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (реестровая запись от 15.07.2025 серия ПИ № ФС77-89760).

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.sciencespectrum.ru

В журнале отражены материалы по теории и практике направлений науки, наиболее интенсивно развивающихся в настоящее время. Представлены труды ученых и специалистов вузов, институтов РАН, организаций, учреждений и предприятий, представителей органов власти.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

ISSN 3033-6643 (online)

© Черное зеркало, 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.2 – КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

<i>Зябкина И.Н., Корнеева Е.А.</i> Цифра в обучении: плюсы и минусы	5
---	---

2.1 – СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

<i>Винокурова В.Ю.</i> Деформационные и прочностные характеристики пылеватой супеси при защелачивании раствором NaOH: влияние объема инъекции и срока выдержки	10
<i>Винокурова В.Ю.</i> Геополимеризация при щелочной активации пылеватой супеси: микроструктурные и химические свидетельства формирования фазы N-A-S-H	15
<i>Зеленкин А.А.</i> Особенности технологии погружения буроопускных свай различного диаметра в многолетнемерзлый грунт	23
<i>Лебедев А.Е.</i> Использование геосинтетических материалов для снижения морозного пучения в пылевато-глинистых грунтах	30
<i>Макаров Н.К.</i> Оценка эффективности конструктивных решений фундаментов на морозно-пучинистых грунтах	37
<i>Макаров Н.К.</i> Совершенствование методов защиты фундаментов от морозного пучения в условиях ленинградской области	42
<i>Шеина Е.А., Башмаков И.Б.</i> Учет особенностей конструкции «стена в грунте» при расчетах ограждений котлованов	46

3.1 – КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

<i>Давыдова Ю.С., Малыйкина Е.А.</i> Опыт лечения псориаза эксимерным лазером 308 нм на аппарате EXCILITE-m	55
<i>Ламков С.В., Меркурьева Е.Р., Пушкина К.В.</i> Анализ терапии наружными и системными ретиноидами пациентов с угрями	61
<i>Полячихин А.П., Староверова А.А., Пушкина К.В.</i> Анализ заболеваемости суставов у пожилых пациентов	67
<i>Гуранова Н.Н., Суходолова Ю.И., Фазлова И.Х., Радайкина О.Г.</i> Анализ факторов риска ССЗ, оказывающих влияние на формирование локального поражения коронарных артерий атеросклерозом у больных ишемической болезнью сердца	74

3.3 – МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Гладышева Е.С., Салахов Э.М., Пушкина К.В.</i> Польза или вред спортивных добавок, употребляемых молодежью: анализ собственных наблюдений	82
--	----

5.8 – ПЕДАГОГИКА

<i>Кустова В.А.</i> Особенности преподавания английского языка для технических специальностей в вузе	88
--	----

THE RELEASE MAINTENANCE

1.2 – COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS

<i>Zyabkina I.N., Korneeva E.A.</i> Digital learning: the pros and cons	5
---	---

2.1 – CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

<i>Vinokurova V.Yu.</i> Deformation and strength characteristics of pulverized sandy loam during alkanization with NaOH solution: effect of injection volume and shelf life	10
<i>Vinokurova V.Yu.</i> Geopolymerization during alkaline activation of sandy loam: microstructural and chemical evidence of the formation of the N-A-S-H phase	15
<i>Zelenkin A.A.</i> Features of the technology for installing bored-and-dropped piles of various diameters in permafrost soil	23
<i>Lebedev A.E.</i> Use of geosynthetic materials to mitigate frost heave in silty-clay soils	30
<i>Makarov N.K.</i> Assessment of the effectiveness of foundation structural solutions on frost-susceptible soils	37
<i>Makarov N.K.</i> Improvement of methods for protecting foundations from frost heave in the conditions of Leningrad region	42
<i>Sheina E.A., Bashmakov I.B.</i> Accounting for design features of "slurry wall" structures in excavation enclosure calculations	46

3.1 – CLINICAL MEDICINE

<i>Davydova Y.S., Malyikina E.A.</i> Experience in treating psoriasis using an excimer laser with a wavelength of 308 nm on the EXCILITE-m device	55
<i>Lamkov S.V., Merkur'yeva E.R., Pushkina K.V.</i> Analysis of external and systemic retinoid therapy in acne patients	61
<i>Polyachikhin A.P., Staroverova A.A., Pushkina K.V.</i> Analysis of joint disease incidence in elderly patients	67
<i>Guranova N.N., Sukhodolova Yu.I., Fazlova I.Kh., Radaykina O.G.</i> Analysis of CVD risk factors that affect the formation of local coronary artery atherosclerosis in patients with coronary artery disease	74

3.3 – BIOMEDICAL SCIENCES

<i>Gladysheva E.S., Salakhov E.M., Pushkina K.V.</i> Benefits or harms of sport supplements when used by youth: analysis of own observations	82
--	----

5.8 – PEDAGOGY

<i>Kustova V.A.</i> Specific Features of Teaching English to University Students in Technical Specialisations	88
---	----

1.2. КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

1.2

ЦИФРА В ОБУЧЕНИИ: ПЛЮСЫ И МИНУСЫ

Зябкина И.Н. ¹, Корнеева Е.А. ² преподаватели высшей категории

Лиховской техникум железнодорожного транспорта – филиала РГУПС

г. Каменск – Шахтинский

¹e-mail: zyabkinad22@yandex.ru

²e-mail: eakorneeva2020@mail.ru

Аннотация

Электронное обучение – это применение цифровых инструментов для организации учебного процесса. Его ключевая цель – создать гибкую и удобную образовательную среду, где студенты и преподаватели могут общаться и учиться независимо от времени и места, а также предлагает множество форматов: от текстов и видео до тестов и дискуссионных площадок. В условиях стремительного технологического прогресса и меняющихся потребностей общества, онлайн - обучение успешно дополняет или заменяет традиционные методы.

Ключевые слова: педагогические технологии, методы, электронное обучение.

Цифровые педагогические технологии и методы обучения в профессиональном образовании охватывают широкий спектр инструментов и подходов, направленных на повышение качества обучения, индивидуализацию учебного процесса и подготовку специалистов, востребованных на рынке труда.

Примеры цифровых педагогических технологий:

1. Электронное обучение (e-learning).

Позволяет студентам получать знания дистанционно через интерактивные курсы, видеолекции, онлайн-тестирования и виртуальные лаборатории. Платформы вроде Moodle и Stepik.org используются для создания учебных материалов, проведения тестирования и обмена файлами между студентами и преподавателями.

2. Виртуальная и дополненная реальность (VR/AR).

Применяются для визуализации сложных производственных процессов, технических устройств и технологических операций. Например, медицинские колледжи используют симуляторы хирургических процедур, а инженерные специальности — виртуальные модели машин и конструкций.

3. Облачные сервисы и хранение данных.

Упрощают организацию совместного доступа к ресурсам, снижают затраты на инфраструктуру и обеспечивают безопасность информации. Студенты могут получать доступ к своим работам из любой точки, а преподаватели — оперативно проверять задания.

4. Анализ больших данных (Big Data).

Помогает выявлять тенденции в поведении студентов, улучшать процессы адаптации и планирования образовательных траекторий. Данные о прогулах, результатах тестирования и участии в мероприятиях используются для коррекции учебных программ.

5. Искусственный интеллект и автоматизация оценки знаний.

Алгоритмы ИИ применяются для автоматической проверки заданий, интеллектуального оценивания эссе и проектов, подбора индивидуальных планов обучения и рекомендации полезных ресурсов.

6. Программирование и IT-технологии.

Студенты изучают основы программирования, работу с базами данных, веб-разработку и управление проектами, что формирует компетенции, востребованные на рынке труда.

Рассмотрим подробно такую информационную технологию, как электронное обучение.

Электронное обучение (e-learning) — это форма обучения, которая использует электронные технологии для доставки образовательного контента и взаимодействия между студентами и преподавателями. В отличие от традиционного обучения, электронное обучение предоставляет гибкость в выборе времени и места для изучения материала. Это особенно актуально в современном мире, где доступ к интернету и цифровым устройствам стал повсеместным. Электронное обучение позволяет студентам самостоятельно выбирать темп обучения, что особенно полезно для людей с различными уровнями подготовки и занятости.

Электронное обучение может включать в себя различные форматы, такие как онлайн-курсы, вебинары, виртуальные классы и мобильные приложения. Основная цель электронного обучения — сделать образование доступным для всех, независимо от географического положения и временных ограничений. Это также способствует развитию навыков самообучения и самодисциплины, которые становятся все более важными в современном мире. Кроме того, электронное обучение позволяет интегрировать различные мультимедийные элементы, такие как видео, аудио и интерактивные задания, что делает процесс обучения более интересным и эффективным.

Основными компонентами электронного обучения являются:

1. Платформы для электронного обучения (Learning Management Systems, LMS) являются центральным элементом любой системы e-learning. Они предоставляют инструменты для создания, управления и доставки учебных курсов. Примеры популярных LMS включают Moodle, Blackboard и Canvas. Эти платформы позволяют преподавателям загружать учебные материалы, создавать тесты и задания, а также отслеживать прогресс студентов. Кроме того, LMS часто включают в себя инструменты для общения, такие как форумы и чаты, что способствует взаимодействию между студентами и преподавателями.

LMS также могут интегрироваться с другими образовательными инструментами и ресурсами, такими как библиотеки электронных книг, системы управления контентом и аналитические платформы. Это позволяет создавать комплексные и многоуровневые учебные программы, которые могут быть адаптированы под индивидуальные потребности каждого студента. Например, некоторые LMS поддерживают адаптивное обучение, при котором содержание курса автоматически подстраивается под уровень знаний и прогресс студента.

2. Образовательный контент может быть представлен в различных форматах: текстовые материалы, видеоуроки, интерактивные задания и тесты. Качественный контент должен быть структурированным и адаптированным под целевую аудиторию. Это включает в себя использование понятного языка, логическую структуру и наличие примеров и иллюстраций. Важно также учитывать различные стили обучения, предоставляя материалы в различных форматах, чтобы каждый студент мог выбрать наиболее удобный для себя способ усвоения информации.

Создание образовательного контента требует тщательной проработки и планирования. Важно учитывать цели и задачи курса, а также уровень подготовки студентов. Например, для начинающих может быть полезно включать больше объяснений и примеров, тогда как для продвинутых студентов можно предложить более сложные задания и проекты. Кроме того, регулярное обновление контента позволяет поддерживать его актуальность и соответствие современным требованиям и стандартам.

3. Интерактивные элементы, такие как форумы, чаты и опросы, способствуют активному участию студентов и повышают уровень вовлеченности. Они позволяют студентам взаимодействовать друг с другом и с преподавателями, что улучшает процесс обучения. Например, форумы могут использоваться для обсуждения учебных материалов, обмена мнениями и решения возникающих вопросов. Чаты позволяют проводить живые обсуждения и консультации, что особенно полезно для оперативного решения проблем и получения обратной связи.

Интерактивные элементы также могут включать в себя игровые элементы, такие как викторины, конкурсы и симуляции. Это помогает сделать процесс обучения более интересным и мотивирующим. Например, использование геймификации позволяет создавать учебные задания в форме игр, что способствует более активному участию и повышению мотивации студентов. Кроме того, интерактивные элементы позволяют проводить групповые проекты и задания, что способствует развитию навыков командной работы и сотрудничества.

4. Оценка и обратная связь. Системы оценки и обратной связи играют важную роль в электронном обучении. Они помогают отслеживать прогресс студентов и предоставляют возможность корректировать учебный процесс. Примеры инструментов оценки включают автоматические тесты, задания с ручной проверкой и системы рейтингов. Автоматические тесты позволяют быстро и объективно оценивать знания студентов, тогда как задания с ручной проверкой позволяют учитывать индивидуальные особенности и творческий подход.

Обратная связь является важным элементом процесса обучения. Она позволяет студентам понимать свои сильные и слабые стороны, а также получать рекомендации по улучшению. Преподаватели могут использовать различные формы обратной связи, такие как комментарии к заданиям, индивидуальные консультации и групповые обсуждения. Регулярная и конструктивная обратная связь способствует повышению мотивации и улучшению результатов обучения.

Для электронного обучения используют следующие технологии и инструменты:

1. Видеоконференции, которые позволяют проводить виртуальные классы и вебинары, обеспечивая живое взаимодействие между преподавателями и студентами. Примеры популярных платформ для видеоконференций включают Zoom, Microsoft Teams и Google Meet. Эти платформы предоставляют возможность проводить лекции, семинары и консультации в режиме реального времени, что способствует более активному участию и взаимодействию.

Видеоконференции также позволяют записывать занятия, что дает возможность студентам просматривать их в удобное время. Это особенно полезно для тех, кто не может присутствовать на занятиях в режиме реального времени. Кроме того, видеоконференции позволяют использовать различные мультимедийные элементы, такие как презентации, видео и интерактивные задания, что делает процесс обучения более интересным и эффективным.

2. Мобильные приложения для обучения предоставляют возможность учиться на ходу. Они могут включать в себя функции для просмотра лекций, выполнения заданий

и общения с преподавателями и однокурсниками. Примеры таких приложений включают Duolingo, Coursera и Khan Academy. Мобильные приложения позволяют студентам использовать свободное время для обучения, что особенно актуально для занятых людей.

Мобильные приложения также могут включать в себя функции для отслеживания прогресса и получения обратной связи. Это позволяет студентам самостоятельно контролировать свои результаты и получать рекомендации по улучшению. Кроме того, мобильные приложения часто поддерживают офлайн-режим, что позволяет учиться даже при отсутствии интернет - соединения.

3. Технологии виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) открывают новые возможности для создания интерактивного и погружающего образовательного опыта. Они могут использоваться для симуляций, лабораторных работ и практических занятий. Например, VR позволяет создавать виртуальные лаборатории, где студенты могут проводить эксперименты и исследования, не выходя из дома.

AR может использоваться для дополнения реального мира виртуальными объектами и информацией, что позволяет создавать интерактивные учебные материалы и задания. Например, с помощью AR можно создавать учебные пособия, которые оживают при наведении камеры смартфона, предоставляя дополнительную информацию и визуализации. Это способствует более глубокому пониманию и усвоению материала.

4. Искусственный интеллект (AI) может использоваться для персонализации учебного процесса, автоматизации оценки и предоставления рекомендаций по улучшению успеваемости. Примеры использования AI в обучении включают чат-ботов, адаптивные учебные системы и интеллектуальные репетиторы. Чат-боты могут предоставлять оперативную помощь и ответы на вопросы студентов, что способствует более эффективному обучению.

Адаптивные учебные системы автоматически подстраиваются под уровень знаний и прогресс студента, предоставляя индивидуальные задания и рекомендации. Это позволяет учитывать индивидуальные особенности и потребности каждого студента, что способствует более эффективному усвоению материала. Интеллектуальные репетиторы могут проводить анализ ошибок и предоставлять рекомендации по улучшению, что способствует более глубокому пониманию и усвоению материала.

Электронное обучение имеет ряд преимуществ и недостатков. Преимущества:

1. Гибкость и доступность: студенты могут учиться в любое время и в любом месте, что особенно полезно для занятых людей и тех, кто живет в удаленных районах. Это позволяет сочетать обучение с работой, семейными обязанностями и другими делами.

2. Экономия времени и ресурсов: нет необходимости тратить время и деньги на поездки до учебного заведения. Это особенно актуально для людей, живущих в удаленных или труднодоступных районах.

3. Персонализация обучения: возможность адаптировать учебный процесс под индивидуальные потребности и уровень подготовки каждого студента. Это позволяет учитывать различные стили и темпы обучения, что способствует более эффективному усвоению материала.

4. Широкий выбор курсов: доступ к разнообразным курсам и программам, которые могут быть недоступны в традиционных учебных заведениях. Это позволяет выбирать курсы, соответствующие интересам и целям студентов.

5. Развитие цифровых навыков: студенты осваивают использование различных цифровых инструментов и технологий, что является важным навыком в современном

мире. Это способствует развитию информационной грамотности и готовности к работе в цифровой среде.

Недостатки:

1. Технические проблемы: необходимость в стабильном интернет - соединении и доступе к цифровым устройствам. Это может стать препятствием для людей, живущих в районах с ограниченным доступом к интернету или не имеющих необходимых технических средств.

2. Отсутствие личного контакта: недостаток живого общения с преподавателями и однокурсниками может снизить мотивацию и уровень вовлеченности. Это особенно актуально для людей, предпочитающих традиционные формы обучения и живое общение.

3. Самодисциплина: требуется высокая степень самодисциплины и самоорганизации для успешного завершения курсов. Это может стать проблемой для людей, не привыкших к самостоятельному обучению и планированию времени.

4. Ограниченные возможности для практических занятий: некоторые дисциплины требуют проведения лабораторных работ и практических занятий, которые сложно организовать в онлайн-формате. Это может ограничить возможности для обучения в таких областях, как медицина, инженерия и естественные науки.

Электронное обучение становится всё более популярным и востребованным в современном обществе. Оно предлагает множество преимуществ перед традиционным очным образованием и может стать эффективным инструментом для получения новых знаний и навыков. Однако важно помнить, что эффективность электронного обучения во многом зависит от качества образовательных материалов, организации процесса обучения и мотивации обучающихся.

Список литературы:

1. Ревина, С.Ю. Электронное образование в Российской Федерации: тенденции и перспективы роста / С.Ю. Ревина, Е.А. Валько // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 205-220.
2. Сытина Н.С. Дидактические основы электронного обучения: конспекты и схемы: учебное пособие / Н.С. Сытина, Н.А. Барина. –Уфа: Изд-во БГПУ, 2024 – 107 с.
3. <https://multiurok.ru/files/primenenie-tsifrovyykh-tekhnologii.html>
4. [https://ru.ruwiki.ru/wiki/Электронное обучение](https://ru.ruwiki.ru/wiki/Электронное_обучение)
5. <https://externat.foxford.ru/polezno-znat/plyusy-i-minusy-ehlektronnogo-obucheniya>

Digital learning: the pros and cons

Zyabkina I.N., Korneeva E.A. teachers of the highest category

Likhovsky College of Railway Transport – a branch of RSUP the city of Kamensk –
Shakhtinsky

e-mail: zyabkinad22@yandex.ru

e-mail: eakorneeva2020@mail.ru

Abstract

E-learning is the use of digital tools to organize the learning process. Its key goal is to create a flexible and convenient educational environment where students and teachers can communicate and learn regardless of time and place, and it offers a variety of formats, from text and video to quizzes and discussion boards. With the rapid technological advancements and changing needs of society, online learning has successfully complemented or replaced traditional methods.

Keywords: Pedagogical technologies, methods, e-learning.

2.1. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

2.1

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЫЛЕВАТОЙ СУПЕСИ ПРИ ЗАЩЕЛАЧИВАНИИ РАСТВОРОМ НАОН: ВЛИЯНИЕ ОБЪЁМА ИНЪЕКЦИИ И СРОКА ВЫДЕРЖКИ

Винокурова В.Ю.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Представлены результаты экспериментального исследования влияния инъекции 5 н. раствора NaOH на деформационные и прочностные характеристики пылеватой супеси четвертичных отложений Санкт-Петербурга. Варьировались удельный расход раствора (258 и 431 л/м³) и срок выдержки (10–40 суток). Компрессионные испытания выполнены на приборе КПП-1М, сдвиговые — на приборе ГПП-30 по ГОСТ 12248-2020. Установлен оптимальный режим: удельный расход 258 л/м³, выдержка 40 суток при 20°C. Одометрический модуль деформации E_{oed} возрос с 6,10 до 23,27 МПа, угол внутреннего трения — с 16,1° до 25,0°, удельное сцепление — с 0,0167 до 0,0384 МПа. Выявлена трёхстадийная кинетика набора жёсткости: гелеобразование (0–20 сут), перекристаллизация с временным снижением E_{oed} (20–30 сут), кристаллизация с резким ростом E_{oed} (30–40 сут). При расходе 431 л/м³ после 20 суток зафиксирована деградация свойств. Результаты обосновывают применение метода для перевода слабых пылеватых супесей в категорию малосжимаемых оснований по СП 22.13330.2016.

Ключевые слова: пылеватая супесь, защелачивание, NaOH, модуль деформации, угол внутреннего трения, удельное сцепление, кинетика структурообразования, инъекционное закрепление.

1. Введение

Слабые водонасыщенные пылеватые супеси озерно-ледникового и озерно-морского генезиса широко распространены в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Залегая на глубинах 1–15 м, они характеризуются показателем текучести $I_L > 0,5$, модулем деформации $E = 3,6–8,4$ МПа и низкими прочностными показателями: $c = 10–20$ кПа, $\varphi = 11–25^\circ$ [1]. При реконструкции исторических зданий традиционные методы улучшения оснований — замена грунта, устройство свай — нередко неприменимы из-за стеснённости условий и недопустимых динамических воздействий на соседние конструкции. Это определяет актуальность малоинвазивных химических методов закрепления, не требующих масштабных земляных работ.

Метод защелачивания — инъекция водного раствора NaOH — разработан отечественной школой инженерной геологии в 1970–1990-х годах (С.Д. Воронкевич, Ф.Е. Волков, Е.Н. Самарин, Р.И. Злочевская) [2–5]. Упрочнение грунта основано на трёх последовательных физико-химических процессах: сжатии диффузного двойного электрического слоя глинистых частиц с уменьшением пористости; щелочном гидролизе алюмосиликатных минералов с образованием геля N-A-S-H; кристаллизации цеолитоподобных фаз, формирующих жёсткий цементационный каркас в поровом пространстве [6–8]. Эффективность метода продемонстрирована для суглинков и лёссовых грунтов [6], однако для пылеватых супесей Северо-Запада России в литературе отсутствуют систематические данные об оптимальном удельном расходе раствора, кинетике набора жёсткости во времени и одновременной оценке E_{oed} , φ и c в зависимости от режима обработки.

Цель настоящей работы — экспериментально установить оптимальные параметры зашелаживания пылеватой супеси раствором NaOH и обосновать ограничения на удельный расход реагента и минимальный срок выдержки до нагружения.

2. Материалы и методы

Объектом исследования служила пылеватая супесь из четвертичных отложений участка Октябрьской набережной Санкт-Петербурга. По ГОСТ 25100-2020 грунт классифицируется как супесь пылеватая пластичная с показателем текучести $I_L = 0,73$, числом пластичности $I_p = 0,058$, коэффициентом пористости $e = 0,665$ и степенью водонасыщения $S_r = 0,96$. Минеральный состав глинистой фракции: гидрослюда (преобладает), каолинит, следы монтмориллонита [1]. Исходные механические характеристики: $E_{oed} = 6,10$ МПа, $\varphi = 16,1^\circ$, $c = 0,0167$ МПа — соответствуют категории среднесжимаемых грунтов по СП 22.13330.2016.

Раствор NaOH 5 н. (200 г/л, реагент х.ч.) вводили шприцем через перфорированную иглу по. Удельный расход составил 258 л/м^3 и 431 л/м^3 . После инъекции образцы герметично укупоривали и выдерживали при $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Сроки выдержки: для серии 431 л/м^3 — 10, 20, 30 суток; для серии 258 л/м^3 — 20, 30, 40 суток. Для каждого варианта готовили 3 параллельных образца.

Компрессионные испытания выполнены на приборе КПП-1М (площадь 60 см^2 , $h = 2,5$ см) по ГОСТ 12248.1-2020. Ступени нагружения: 0,025; 0,050; 0,100; 0,200 МПа; выдержка 24 ч на первой ступени, 1 ч — на последующих. Определяли относительную деформацию $\varepsilon(0,1) = \Delta h/h_0$ и одометрический модуль $E_{oed} = \Delta p/\Delta \varepsilon$ на интервале 0,1–0,2 МПа. Сдвиговые испытания проведены на приборе ГПП-30 ($d = 71,4$ мм, $h = 35$ мм) по консолидированно-дренированной схеме, ГОСТ 12248.4-2020, при нормальных давлениях 0,10; 0,15; 0,20 МПа. Параметры φ и c определяли методом наименьших квадратов по уравнению Мора–Кулона $\tau_f = c + \sigma \cdot \text{tg}(\varphi)$. Статистическую обработку выполняли по ГОСТ 20522-2012 с вычислением коэффициента вариации V .

3. Результаты

Во всех сериях зашелаживание привело к уплотнению образцов: плотность возросла с 2,00 до 2,12–2,14 г/см³, коэффициент пористости снизился с 0,665 до 0,517–0,528. Снижение e на 21–23 % обусловлено сжатием двойного электрического слоя и заполнением пор продуктами реакции.

Результаты компрессионных испытаний всех серий обобщены в табл. 1. При удельном расходе 431 л/м^3 максимум $E_{oed} = 13,02$ МПа достигается на 10 сутках, после чего наблюдается монотонное снижение: к 30 суткам E_{oed} падает до 8,99 МПа, что означает фактическую нейтрализацию эффекта упрочнения. При удельном расходе 258 л/м^3 кинетика носит немонотонный трёхстадийный характер: на 20 сутках — первичный рост E_{oed} до 12,83 МПа; на 30 сутках — умеренное снижение до 11,93 МПа; на 40 сутках — резкий скачок E_{oed} до 23,27 МПа. Прирост между 30 и 40 сутками составил 11,34 МПа (95 % от значения на 30 сутках).

Таблица 1 — Результаты компрессионных испытаний

Серия	$\varepsilon(0,1)$	$\varepsilon(0,2)$	E_{oed} , МПа	$V(E)$
Природный	0,0466	0,063	6,10	0,081
450 мл, 10 сут	0,0363	0,0443	13,02	0,229
450 мл, 20 сут	0,0419	0,0509	11,23	0,139
450 мл, 30 сут	0,0479	0,0593	8,99	0,221
270 мл, 20 сут	0,0221	0,0300	12,83	0,113
270 мл, 30 сут	0,0549	0,0637	11,93	0,266
270 мл, 40 сут	0,0350	0,0393	23,27	0,106

Сдвиговые испытания выполнены для оптимального режима (270 мл, 40 сут). Предельные касательные напряжения приведены в табл. 2. МНК-аппроксимация дала: для природного грунта $\varphi = 16,1^\circ$, $c = 0,0167$ МПа ($R^2 = 0,967$); для защелоченного — $\varphi = 25,0^\circ$, $c = 0,0384$ МПа ($R^2 = 0,916$). Прирост угла трения составил $8,9^\circ$ (55 %), удельного сцепления — в 2,30 раза. Коэффициенты вариации по всем ступеням не превышают 0,053.

Таблица 2 — Предельные касательные напряжения τ_f (МПа)

σ , МПа	Природный	270 мл, 40 сут	V
0,10	0,0461	0,0809	0,030
0,15	0,0640	0,1165	0,053
0,20	0,0807	0,1275	0,038

Итоговое сопоставление ключевых характеристик представлено в табл. 3.

Таблица 3 — Механические характеристики до и после оптимального защелачивания

Характеристика	Природный	270 мл, 40 сут	Изменение
E_{oed} , МПа	6,10	23,27	$\times 3,81$
ϵ при 0,1 МПа	0,0466	0,0350	$-24,9\%$
φ , $^\circ$	16,1	25,0	$+8,9^\circ$
c , МПа	0,0167	0,0384	$\times 2,30$

4. Обсуждение

Выявленная в серии 258 л/м³ трёхстадийная кинетика объясняется последовательной сменой доминирующих физико-химических механизмов. На стадии I (0–20 сут) высококонцентрированный раствор NaOH сжимает диффузный двойной электрический слой глинистых частиц — его толщина обратно пропорциональна корню из ионной силы раствора [8], поэтому переход к 5 н. NaOH снижает её на порядок. Одновременно при pH > 12 начинается щелочной гидролиз поверхностных связей Si–O и Al–O алюмосиликатных минералов с высвобождением мономеров Si(OH)₄ и Al(OH)₄[–], поликонденсирующихся в аморфный гель N-A-S-H. Гель заполняет поровое пространство и формирует первичные когезионные связи, обуславливая рост E_{oed} до 12,83 МПа.

На стадии II (20–30 сут) аморфный гель претерпевает Оствальдовское созревание: менее упорядоченные частицы растворяются и переосаждаются в виде предшественников кристаллических фаз [12]. Разрушение аморфной матрицы временно опережает формирование кристаллического каркаса, вследствие чего E_{oed} снижается с 12,83 до 11,93 МПа, а деформативность возрастает.

На стадии III (30–40 сут) завершается кристаллизация цеолитоподобных фаз — гидросодалита Na₈Al₆Si₆O₂₄(OH)₂·2H₂O и цеолита Na-P Na₆Al₆Si₁₀O₃₂·12H₂O. Эти фазы формируют жёсткий трёхмерный алюмосиликатный каркас, обуславливающий резкий рост E_{oed} до 23,27 МПа. Одновременный рост угла трения ($16,1^\circ \rightarrow 25,0^\circ$) объясняется увеличением шероховатости поверхностей скольжения вследствие кристаллических новообразований; рост сцепления (0,0167→0,0384 МПа) — цементацией межчастичных контактов гелем N-A-S-H. Аналогичная трёхстадийная схема описана для геополимеров на основе метакаолина [12], однако для пылеватых супесей установлена впервые.

Дегградация свойств при расходе 431 л/м³ обусловлена иным соотношением скоростей реакций. При избытке OH[–] скорость растворения алюмосиликатов превышает скорость поликонденсации мономеров, вследствие чего гель N-A-S-H осаждаётся в виде рыхлых коллоидных агрегатов, не способных создать связную

матрицу [5, 7]. Кроме того, высокая концентрация Na^+ вызывает пептизацию глинистых агрегатов — их диспергирование на первичные частицы, разрушающее контактную структуру, сформированную на начальном этапе [8]. Совокупность этих процессов приводит к тому, что к 30 суткам деформативность при расходе 431 л/м^3 возвращается к природному уровню. Таким образом, критическое значение удельного расхода, выше которого избыток щёлочи становится деструктивным, находится в диапазоне $258\text{--}431 \text{ л/м}^3$.

Важнейшим практическим следствием выявленной кинетики является недопустимость нагружения фундаментов в период стадии II (20–30 суток): в этот период жёсткость грунта ниже, чем на 20 сутках, и осадки могут существенно превысить расчётные по конечному состоянию. Минимально необходимый срок выдержки до нагружения составляет 40 суток. После его истечения $E_{\text{oed}} = 23,27 \text{ МПа}$ превышает пороговое значение 20 МПа, при котором грунт по СП 22.13330.2016 переходит в категорию малосжимаемых, что принципиально расширяет область применения ленточных фундаментов мелкого заложения на данном типе основания.

Рекомендуемый удельный расход 258 л/м^3 на 35–40 % ниже значений $400\text{--}500 \text{ л/м}^3$, принятых в ранних рекомендациях [3], что существенно снижает расход реагента и стоимость работ при сохранении и превышении заявленного эффекта упрочнения.

Список литературы:

1. Фурса В.М. Строительные свойства грунтов района Ленинграда. — Л.: Стройиздат, 1975. — 144 с.
2. Воронкевич С.Д. Геолого-минералогические основы инъекционного закрепления пород: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — М.: МГУ, 1976. — 44 с.
3. Рекомендации по укреплению глинистых грунтов оснований зданий и сооружений методом зашелачивания. — Уфа: УГНТУ, 2005. — 66 с.
4. Волков Ф.Е. Изменения состава и физико-механических свойств глинистых грунтов в результате взаимодействия с растворами щёлочи: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — М.: МГУ, 1977. — 24 с.
5. Самарин Е.Н. Изменение состава и свойств полиминеральных глинистых грунтов в сильнощелочной среде: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — М.: МГУ, 1990. — 18 с.
6. Волков Ф.Е., Гера А.А. Стабилизация осадков строящихся зданий методом зашелачивания // Промышленное и гражданское строительство. — 2015. — № 10. — С. 63–67.
7. Брилинг И.А., Злочевская Р.И., Волков Ф.Е., Дивисилова В.И., Макеева Т.Г. Оценка распространения щелочных растворов в глинистых породах // Инженерная геология. — 1987. — № 2. — С. 37–44.
8. Вознесенский Е.А., Калачев В.Я., Самарин Е.Н. Изменение тиксотропных свойств глинистых грунтов при их зашелачивании // Инженерная геология. — 1991. — № 5. — С. 28–36.
9. Abdeldjouad L., Asadi A., Nahazanan H., Huat B.B.K. Effect of Clay Content on Soil Stabilization with Alkaline Activation // International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering. — 2019. — Vol. 5, art. 4. DOI: 10.1007/s40891-019-0157-y.
10. Adane A.A., Murty V.R. Influence of Curing Heat Time on Silty Clay Laterite Soil Stabilized with Metakaolin-Bischofite-Alkalinization // Research Square, 2024. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4559311/v1.
11. Ayila A.A., Murty V.R. Enhancing Weak Laterite Soil for Road Foundations Using Metakaolin-Bischofite-Alkalinization Additives // Indian Geotechnical Journal. — 2024. DOI: 10.1007/s40098-024-00970-1.

12.Provis J.L., Bernal S.A. Geopolymers and related alkali-activated materials // Annual Review of Materials Research. — 2014. — Vol. 44. — P. 299–327.

**Deformation and strength characteristics of pulverized sandy loam during
alkalinization with NaOH solution: effect of injection volume and shelf life**

Vinokurova V.Yu.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Saint Petersburg, Russia

Abstract

The results of an experimental study of the effect of injection of 5 n. NaOH solution on the deformation and strength characteristics of the powdery sandy loam of the Quaternary sediments of St. Petersburg are presented. The specific consumption of the solution (258 and 431 l/m³) and the shelf life (10-40 days) varied. Compression tests were performed on the KPR-1M device, and shear tests were performed on the GGP—30 device according to GOST 12248-2020. The optimal mode has been set: specific flow rate of 258 l/m³, exposure for 40 days at 20 °C. The Eoed odometric modulus of deformation increased from 6.10 to 23.27 MPa, the angle of internal friction from 16.1° to 25.0°, and the specific adhesion from 0.0167 to 0.0384 MPa. A three-stage kinetics of the stiffness set was revealed: gelation (0-20 days), recrystallization with a temporary decrease in Eoed (20-30 days), and crystallization with a sharp increase in Eoed (30-40 days). At a flow rate of 431 l/m³, degradation of properties was recorded after 20 days. The results substantiate the application of the method for the transfer of weak powdery sandy loams to the category of low-compressible bases according to SP 22.13330.2016.

Keywords: *powdery sandy loam, alkalinization, NaOH, modulus of deformation, angle of internal friction, specific adhesion, kinetics of structure formation, injection fixation*

2.1

ГЕОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ПРИ ЩЕЛОЧНОЙ АКТИВАЦИИ ПЫЛЕВАТОЙ СУПЕСИ: МИКРОСТРУКТУРНЫЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗЫ N-A-S-H

Винокурова В.Ю.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Представлены результаты микроструктурного и химического исследования пылеватой супеси четвертичных отложений Санкт-Петербурга до и после инъекционного защелачивания 5 н. раствором NaOH (удельный расход 258 л/м^3 , выдержка 40 суток при 20°C). Исследования выполнены методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодисперсионного рентгеноспектрального анализа (EDS). Микроструктура природной супеси характеризуется разобъёнными частицами с открытой пористостью и отсутствием цементационных связей. В защелоченных образцах выявлено формирование сплошной гелевой матрицы и цементационных мостиков, заполняющих поровое пространство. По данным EDS в гелевой фазе установлены молярные отношения $\text{Si/Al} = 3,13\text{--}3,64$ и $\text{Na/Al} = 0,40\text{--}0,47$, соответствующие гелю N-A-S-H. Зёрна кварца сохраняют исходный химический состав ($\text{Si/Al} > 100$, $\text{Na} = 0$), что подтверждает их устойчивость в щелочной среде. Полученные данные подтверждают геополимерную природу упрочнения пылеватой супеси при щелочной активации и обосновывают механизм цементации порового пространства.

Ключевые слова: пылеватая супесь, защелачивание, NaOH, геополимеризация, N-A-S-H, сканирующая электронная микроскопия, EDS, микроструктура, щелочная активация.

1. Введение

Химическое закрепление слабых глинистых грунтов методом защелачивания — инъекции водных растворов NaOH — является одним из перспективных методов улучшения оснований в условиях плотной городской застройки. Метод известен с 1970-х годов и разработан преимущественно отечественной научной школой инженерной геологии [1–4]. Установлено, что взаимодействие концентрированных растворов щёлочи с алюмосиликатными минералами глинистой фракции приводит к существенному росту прочностных и деформационных характеристик грунта. Вместе с тем физико-химические механизмы упрочнения на микроструктурном уровне остаются предметом дискуссии: ряд исследователей связывает эффект преимущественно с ионным обменом и сжатием двойного электрического слоя [1, 3], другие — с геополимеризацией и образованием цементирующих алюмосиликатных фаз [5, 6].

В работах по геополимерной химии показано, что щелочная активация алюмосиликатов приводит к образованию трёхмерной сетчатой структуры типа N-A-S-H с молярными отношениями $\text{Si/Al} = 1,5\text{--}4,0$ и $\text{Na/Al} = 0,5\text{--}1,0$ [5, 6]. При длительной выдержке аморфный гель может перекристаллизовываться в цеолитоподобные фазы — гидросодалит, цеолит Na-P — в зависимости от температуры, концентрации раствора и состава исходного алюмосиликата [7, 8]. Применительно к глинистым грунтам аналогичные фазы идентифицированы для суглинков [9] и латеритов [10], однако для пылеватых супесей гидрослюдисто-каолинистового состава, типичных для

четвертичных отложений Северо-Запада России, прямые микроструктурные данные в литературе отсутствуют.

Цель настоящей работы — методами СЭМ и EDS установить характер микроструктурных преобразований пылеватой супеси при защелачивании по оптимальному режиму и идентифицировать продукты реакции щелочного закрепления.

2. Материалы и методы

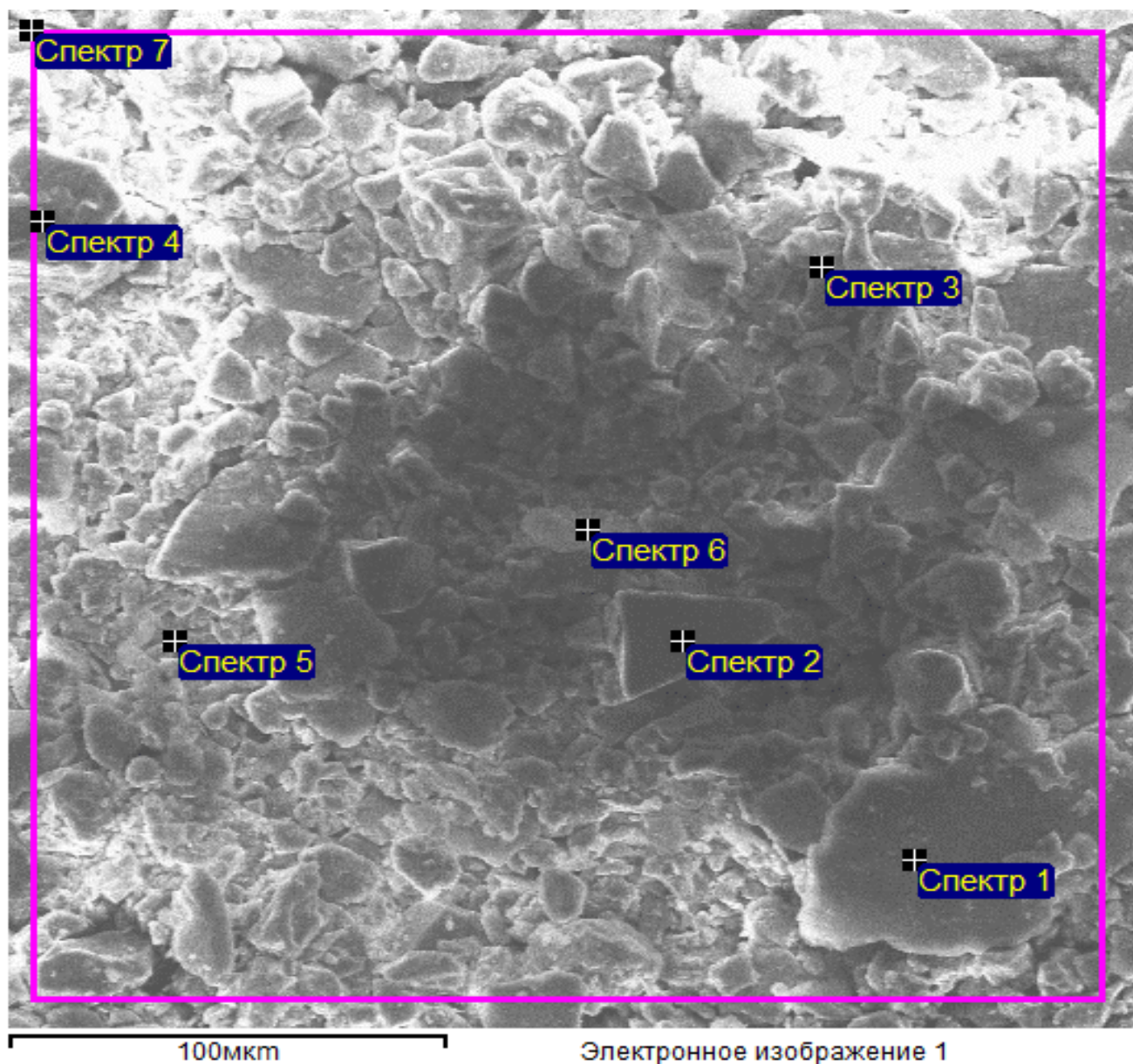
Объектом исследования служила пылеватая супесь из четвертичных отложений участка Октябрьской набережной Санкт-Петербурга. По ГОСТ 25100-2020 грунт классифицируется как супесь пылеватая пластичная с показателем текучести $I_L = 0,73$ и числом пластичности $I_p = 0,058$. Минеральный состав глинистой фракции: гидрослюда (преобладает), каолинит, следы монтмориллонита — состав, типичный для озерно-ледниковых и озерно-морских отложений региона [1].

Раствор NaOH 5 н. (200 г/л, реагент х.ч.) вводили через перфорированную иглу в объёме 270 мл (удельный расход 258 л/м³). Образцы выдерживали при $20 \pm 2^\circ\text{C}$ в герметичных контейнерах в течение 40 суток.

Для микроструктурного анализа из центральной части каждого образца вырезали фрагменты размером $\sim 10 \times 10 \times 5$ мм. Образцы высушивали при комнатной температуре до постоянной массы — применение повышенных температур исключалось во избежание деструкции гидратных фаз. Исследования выполнены на сканирующем электронном микроскопе с энергодисперсионным анализатором Oxford Instruments при ускоряющем напряжении 20 кВ в режиме вторичных электронов. Съёмку проводили при увеличениях $\times 500$ и $\times 5000$. EDS-анализ природной супеси выполнен в 7 точках; для защелоченной супеси выделены три группы точек: остаточные зёрна кварца (спектры 1–5 при увеличении $\times 1000$), гелевая фаза при $\times 1000$ (спектры 6–8) и гелевая фаза при $\times 10000$ (спектры 1–2). Весовые проценты пересчитывали в молярные отношения Si/Al и Na/Al для идентификации фаз по критериям, принятым в геополимерной химии [5, 6].

3. Результаты

Микроструктура природной пылеватой супеси на СЭМ-снимках при увеличении $\times 500$ характеризуется разобшёнными частицами зернисто-чешуйчатой морфологии с развитой открытой пористостью. Отчётливо различимы угловатые зёрна кварца размером 20–50 мкм и более мелкие (2–10 мкм) листоватые агрегаты глинистых минералов (рис. 1). Цементационные мостики между частицами отсутствуют; межчастичные контакты носят точечный характер. EDS-анализ природного грунта (табл. 1) фиксирует состав, соответствующий смеси кварца и алюмосиликатных минералов. Молярное отношение Si/Al по семи точкам составляет в среднем 4,07, Na/Al — 0,15; присутствие калия (4,69 мас.%), железа (1,49 мас.%) и магния (0,87 мас.%) согласуется с гидрослюдистым минеральным составом глинистой фракции.



Электронное изображение 1
Рисунок 1 - СЭМ-снимок природной супеси

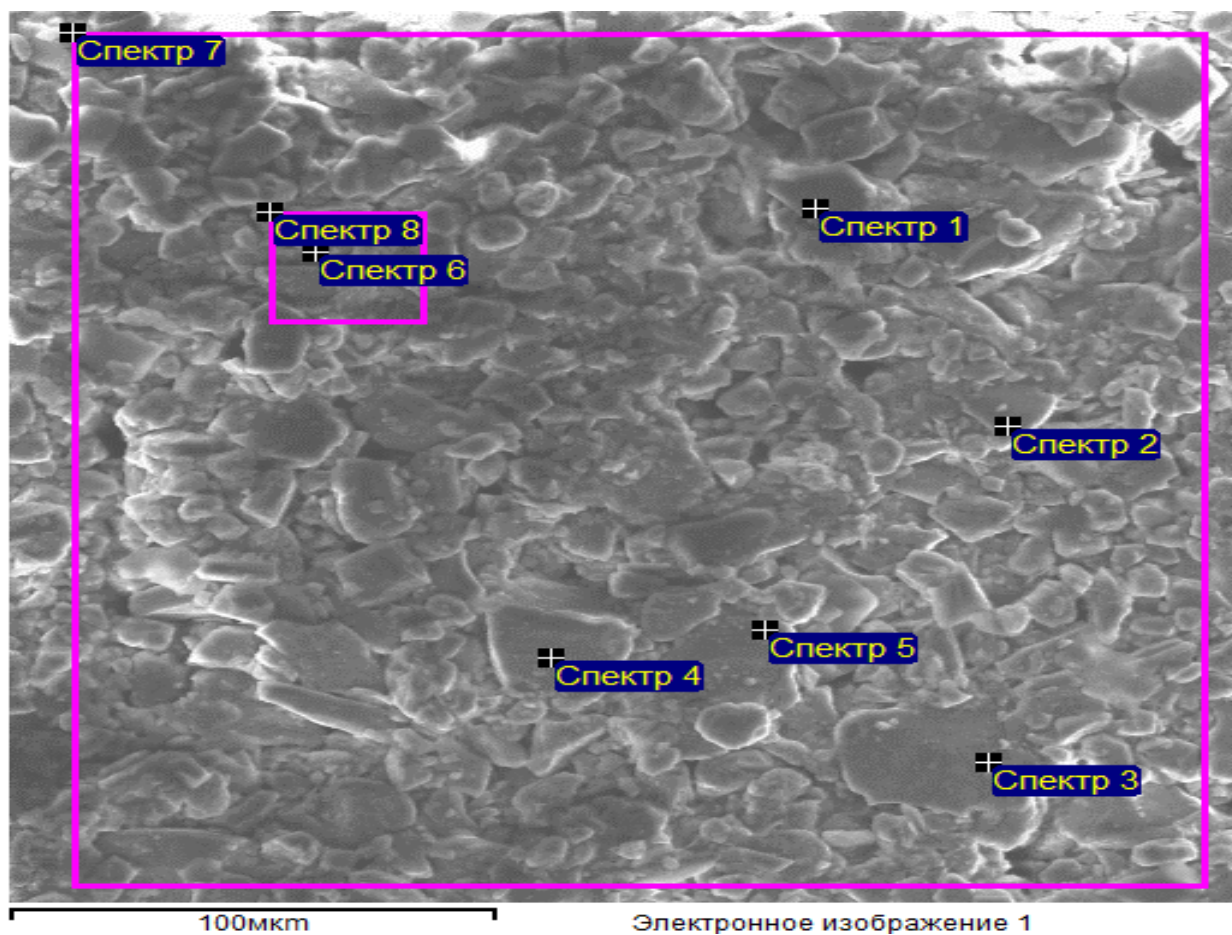


Рисунок 2 - СЭМ-снимок защелоченной супеси

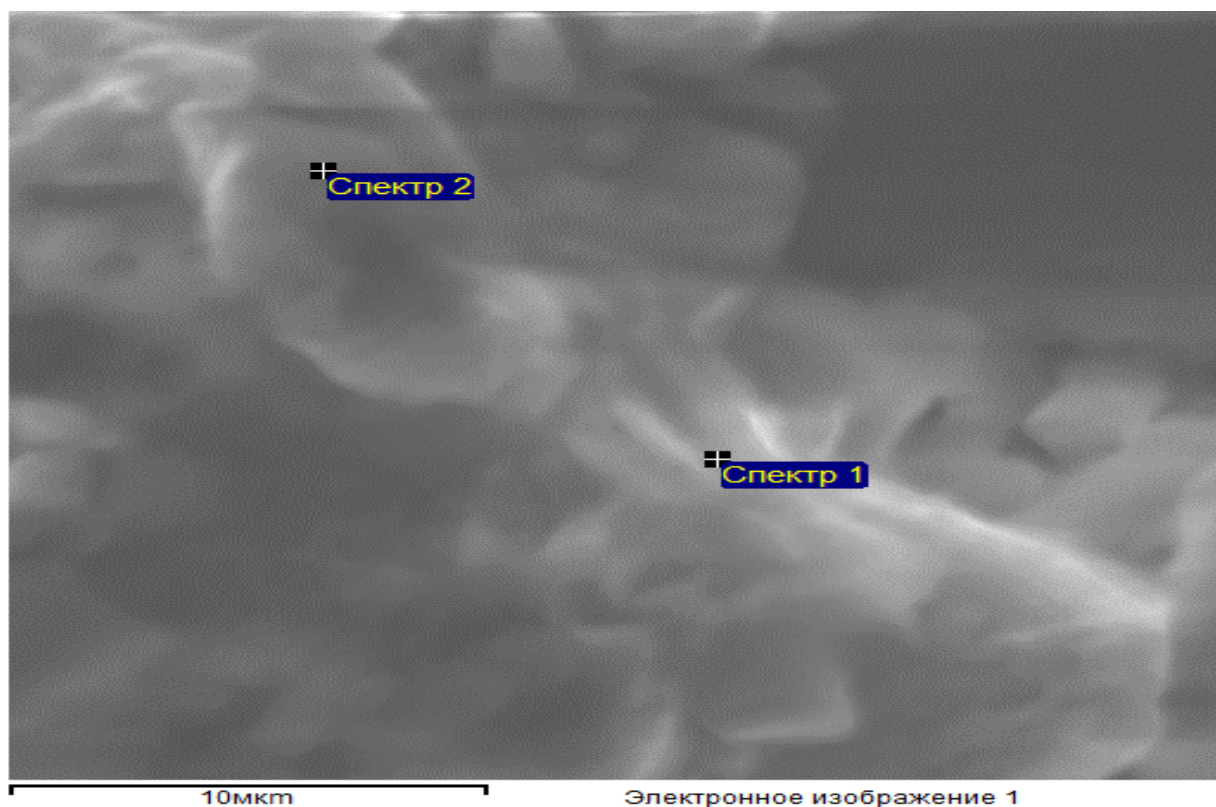


Рисунок 3 - СЭМ-снимок гелевой фазы

Микроструктура защелоченной супеси (270 мл, 40 суток) кардинально отличается от природного состояния. При увеличении $\times 500$ частицы плотно упакованы, межчастичное пространство сплошь заполнено матрицей, открытая пористость визуально отсутствует (рис. 2). В структуре образца отчетливо различимы две морфологически различные зоны: светлые изометричные зёрна без признаков изменения поверхности — остаточный кварц — и тёмная однородная матрица, заполняющая межзерновое пространство и формирующая цементационные мостики между соседними зёрнами. При увеличении $\times 5000$ матрица демонстрирует аморфную, местами волокнистую текстуру, типичную для геля N-A-S-H (рис. 3); отдельных кристаллических агрегатов с правильной огранкой при данном режиме не зафиксировано, что свидетельствует о преимущественно аморфном характере продуктов реакции.

Результаты EDS-анализа всех исследованных зон приведены в табл. 1.

Таблица 1 — Элементный состав характерных зон по данным EDS (мас.%) и молярные отношения

Компонент	Природная супесь (средн. по 7 точкам)	Защелоченная супесь, остаточный кварц (средн. Спектры 1–5)	Защелоченная супесь, гелевая фаза N-A-S-H (средн. Спектры 6–8 при $\times 500$)	Защелоченная супесь, гелевая фаза при $\times 5000$ (средн. Спектры 1–2)
O	64,91	61,62	57,89	51,21
Na	1,02	0,00	2,68	3,67
Mg	0,87	0,00	1,22	0,63
Al	6,69	0,09	6,92	8,14
Si	28,55	37,10	26,18	26,52
K	4,69	0,00	1,51	3,30
Ca	0,90	0,00	1,21	1,76
Ti	0,00	0,00	0,16	0,28
Fe	1,49	0,00	2,45	4,50
Отношение Si/Al (моль)	4,07	–	3,64	3,13
Отношение Na/Al (моль)	0,15	–	0,40	0,47

Остаточные зёрна кварца в защелоченном образце по химическому составу практически идентичны чистому кремнезёму: содержание Si = 37,10 мас.%, Al = 0,09 мас.% (уровень фона), Na = 0,00 мас.%. Это однозначно свидетельствует о химической инертности кварца в щелочной среде при данных условиях обработки и подтверждает, что источником алюминия и кремния для геополимеризации служат исключительно алюмосиликатные минералы глинистой фракции.

Гелевая фаза при увеличении $\times 500$ (спектры 6–8) характеризуется значимым содержанием натрия (2,68 мас.%), ростом содержания алюминия (6,92 мас.%) при снижении Si (26,18 мас.%) по сравнению с природным грунтом. Молярные отношения Si/Al = 3,64 и Na/Al = 0,40 указывают на формирование геля N-A-S-H. При большем увеличении $\times 5000$, когда анализируемый объём сосредоточен непосредственно в гелевой матрице, содержание Na возрастает до 3,67 мас.%, Al — до 8,14 мас.%, а Si/Al снижается до 3,13 при Na/Al = 0,47. Одновременно при $\times 5000$ фиксируется более высокое содержание Fe (4,50 мас.%) и K (3,30 мас.%), что свидетельствует о вовлечении железосодержащих компонентов и калия из гидрослюды в состав гелевой матрицы при высоком увеличении, когда зонд анализирует более мелкодисперсную составляющую.

4. Обсуждение

Совокупность данных СЭМ и EDS позволяет установить химическую природу продуктов реакции и предложить схему микроструктурных преобразований пылеватой супеси при защелачивании.

Ключевым свидетельством геополимеризации служит изменение молярных отношений при переходе от природного грунта к гелевой фазе защелоченного образца. Снижение Si/Al с 4,07 до 3,13–3,64 и рост Na/Al с 0,15 до 0,40–0,47 отражают встраивание натрия в алюмосиликатную полимерную сеть. Полученные значения Si/Al и Na/Al находятся в диапазоне, характерном для геля N-A-S-H по классификации Провиса и Бернала [5]: $\text{Si}/\text{Al} = 2\text{--}6$, $\text{Na}/\text{Al} = 0,5\text{--}1,0$. Следует отметить, что значения Na/Al (0,40–0,47) находятся несколько ниже нижней границы классического диапазона (0,5), что может объясняться двумя факторами: во-первых, высоким исходным Si/Al природного грунта (4,07), смещающим состав геля в область более высоких Si/Al с пропорционально меньшим относительным содержанием Na; во-вторых, частичным сохранением непрореагировавших алюмосиликатных минералов, разбавляющих сигнал EDS в пользу исходного состава. Тем не менее рост Na/Al в три раза относительно природного состояния (0,15→0,40–0,47) однозначно свидетельствует о химическом связывании натрия в структуре новообразованного геля.

Различие значений Si/Al между спектрами при $\times 500$ (3,64) и $\times 5000$ (3,13) закономерно и отражает масштабный эффект EDS-анализа. При меньшем увеличении анализируемый объём захватывает как гелевую матрицу, так и прилегающие зёрна алюмосиликатных минералов с более высоким Si/Al , что завышает итоговое значение. При $\times 5000$ зонд сосредоточен непосредственно в гелевой матрице, поэтому $\text{Si}/\text{Al} = 3,13$ следует считать более точной характеристикой состава геля N-A-S-H. Аналогичный масштабный эффект фиксируется для Na/Al (0,40 при $\times 500$ против 0,47 при $\times 5000$) и для содержания Fe (2,45 против 4,50 мас.%), что подтверждает вовлечённость железа из гидрослюды в гелевую матрицу.

Полное отсутствие натрия в остаточных зёрнах кварца ($\text{Na} = 0,00$ мас.%) при значимом его содержании в гелевой фазе (2,68–3,67 мас.%) исключает альтернативное объяснение роста Na/Al простой адсорбцией ионов натрия на поверхности частиц — в этом случае Na присутствовал бы равномерно во всех зонах. Локализация натрия исключительно в гелевой фазе подтверждает его химическое связывание в структуре N-A-S-H.

Снижение содержания K в гелевой фазе (1,51–3,30 мас.%) по сравнению с природным грунтом (4,69 мас.%) свидетельствует о частичном выщелачивании калия из гидрослюды в поровый раствор при щелочном гидролизе. Это согласуется с известным механизмом деструкции гидрослюды в концентрированных растворах NaOH [4] и дополнительно подтверждает активное участие гидрослюды в реакции геополимеризации наряду с каолинитом.

Микроструктурные данные позволяют интерпретировать механизмы роста механических характеристик грунта при защелачивании. Формирование сплошной гелевой матрицы N-A-S-H, заполняющей поровое пространство и обволакивающей зёрна скелета, обеспечивает рост удельного сцепления за счёт когезионных связей химической природы — значительно более прочных, чем исходные адсорбционные контакты глинистых частиц. Рост угла внутреннего трения обусловлен увеличением шероховатости поверхностей скольжения вследствие формирования гелевой матрицы с неоднородной аморфной текстурой, а также общим уплотнением структуры.

Полученные данные согласуются с результатами микроструктурных исследований щелочно-активированных грунтов: для суглинков [9] и латеритов [10] сообщается об аналогичном формировании геля N-A-S-H при сходных значениях Si/Al .

Принципиальное отличие исследованной системы — более высокое исходное Si/Al природного грунта (4,07 против ~1,0–1,2 для метакаолина), что смещает состав конечных продуктов в область более высоких Si/Al. Это не меняет принадлежности продуктов к классу N-A-S-H, однако означает, что степень вовлечённости алюминия в полимерную сеть несколько ниже, чем в классических метакаолиновых геополимерах, что потенциально ограничивает предельно достижимую прочность при данном минеральном составе.

5. Выводы

Методами СЭМ-EDS установлено, что микроструктура природной пылеватой супеси характеризуется разобщёнными частицами с открытой пористостью и точечными межчастичными контактами. Цементационные связи и химически связанный натрий отсутствуют.

После защелачивания по оптимальному режиму (5 н. NaOH, 258 л/м³, 40 суток) структура грунта кардинально преобразуется: поровое пространство заполняется сплошной аморфной матрицей, формируются цементационные мостики между зёрнами скелета. Открытая пористость визуальнo исчезает, что согласуется с данными механических испытаний.

По данным EDS идентифицирован гель N-A-S-H как основной продукт реакции щелочной активации. В гелевой фазе установлены молярные отношения Si/Al = 3,13–3,64 и Na/Al = 0,40–0,47. Значения Si/Al несколько выше, чем в классических метакаолиновых геополимерах, что обусловлено высоким исходным содержанием кремнезёма в глинистой фракции природного грунта (Si/Al = 4,07). Значения Na/Al в 2,7–3,1 раза превышают исходный уровень (0,15), что свидетельствует о химическом связывании натрия в структуре геля, а не о простой адсорбции.

Зёрна кварца сохраняют исходный химический состав (Si/Al > 100, Na = 0,00 мас.%), что однозначно подтверждает их химическую инертность при данных условиях обработки. Источником алюминия и кремния для геополимеризации служат исключительно алюмосиликатные минералы глинистой фракции — гидрослюда и каолинит. Выщелачивание калия из гидрослюда (снижение K с 4,69 до 1,51–3,30 мас.%) подтверждает активное участие гидрослюда в реакции.

Различие Si/Al между спектрами при увеличении $\times 500$ (3,64) и $\times 5000$ (3,13) отражает масштабный эффект EDS-анализа и свидетельствует о том, что истинный состав геля N-A-S-H точнее характеризуется значениями, полученными при $\times 5000$.

Полученные микроструктурные данные подтверждают геополимерную природу упрочнения пылеватой супеси при щелочной активации и обосновывают механизм цементации порового пространства гелем N-A-S-H как определяющий фактор роста прочностных и деформационных характеристик грунта.

Список литературы:

1. Фурса В.М. Строительные свойства грунтов района Ленинграда. — Л.: Стройиздат, 1975. — 144 с.
2. Воронкевич С.Д. Геолого-минералогические основы инъекционного закрепления пород: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — М.: МГУ, 1976. — 44 с.
3. Вознесенский Е.А., Калачев В.Я., Самарин Е.Н. Изменение тиксотропных свойств глинистых грунтов при их защелачивании // Инженерная геология. — 1991. — № 5. — С. 28–36.
4. Брилинг И.А., Злочевская Р.И., Волков Ф.Е., Дивисилова В.И., Макеева Т.Г. Оценка распространения щелочных растворов в глинистых породах // Инженерная геология. — 1987. — № 2. — С. 37–44.

5. Provis J.L., Bernal S.A. Geopolymers and related alkali-activated materials // Annual Review of Materials Research. — 2014. — Vol. 44. — P. 299–327.
6. Davidovits J. Geopolymers: Chemistry and Applications. — 4th ed. — Saint-Quentin: Institut Géopolymère, 2015. — 644 p.
7. Duxson P., Provis J.L., Lukey G.C., van Deventer J.S.J. The role of inorganic polymer technology in the development of green concrete // Cement and Concrete Research. — 2007. — Vol. 37, № 12. — P. 1590–1597.
8. Palomo A., Grutzeck M.W., Blanco M.T. Alkali-activated fly ashes: A cement for the future // Cement and Concrete Research. — 1999. — Vol. 29, № 8. — P. 1323–1329.
9. Волков Ф.Е., Гера А.А. Стабилизация осадок строящихся зданий методом зашпачивания // Промышленное и гражданское строительство. — 2015. — № 10. — С. 63–67.
10. Abdeldjouad L., Asadi A., Nahazanan H., Huat B.B.K. Effect of Clay Content on Soil Stabilization with Alkaline Activation // International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering. — 2019. — Vol. 5, art. 4. DOI: 10.1007/s40891-019-0157-y.

Geopolymerization during alkaline activation of sandy loam: microstructural and chemical evidence of the formation of the N-A-S-H phase

Vinokurova V.Yu.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Saint Petersburg, Russia

Abstract

The results of a microstructural and chemical study of the powdery sandy loam of the quaternary sediments of St. Petersburg before and after injection alkalization with 5 n. NaOH solution (specific consumption 258 l/m³, exposure for 40 days at 20 °C) are presented. The studies were performed using scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray spectral analysis (EDS). The microstructure of natural sandy loam is characterized by loose particles with open porosity and the absence of cementation bonds. The formation of a solid gel matrix and cementation bridges filling the pore space was revealed in the latched samples. According to the EDS data, the molar ratios Si/Al = 3.13–3.64 and Na/Al = 0.40–0.47 were established in the gel phase, corresponding to the N-A-S-H gel. Quartz grains retain their initial chemical composition (Si/Al > 100, Na = 0), which confirms their stability in an alkaline environment. The data obtained confirm the geopolymer nature of the hardening of powdery sandy loam during alkaline activation and substantiate the mechanism of cementation of the pore space.

Keywords: *powdery sandy loam, alkalization, NaOH, geopolymerization, N-A-S-H, scanning electron microscopy, EDS, microstructure, alkaline activation*

2.1

**ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОГРУЖЕНИЯ БУРОПУСКНЫХ СВАЙ
РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЙ ГРУНТ****Зеленкин А.А.**Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Санкт-Петербург, Россия**Аннотация**

В статье представлен обзор современных отечественных и зарубежных исследований, посвящённых влиянию соотношения диаметров скважины и сваи при буропускном способе устройства свай в многолетнемерзлых грунтах. Рассматриваются термомеханические процессы в системе «свая – раствор – грунт», влияние теплофизических свойств материалов, геометрических параметров и условий твердения цементного раствора на формирование несущей способности. На основе анализа работ, выявлены ключевые закономерности и направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, буропускной способ, свайные фундаменты, несущая способность.

Введение

Буропускной способ относится к числу распространённых решений при устройстве свай в районах Крайнего Севера. Его применяют в твёрдомерзлых грунтах, где обычная забивка свай затруднена и в ряде случаев может привести к повреждению конструкции. Технология строится по следующей схеме. Сначала бурится лидерная скважина, затем устанавливается свая, а пространство между стенками скважины и поверхностью сваи заполняется раствором.

После твердения и промерзания заполнителя формируется система «материал сваи - цементно-песчаный раствор - мерзлый грунт». Через неё нагрузка от сооружения передаётся на основание. На первый взгляд всё сводится к геометрии: есть свая, есть скважина, есть зазор. Но в мерзлом грунте эта простая схема быстро усложняется. В работу включаются температура, льдистость, свойства раствора, качество контакта и время, в течение которого цементный раствор успевает набрать прочность.

На рисунке 1 показана зона распространения многолетнемерзлых грунтов.



Рис. 1. Зона распространения многолетнемерзлых грунтов

Цель статьи - обобщить результаты исследований по технологии погружения буропускных свай различного диаметра в многолетнемерзлый грунт и выделить факторы, которые определяют формирование их несущей способности.

История развития строительства свайных фундаментов в многолетнемерзлых грунтах

Основы расчёта оснований на мерзлых грунтах были заложены в трудах Н. А. Цытовича и М. И. Сумгина. В работах Цытовича [1] показано, что при отрицательных температурах грунт может иметь высокую прочность, однако эта прочность не остаётся постоянной. Она меняется при отеплении, изменении влажности и нарушении структуры грунтового массива. Сумгин [2] рассматривал геокриологические процессы в мерзлой толще и показал, что строительство в криолитозоне нельзя оценивать только через механическую работу основания: тепловое взаимодействие сооружения с грунтом играет не меньшую роль.

Отдельное место занимают исследования А. М. Пчелинцева [3]. Он изучал структуру и текстуру мерзлых грунтов, физико-механические свойства мерзлых суглинков, а также вопросы отбора ненарушенных образцов. Его работы легли в основу СНиП II-18-76 по основаниям и фундаментам на вечномёрзлых грунтах. Для буропускных свай это важно по простой причине: контакт «ЦПР - грунт» зависит не только от температуры. На него влияют текстура, льдистость и структура мерзлого грунта.

Зарубежные исследования, например работы Andersland и Ladanyi [4], имеют похожий подход. Мерзлый грунт рассматривается как материал, свойства которого зависят от температуры и времени. Для свайных фундаментов из этого следует прямой вывод, что несущую способность нельзя оценивать только по геометрии свай. Нужно учитывать ползучесть мерзлого грунта, фазовые переходы воды и изменение прочности при отеплении.

Эта теоретическая база подводит к важной мысли. Работа буропускной сваи в многолетнемерзлом грунте не сводится к сопротивлению по боковой поверхности. Между свайей и грунтом находится раствор, а его свойства меняются во времени. Значит, рассматривать нужно не один контакт «свая - грунт», а цепочку контактных зон, работающих последовательно.

Контактные зоны «материал сваи - раствор - грунт»

А. Г. Алексеев и П. М. Сазонов [5] в исследованиях буропускных свай с цементно-песчаным раствором подчёркивают, что расчёт должен учитывать не только сопротивление мерзлого грунта, но и контактные зоны между раствором, свайей и грунтом. При проектировании фундаментов главного корпуса электростанции Ямал СПГ авторы рассматривали именно такую расчётную схему, где термомеханическое взаимодействие влияет на фактическую несущую способность.

Последовательная работа контактных зон означает, что предельная нагрузка определяется самой слабой поверхностью. Если слабым звеном становится контакт «свая - раствор», увеличение диаметра скважины не даст пропорционального прироста несущей способности. Но почему же? При постоянном диаметре сваи площадь этого контакта не меняется. Иная картина наблюдается, когда слабой зоной оказывается контакт «раствор - грунт», тогда увеличение диаметра скважины способно повысить сопротивление за счёт роста наружной площади раствора.

Влияние температурного режима

Температурный режим задаёт скорость промерзания раствора и условия формирования контактной прочности. При малом объёме раствора охлаждение идёт быстрее. Это ускоряет вмерзание сваи, но может сократить время набора прочности цементно-песчаного раствора. Если раствор замерзает слишком рано, гидратация цемента замедляется, а структура материала формируется не полностью.

Сорокин И.А. [6] в исследованиях термостабилизированных оснований свайных фундаментов показывает, что образование зоны растепления снижает несущую способность грунта. Для буроопускной сваи этот вывод имеет прямое значение: увеличение диаметра скважины не должно приводить к длительному нарушению температурного режима основания.

Получается, что диаметр скважины влияет на несущую способность не только через площадь контакта. Он меняет температуру твердения раствора. Вот почему расчёт, основанный только на геометрии, не даёт полную картину.

А. Г. Алексеев и П. М. Сазонов [7], анализируя буроопускные сваи для объекта Ямал СПГ, выделяют два основных контакта при использовании цементно-песчаного раствора – это контакт мерзлого грунта с раствором и контакт раствора с поверхностью сваи. При этом возможны разные плоскости сдвига: грунт по грунту, грунт по раствору, раствор по раствору и раствор по металлу.

Для свай различного диаметра такой подход особенно полезен. Если слабой зоной является контакт «свая - раствор», увеличение диаметра скважины не даёт прямого пропорционального прироста. Площадь этого контакта определяется диаметром сваи. Если же слабым звеном выступает контакт «раствор - грунт» или сам раствор, влияние диаметра скважины может быть заметнее, поскольку растёт наружная поверхность растворного слоя.

Роль цементно-песчаного раствора

Состав раствора, которым заполняют пространство между свай и стенками скважины, напрямую влияет на формирование несущей способности буроопускной сваи. Раствор должен плотно заполнять пазухи, сохранять достаточную прочность после промерзания, обеспечивать смерзание с материалом сваи и грунтом, а также не создавать избыточного теплового воздействия на мерзлый массив.

А. Д. Егорова, А. Е. Местников и А. А. Романов [8] в работе о растворных композициях для заполнения пазух буроопускных свай отмечают, что буроопускной способ надёжен и универсален для вечномёрзлых грунтов, но при этом дорог и трудоёмок. Авторы обращают внимание на состав раствора, технологию его приготовления и заливки в скважину: именно эти операции во многом определяют, как будет формироваться несущая способность сваи.

В указанной работе рассмотрены песчано-глинистые, песчано-известковые и песчано-цементные растворы. Для повышения несущей способности исследователи предлагают увеличивать скорость набора прочности раствора и прочность его смерзания со свай. Для твёрдомёрзлых грунтов раствор должен быть экономичным, технологичным при приготовлении и заливке, иметь минимальное отепляющее воздействие и обеспечивать прочность смерзания со свай не ниже прочности смерзания с грунтом основания.

Эти выводы особенно важны для свай различного диаметра. При увеличении диаметра скважины возрастает объём раствора. С одной стороны, больший объём дольше сохраняет положительную температуру, что улучшает условия твердения цементного материала. С другой - увеличиваются тепловое воздействие на мерзлый грунт и расход материала.

СП 25.13330.2020 [9] указывает, что при применении цементно-песчаного раствора расчётные сопротивления по поверхностям смерзания должны определяться опытным путём. Это связано с тем, что сопротивление сдвигу зависит не только от типа грунта и температуры, но и от состава раствора, скорости охлаждения, качества заполнения пазух и характера контакта с поверхностью сваи.

Исследования боковой поверхности свай

Вопрос влияния геометрии на несущую способность буроопускной сваи рассмотрен в работах А. Д. Набережного [10], посвящённых ребристым буроопускным сваям. Автор исследовал несущую способность мерзлых грунтов основания по боковой поверхности ребристых свай и свойства грунтовых растворов-заполнителей скважин.

Набережный показывает, что у гладких буроопускных свай потенциальная несущая способность мерзлого грунта используется не полностью. Оребрение боковой поверхности меняет характер передачи нагрузки: часть грунта начинает работать не только на сдвиг, но и на сжатие. За счёт этого повышается эффективность работы сваи в мерзлом основании.

А. В. Отрадных [11] в работе о методах погружения готовых свай в вечномерзлые грунты указывает, что несущая способность свай в таких условиях обеспечивается смерзанием по боковой поверхности с многолетнемерзлым грунтом и сопротивлением грунта. Для буроопускного способа эту позицию нужно уточнять. Боковое сопротивление здесь передаётся через слой раствора. Поэтому изучение диаметра скважины фактически связано с исследованием условий формирования бокового сопротивления.

Для темы свай различного диаметра эти исследования имеют методическое значение. Они показывают, что геометрия контактной зоны влияет на несущую способность. Если изменение формы боковой поверхности сваи способно повысить сопротивление, то изменение толщины растворного слоя и диаметра лидерной скважины тоже нужно рассматривать как фактор формирования несущей способности.

Геометрические параметры – диаметр скважины и диаметр сваи

Диаметр лидерной скважины определяет толщину затрубного слоя раствора. Если обозначить диаметр скважины как $D_{скв}$, а диаметр сваи как $d_{св}$, толщину слоя раствора можно показать зависимостью:

$$\delta = (D_{скв} - d_{св})/2$$

Объём раствора на единицу длины сваи определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi}{4} * (D_{скв}^2 - d_{св}^2)$$

Из этой зависимости видно, что объём раствора растёт нелинейно. Даже небольшое увеличение диаметра скважины может заметно повысить расход раствора. Для строительства в районах Крайнего Севера это чувствительный фактор: доставка материалов и организация работ часто серьёзно влияют на стоимость нулевого цикла.

Площадь контакта ЦПР с грунтом определяется выражением:

$$A_{ЦПР-Грунт} = \pi * D_{скв} * L$$

где L - рабочая длина сваи.

Площадь контакта ЦПР с материалом сваи определяется по формуле:

$$A_{материал сваи-ЦПР} = \pi * d_{св} * L$$

Если диаметр сваи остаётся постоянным, увеличение диаметра скважины повышает площадь контакта «раствор - грунт», но не меняет площадь контакта «свая - раствор». Поэтому геометрическое увеличение скважины нужно оценивать вместе с результатами испытаний контактных зон.

Материал сваи: сталь, железобетон и композит

Материал сваи влияет на теплопередачу и прочность контакта с раствором. Стальные сваи имеют высокую теплопроводность. Они быстро отводят тепло от раствора и ускоряют его охлаждение. Это помогает быстрее восстановить отрицательную температуру в зоне сваи, но сокращает период твердения цементно-песчаного раствора при положительной температуре.

Железобетонные сваи обладают другими теплофизическими свойствами. Их поверхность, как правило, лучше взаимодействует с цементными растворами, но масса и технология устройства могут ограничивать применение в различных условиях. При расчёте таких свай важно учитывать не только прочность бетона, но и прочность смерзания раствора с поверхностью свай.

Композитные сваи рассматриваются как перспективное направление для северного строительства. Они отличаются меньшей теплопроводностью и коррозионной стойкостью. За счёт низкой теплопроводности композитная труба может дольше удерживать тепло в системе «свая — раствор». Это создаёт более продолжительный период для гидратации цемента.

Мясникова А. О. в своей работе [12] рассматривает особенности буроопускного способа при погружении композитных свай. В таких системах особое значение приобретает контакт «композит - цементно-песчаный раствор». Даже при благоприятном температурном режиме итоговая несущая способность может ограничиваться недостаточной адгезией раствора к композитной поверхности. Поэтому для композитных свай имеет смысл отдельно исследовать шероховатость, механическую обработку поверхности и специальные способы повышения сцепления.

Технологические особенности свай различного диаметра

При малом диаметре скважины уменьшается расход раствора и снижается тепловое воздействие на грунт. Но технологические требования становятся жёстче. Нужно точно центрировать сваю и полностью заполнять тонкое затрубное пространство. Даже небольшое смещение может привести к неравномерной толщине раствора и локальному нарушению контакта.

При среднем диаметре скважины появляется более устойчивый технологический зазор. Раствор лучше заполняет пазухи, уменьшается риск пустот, а температурный режим становится более благоприятным для твердения. Такой вариант может быть рациональным, если приrost несущей способности достигается без чрезмерного расхода раствора.

При большом диаметре скважины увеличиваются площадь контакта «раствор - грунт» и объём раствора. Условия твердения могут улучшиться, но вместе с ними растут материалоёмкость, стоимость, время приготовления и подачи раствора. Усиливается и тепловое воздействие на мерзлый массив. Максимальный диаметр поэтому не всегда оказывается оптимальным с инженерной и экономической точки зрения.

На практике выбор диаметра скважины связан ещё и с буровым оборудованием. Замена буровых шнеков разных диаметров увеличивает продолжительность цикла работ и способна вызвать простои техники. Поэтому рациональное соотношение диаметра скважины и свай должно учитывать не только расчётную несущую способность, но и технологичность производства работ.

Выводы

Буроопускной способ устройства свай остаётся одним из наиболее применимых решений для строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. Его преимущество состоит в том, что сваю можно установить в твёрдомерзлый массив без значительного динамического воздействия. При этом работа такой сваи определяется не только прочностью свай и грунта. Большую роль играют свойства раствора-заполнителя.

Анализ работ других исследователей показывает, что несущую способность буроопускной сваи нужно оценивать через систему последовательно работающих контактных зон: «материал сваи — раствор», «раствор - раствор», «раствор - грунт» и

«грунт - грунт». Предельная нагрузка может определяться не наружным контактом раствора с грунтом, а более слабым контактом раствора с материалом свай.

Диаметр лидерной скважины влияет на толщину затрубного слоя, объём раствора, площадь контакта с грунтом и температурный режим твердения. При малом диаметре раствор быстрее промерзает, но может не успеть набрать достаточную прочность. При большом диаметре условия твердения улучшаются, однако растут показатели расхода раствора и риска отепления мерзлого грунта.

Работы Егоровой, Местникова и Романова [8] показывают значимость состава раствора и прочности смерзания. Исследования Алексеева и Сазонова [12] подчёркивают необходимость анализа контактных поверхностей и термомеханического взаимодействия. Работы Набережного доказывают, что геометрия боковой поверхности влияет на использование несущей способности мерзлого грунта.

Для дальнейших исследований важно перейти от общей постановки задачи к количественным зависимостям. Нужны лабораторные испытания моделей свай разного диаметра, измерение температур в затрубном пространстве, испытания на сдвиг по контактным зонам и сопоставление полученных данных с расчётом по СП 25.13330.2020 [9]. Такой подход позволит определить не максимальный, а рациональный диаметр скважины — без лишнего расхода раствора и без потери несущей способности.

Список литературы

- 1.Цытович Н. А. Механика мерзлых грунтов. М.: Высшая школа.
- 2.Сумгин М. И. Общее мерзлотоведение. М.: Изд-во АН СССР.
- 3.Пчелинцев А. М. Строение и физико-механические свойства мерзлых грунтов. М.: Наука, 1964
- 4.Andersland O. B., Ladanyi B. Frozen Ground Engineering. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2004.
- 5.Сазонов П. М., Алексеев А. Г. Применение цементно-песчаного раствора при буроопускном способе погружения свай в многолетнемерзлые грунты // Современные технологии проектирования и строительства фундаментов
- 6.Сорокин И. А. Исследование работы свайных фундаментов в многолетнемерзлых грунтах с учётом температурного режима основания.
- 7.Алексеев А. Г., Сазонов П. М. Особенности расчёта несущей способности буроопускных свай при проектировании фундаментов главного корпуса электростанции Ямал СПГ // Геотехника. 2018. Т. X. № 1–2.
- 8.Егорова А.Д., Местников А.Е., Романов А.А. Растворные композиции для заполнения пазух буроопускных свай в условиях вечной мерзлоты // Современные наукоемкие технологии. 2012. № 9. С. 63–65.
- 9.СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88.
- 10.Набережный А. Д. Исследование несущей способности мерзлых грунтов основания ребристых буроопускных свай: диссертация кандидата наук. Якутск, 2018
- 11.Отрадных А. В. Методы погружения готовых свай в вечномерзлые грунты.
- 12.Мясникова А.О. Особенности буроопускного способа при погружении композитных свай // Материалы LXXVI Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Санкт-Петербург, 2025.
- 13.Сазонов П. М., Алексеев А. Г. Термомеханическое взаимодействие буроопускных свай с многолетнемерзлыми грунтами // Фундаменты. 2022. № 1(7). С. 27–29.

Features of the technology for installing bored-and-dropped piles of various diameters in permafrost soil

Zelenkin A.A.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Saint Petersburg, Russia

Abstract

The article presents a review of contemporary studies devoted to the influence of the ratio between the borehole and pile diameters in the bored-and-driven method of pile installation in permafrost soils. Thermomechanical processes in the “pile-grout-soil” system are considered, along with the influence of thermophysical properties of materials, geometric parameters, and cement grout curing conditions on the formation of pile bearing capacity. Based on the analysis of existing studies, key patterns and directions for further research are identified.

Keywords: *permafrost soils, bored-and-driven method, pile foundations, bearing capacity.*

2.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ В ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

Лебедев А.Е.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Цель исследования – проверка выдвинутой гипотезы о влиянии параметров геосинтетических капиллярно-дренажных слоев на водный режим и величину морозного пучения в грунтовой толще. В статье акцентируется внимание на отсутствии регламентирующих нормативных документов. Был сделан анализ отечественных и зарубежных источников, посвященных морозному пучению и криогенной миграции влаги, результатов исследований изменения фильтрационных свойств геосинтетиков при контакте с тонкодисперсными фракциями, и анализ текущего состояния нормативно-технической базы РФ.

В результате исследования был сделан вывод о важности разработки расчетной схемы для прогнозирования гидрофизических изменений и деформаций оснований при интеграции геосинтетических слоев

Ключевые слова: морозное пучение, пылевато-глинистые грунты, нетканый геотекстиль, дренажный геокомпозит, капиллярный разрыв.

Введение

Морозное пучение грунтов представляет собой одну из наиболее серьезных инженерно-геологических проблем в условиях сезонного промерзания. Данное явление приводит к интенсивному подъему дневной поверхности, перекосам, трещинам и преждевременному разрушению фундаментов зданий, дорожных одежд и линейных инженерных сетей. Традиционные подходы к инженерной защите оснований — такие как замена пучинистого грунта, укладка теплоизоляции или принудительное понижение уровня грунтовых вод — далеко не всегда обеспечивают абсолютную эксплуатационную надежность, имеют жесткие технологические ограничения или сопряжены со значительными капитальными вложениями.

Применение современных полимерных геосинтетических материалов, в частности нетканых геотекстилей и специализированных дренажных геокомпозитов, открывает новые перспективные направления для регулирования водно-теплового режима замерзающих оснований. Геосинтетики способны выступать в роли локальных барьеров, перераспределяющих потоки влаги.

Однако текущее состояние отечественной нормативной базы, а также выраженный дефицит комплексных экспериментальных данных по поведению полимеров в тонкодисперсных средах существенно ограничивают их широкое внедрение в практику проектирования. Настоящее состояние изученности рассматриваемой проблемы не позволяет инженерам с достаточной точностью прогнозировать и оценивать степень влияния геосинтетиков на интенсивность пучения грунтов.

Гипотеза исследования: на основе анализа физики процессов предполагается, что интеграция геосинтетического капиллярно-дренажного слоя в подушку из пылевато-глинистого грунта позволяет снизить величину морозного пучения. Данный эффект достигается за счет синергии трех факторов: искусственного уменьшения притока влаги к фронту промерзания, формирования локального капиллярного разрыва и обеспечения плоскостного отвода свободной воды по структуре геокомпозита.

В данной работе была выполнена проверка положений в выдвинутой гипотезе путем анализа данных из множества источников.

Статья разделена на следующие части:

1. Анализ механизмов криогенной миграции влаги и физики пучения в тонкодисперсных грунтах.
2. Критический анализ ограничений традиционных методов защиты оснований (замены, утепления, классического дренажа, армирования).
3. Оценка функциональных возможностей геосинтетиков в качестве капиллярных барьеров.
4. Анализ технологических рисков засорения материалов глинистыми частицами.
5. Анализ текущего состояния нормативно-технической базы РФ.

Механизмы морозного пучения и криогенной миграции влаги

Морозное пучение — это увеличение объема грунта при замерзании, вызывающее деформации сооружений. Ведущую роль играет криогенная миграция влаги — перемещение незамерзшей воды из нижних слоев к фронту промерзания под действием температурного градиента.

В пылевато-глинистых грунтах из-за развитой капиллярной структуры этот процесс протекает наиболее интенсивно. Достигая фронта отрицательных температур, вода кристаллизуется в виде ледяных линз. Объемный рост линз значительно превосходит расширение заземленной поровой влаги. Поскольку водоприток — главный драйвер деформаций, эффективная защита невозможна без ограничения движения воды к зоне промерзания.

Анализ традиционных методов защиты и их ограничений

В современной геотехнической практике разработан широкий комплекс классических подходов к минимизации деформаций морозного пучения, однако детальный анализ их применения выявляет ряд существенных технологических и экономических ограничений:

- Частичная или полная замена пучинистого грунта на неподверженные пучению дренирующие материалы (крупнозернистый песок, гравий, щебень) в зоне промерзания. Метод характеризуется высокой надежностью, однако является крайне трудоемким и приводит к резкому удорожанию сметной стоимости строительства при больших площадях или линейной протяженности объектов.
- Теплоизоляция оснований посредством укладки плитных полимерных утеплителей (например, экструдированного пенополистирола). Метод позволяет искусственно уменьшить общую глубину промерзания грунта под сооружением, однако он не способен полностью исключить капиллярный приток влаги к фронту замерзания из глубоких неизолированных или периферийных зон массива.
- Устройство классических систем дренажа направлено на искусственное понижение уровня грунтовых вод (УГВ) и общее снижение объема влаги, доступной для линзообразования. Тем не менее, дренажная эффективность критически падает в условиях сложного рельефа местности, при слабой водоотдаче глинистых грунтов или в периоды аномально сильного поверхностного водопритока.
- Механическое армирование оснований георешетками и геосетками стабилизирует геометрию конструкции и перераспределяет возникающие вертикальные нагрузки и деформации. Однако данный подход никак не влияет на первопричину — гидрофизический механизм пучения; физическое движение воды и термодинамический влагоперенос в порах остаются неизменными.

Указанные недостатки и высокая стоимость традиционных методов обуславливают острую необходимость поиска и теоретического обоснования альтернативных инженерных решений, способных локально блокировать криогенное движение влаги непосредственно в грунтовой толще.

Функциональные возможности геосинтетиков в криогенных условиях

Современные полимерные геосинтетические материалы обладают высокими физико-механическими показателями, химической стойкостью и долговечностью в грунтовых средах. Сводные данные по типам геосинтетиков и потенциалу их применимости для борьбы с морозным пучением, полученные на основе анализа литературы, систематизированы в таблице ниже.

Таблица 1. Сравнительный потенциал применения различных типов геосинтетиков в зоне промерзания грунта

Тип геосинтетического материала	Ключевая структурная особенность	Основная функция в зоне сезонного промерзания	Оцениваемый потенциал защиты от морозного пучения
Нетканый геотекстиль	Рыхлая полимерная структура пор с высокой хаотичной пористостью	Фильтрация потока, создание капиллярного разрыва, частичная локальная аккумуляция влаги	Высокий (при условии правильного подбора пор)
Дренажный геокомпозит	Жесткий объемный пластиковый сердечник, защищенный с двух сторон геотекстилем	Высокоэффективный отвод воды по плоскости, прерывание восходящего капиллярного поднятия	Максимальный (совмещает барьерную и дренирующую функции)
Геосетки / георешетки	Открытая регулярная сетчатая структура из жестких ребер	Механическое армирование массива, стабилизация пространственной геометрии	Низкий (не оказывают прямого влияния на гидрорежим и движение воды)
Геомембраны	Сплошная полимерная плоскостная пленочная структура, полностью непроницаемая	Полная гидроизоляция и разделение сухих и обводненных зон оснований	Ограниченный (блокируют воду, но не регулируют влажность в пучинистой зоне)

Зарубежные исследования показывают, что геосинтетические материалы могут снижать морозное пучение за счёт воздействия на водный режим грунтовой толщи. Основными механизмами являются: создание капиллярного разрыва, уменьшение притока влаги к зоне промерзания, дренаж воды по плоскости геокомпозита и частичное накопление влаги в структуре нетканого полотна [1–3].

Одними из первых комплексных работ в этой области стали исследования Henry и Holtz, где были изучены дренажные геокомпозиты как капиллярные барьеры. Эксперименты показали, что такие материалы способны уменьшать образование ледяных линз, если располагаются между пучинистым и более водонасыщенным грунтом [1]. В более ранней работе Henry было отмечено, что нетканый геотекстиль способен выполнять двойную функцию — ограничивать движение влаги и одновременно фильтровать поступающую воду [2].

Впоследствии появились исследования капиллярных и «wicking»-геотекстилей, где рассматривалось их поведение в ненасыщенных условиях и способность перераспределять влагу при промерзании. Отмечается, что геотекстиль может задерживать часть воды и снижать её концентрацию в зоне образования ледяных линз. При использовании дренажных геокомпозитов отмечается также возможность отвода избыточной влаги в сторону, что уменьшает пучение [3].

Однако применение геосинтетиков в тонкодисперсных и глинистых грунтах сталкивается с проблемой засорения (clogging). Согласно ряду исследований, мелкие частицы способны проникать в поры материала, снижая его фильтрационные и дренажные свойства зачастую на порядок и более [4]. Выделяют два механизма засорения: поверхностное (blinding), при котором формируется плотная корка мелких частиц, и внутреннее, связанное с заполнением поровой структуры. Оба процесса существенно ухудшают работу геотекстиля.

При анализе доступных публикаций отмечается, что большинство экспериментов выполнено на песчаных и супесинных грунтах, в то время как данных по пылевато-глинистым грунтам значительно меньше. В ряде работ прямо подчёркивается, что поведение геосинтетиков в глинистой среде изучено недостаточно, а результаты лабораторных тестов не всегда можно переносить на реальные условия [5–6]. Это создаёт необходимость проведения дополнительных исследований, направленных на оценку эффективности геотекстилей и геокомпозитов именно в пучинистых мелкодисперсных грунтах.

Таким образом, согласно анализу литературы, геосинтетики обладают потенциалом для снижения морозного пучения, однако степень их эффективности зависит от типа грунта, структуры материала и условий работы. Недостаток экспериментальных данных по глинистым грунтам определяет актуальность проведения лабораторных испытаний, направленных на уточнение поведения геосинтетических слоёв при промерзании.

Анализ текущего состояния нормативной базы

В действующей нормативной документации, регулирующей проектирование оснований в условиях промерзания, применение геосинтетических материалов практически не рассматривается. Существующие СП и ГОСТы описывают классические меры защиты от морозного пучения — утепление, дренирование, снижение уровня грунтовых вод и замену грунта. Однако методики оценки эффективности геотекстилей и геокомпозитов при работе в зоне промерзания отсутствуют, что создаёт заметный пробел в инженерной практике.

Анализ отечественной литературы показывает, что основное внимание уделяется механизмам морозного пучения, процессам перемещения влаги и классификации методов защиты. В работах по механизму промерзания подробно раскрываются процессы образования ледяных линз, влияние температурных градиентов и особенности пылевато-глинистых грунтов [9]. Эти данные демонстрируют, почему контроль водного режима является ключевым фактором при снижении пучения.

Публикации, посвящённые существующим методам защиты, показывают, что традиционные способы обладают значительными ограничениями [6–7]. Утепление и частичная замена грунта не всегда гарантируют снижение деформаций, а дренаж эффективен только при благоприятных гидрогеологических условиях. Эти выводы подчёркивают необходимость поиска новых решений, связанных с регулированием движения влаги в зоне промерзания.

Отдельные источники также указывают, что борьба с морозным пучением в основном сводится к уменьшению притока воды и изменению условий замерзания

грунтов [8]. Однако даже в этих работах геосинтетические материалы практически не рассматриваются подробно, а их дренажные и фильтрационные свойства не анализируются.

Важно отметить, что ни одна из отечественных работ не рассматривает проблему засорения (clogging) геотекстиля мелкими частицами, хотя зарубежные исследования показывают, что этот процесс способен значительно снижать фильтрационную и дренажную способность материала [10]. Это особенно актуально для пылевато-глинистых грунтов, которые наиболее чувствительны к пучению.

Таким образом, анализ нормативной базы и литературы показывает следующее:

- отсутствуют регламентированные методики оценки эффективности геосинтетиков;
- научные работы подробно изучают механизм пучения, но практически не рассматривают применение геосинтетических материалов;
- влияние засорения материала не изучено;
- исследований поведения геосинтетиков в глинистых и пылеватых грунтах крайне мало.

Эти выводы подтверждают необходимость проведения специализированных лабораторных исследований, направленных на количественную оценку поведения дренажных геокомпозиов и нетканых геотекстилей в условиях промерзания.

Нерешённые вопросы и необходимость исследования

Анализ литературы показывает, что, несмотря на значительный объём работ, посвящённых механизму морозного пучения, использование геосинтетических материалов для управления водным режимом в зоне промерзания остаётся недостаточно изученным. Наиболее существенным является пробел данных о поведении геотекстилей и дренажных геокомпозиов именно в тонкодисперсных, пылевато-глинистых грунтах, которые проявляют наибольшую склонность к образованию ледяных линз [1–4].

Кроме того, имеющиеся экспериментальные исследования чаще всего проводились на песчаных или супесчаных грунтах, что ограничивает возможность переноса результатов на более сложные грунтовые условия. Недостаток лабораторных работ, моделирующих промерзание с учётом реального водного режима и возможного засорения материала, делает существующие данные неполными [4–5].

Отдельной проблемой является отсутствие отечественных геосинтетических материалов, специально разработанных для снижения морозного пучения. На российском рынке нет «криозащитных» геокомпозиов, аналогичных тем, которые рассматриваются в зарубежных исследованиях. В результате проектировщики вынуждены использовать стандартные геотекстили и дренажные композиты, эффективность которых при промерзании проверена недостаточно.

Таким образом, возникает необходимость проведения целевых лабораторных испытаний, направленных на:

- количественную оценку эффективности геосинтетиков в условиях промерзания;
- определение влияния структуры материала на приток влаги;
- исследование засорения полотна при контакте с глинистыми частицами;
- сравнение поведения разных типов геосинтетиков в тонкодисперсных грунтах.

Решение этих вопросов позволит восполнить существующие пробелы и сформировать научно обоснованные рекомендации по применению геосинтетических слоёв для снижения морозного пучения.

Анализ способов моделирования устройства свай вытеснения

В статье от 2008 года, авторами которого являются J. Dijkstra, W. Broere и A. F. Van Tol [7] упоминается про моделирование свай вытеснения с применением заданного горизонтального смещения (Prescribe Displacement), равного 7,5 % радиуса сваи, а также путем заданного объемного расширения тела (Volume Strain), равного 50 %. Авторы указывают, что вышеописанные методы несовершенны, так как к моменту публикации отсутствовали продвинутые модели почвы.

Согласно А. Е. Маслову и Д. В. Мугиновой [8] на данный момент моделирование тела сваи можно выполнить объемными конечными элементами в программном комплексе PLAXIS. Увеличение объема сваи возможно различными способами, используя внутренние инструменты программы:

- А) заданное объемное расширение тела Volume Strain, %;
- Б) заданное перемещение стенок скважины сваи Prescribe displacement, м;
- В) расширение стенок скважины сваи путём приложения распределенной нагрузки на стенки, кН/м.

Авторы уточняют, что наиболее эффективным вариантом моделирования НДС грунта при устройстве свай вытеснения, является инструмент расширяющегося объема – Volume Strain.

Выводы

Вышеприведенный анализ показал, что гипотеза, приведенная выше, может быть рассмотрена и проверена в последующих работах.

1. Работы, где исследовались теоретические механизмы геосинтетиков, говорят о том, что нетканые геотекстилы и дренажные геокомпозиты обладают высоким потенциалом для снижения пучения за счет создания капиллярного разрыва и плоскостного отвода мигрирующей воды.
2. Результаты исследований из зарубежной практики доказывают, что правильное размещение криобарьеров на границе пучинистого и водонасыщенного слоев существенно уменьшает интенсивность образования ледяных линз в грунтовой толще.
3. Данные по поведению геосинтетиков при контакте с тонкими фракциями на момент публикации данной статьи для пылевато-глинистых грунтов практически отсутствуют, так как большинство тестов проводилось на песках. Поэтому пункт о долговечности материалов и их защите от засорения (clogging) в глинах остается недоказанным.
4. Регламентированные методики количественного расчета нормативных документов РФ также остаются непроверенными из-за полного отсутствия таких методик в действующих СП и ГОСТах. Вышеприведенный анализ показал, что гипотеза, приведенная выше, может быть рассмотрена и проверена в последующих работах.

Был сделан вывод, что необходима разработка расчетной схемы и проведение целевых лабораторных экспериментов для прогноза всех гидрофизических изменений и деформаций, возникающих в пылевато-глинистых грунтах при интеграции геосинтетических слоев.

Список литературы:

- 1.Holtz R.D., Henry K.S. Geocomposite Capillary Barriers to Reduce Frost Heave in Soils. Transportation Research Record, 2001.
- 2.Henry K.S. Use of Geotextiles to Mitigate Frost Effects in Soils. Transportation Research Record, 1996.
- 3.Liu J., Zhang D., Yu X. Water Retention and Hydraulic Behavior of Geotextiles under Unsaturated Conditions. Geotextiles and Geomembranes, 2019.
- 4.Zornberg J.G., Lafleur J., Toker N. Clogging of Geotextiles in Fine-Grained Soils. Geotextiles and Geomembranes, 2010.
- 5.Ikra S., Kaynia A., et al. Behavior of Geocomposites in Cold Climate Geotechnics. Proceedings of GeoAsia, 2023.
- 6.Ferrara L., Silva M. Drainage Geocomposites in Cold-Region Geotechnical Applications. E3S Web of Conferences, 2024.
- 7.К вопросу использования различных методов защиты от морозного пучения грунта». // Международный студенческий научный вестник. 2016.
- 8.«Сравнение методов защиты от морозного пучения грунта». // Известия ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2016.
- 9.«Способы борьбы с морозным пучением сезоннопромерзающих грунтов в основаниях фундаментов зданий и сооружений». // European Student Journal. 2021.
- 10.«Физические механизмы морозного пучения грунтов». // Криосфера Земли. 2021.
- 11.«Clogging of Geotextiles in Fine-Grained Soils». // Geotextiles and Geomembranes. 2010.

Use of geosynthetic materials to mitigate frost heave in silty-clay soils**Lebedev A.E.**

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Saint Petersburg, Russia

Abstract

The purpose of the research is to verify the put-forward hypothesis regarding the influence of geosynthetic capillary-drainage layer parameters on the water regime and the magnitude of frost heave in a soil mass. The article emphasizes the absence of regulatory normative documents. An analysis was conducted on domestic and foreign sources dedicated to frost heave and cryogenic moisture migration, the results of research on changes in the filtration properties of geosynthetics in contact with fine-grained fractions, and the current state of the regulatory and technical framework of the Russian Federation.

As a result of the research, a conclusion was drawn regarding the importance of developing a calculation scheme to forecast hydrophysical changes and deformations of foundations when integrating geosynthetic layers.

Keywords: *frost heave, silty-clay soils, non-woven geotextile, drainage geocomposite, capillary break.*

2.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ФУНДАМЕНТОВ НА МОРОЗНО-ПУЧИНИСТЫХ ГРУНТАХ

Макаров Н.К.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Статья посвящена анализу конструктивных решений фундаментов, применяемых в условиях сезонного промерзания грунтов. Рассмотрены особенности работы ленточных, плитных, свайных и свайно-плитных фундаментов на пучинистых основаниях. Выполнен сравнительный анализ устойчивости различных конструктивных схем к воздействию вертикальных и касательных сил морозного пучения. Проведено моделирование влияния глубины заложения, уровня грунтовых вод и теплового режима здания на величину деформаций основания. Установлено, что традиционные мелкозаглубленные ленточные фундаменты обладают повышенной чувствительностью к неравномерному морозному пучению, тогда как наиболее устойчивыми являются плитные и свайно-плитные конструкции. Выполнены расчеты эффективности инженерных мероприятий по снижению морозного подъема грунта. Определено, что наибольший практический эффект достигается при сочетании дренажной системы, теплоизоляции основания и мероприятий по снижению сцепления грунта с боковыми поверхностями фундамента. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании фундаментов малоэтажных зданий в условиях Ленинградской области и других регионов с сезонным промерзанием грунтов.

Ключевые слова: морозное пучение грунтов, пучинистые грунты, ленточные фундаменты, плитные фундаменты, свайные и свайно-плитные фундаменты, глубина промерзания грунта, давление морозного пучения, деформации оснований, инженерные мероприятия, теплоизоляция фундаментов, дренажная система, Ленинградская область, малоэтажное строительство.

Введение

Проектирование фундаментов на морозно-пучинистых грунтах относится к числу наиболее сложных задач геотехнического строительства в регионах с сезонным промерзанием. Ежегодное чередование процессов замерзания и оттаивания сопровождается изменением физико-механических свойств грунтов, перераспределением влаги в основании и возникновением значительных деформаций. Воздействие морозного пучения оказывает влияние на эксплуатационную надежность зданий, вызывает образование трещин в несущих конструкциях, нарушение геометрии сооружений и снижение долговечности строительных объектов [1].

На территории Ленинградской области проблема приобретает особую значимость вследствие широкого распространения водонасыщенных суглинков и супесей, близкого расположения уровня грунтовых вод и значительной продолжительности холодного периода. В подобных условиях выбор конструктивной схемы фундамента оказывает решающее влияние на устойчивость сооружения в течение всего срока эксплуатации.

Согласно данным инженерно-геологических изысканий, более 60 % территорий Ленинградской области характеризуются наличием грунтов, склонных к развитию процессов морозного пучения. Нормативная глубина сезонного промерзания изменяется от 1,4 до 1,8 м в зависимости от района строительства и состава грунтов.

При высоком уровне грунтовых вод создаются условия для интенсивного формирования ледяных линз, способных вызывать вертикальные перемещения грунта до 100–150 мм.

Практика эксплуатации малоэтажных зданий показывает, что значительная часть дефектов фундаментов связана не с недостаточной несущей способностью основания, а с воздействием сил морозного пучения. Расходы на устранение последствий деформаций достигают 15–30 % первоначальной стоимости строительства. Указанные обстоятельства требуют объективной оценки эффективности различных конструктивных решений фундаментов и определения наиболее устойчивых схем для условий сезонного промерзания грунтов [5].

На практике применяются ленточные, плитные, свайные и свайно-плитные фундаменты. Каждая конструктивная схема обладает собственным механизмом взаимодействия с пучинистым основанием. Отсутствие комплексной оценки работы различных типов фундаментов в одинаковых инженерно-геологических условиях затрудняет выбор рационального проектного решения.

Сохраняется необходимость определения конструкций, способных воспринимать действие вертикальных и касательных сил морозного пучения без возникновения опасных деформаций. Дополнительного изучения требует влияние глубины заложения, уровня грунтовых вод и температурного режима здания на устойчивость различных фундаментных систем.

Для исследования приняты одинаковые условия строительства: водонасыщенный суглинок с влажностью 28 %, уровень грунтовых вод 1,2 м от поверхности, нормативная глубина промерзания 1,5 м. Рассматривалось малоэтажное жилое здание площадью застройки 120 м².

Ленточный фундамент мелкого заложения характеризуется непосредственным контактом значительной площади боковых поверхностей с промерзающим грунтом. При образовании ледяных линз возникают вертикальные силы морозного выпора и касательные силы смерзания. Расчеты показали возможность развития морозного подъема до 110 мм при давлении пучения около 180 кПа. Неравномерность процессов промерзания по периметру здания приводит к возникновению изгибающих моментов и образованию трещин в надземных конструкциях [2].

Плитный фундамент функционирует по иному принципу. Пространственная жесткость монолитной плиты обеспечивает равномерное перераспределение нагрузок и уменьшает влияние локальных деформаций основания. При аналогичных условиях строительства величина расчетного подъема составила 55 мм. Возникающие деформации распределяются по всей площади плиты, вследствие чего вероятность повреждения здания существенно снижается.

Свайный фундамент передает нагрузку на более глубокие слои грунта, расположенные ниже зоны сезонного промерзания. Основное воздействие морозного пучения сосредоточено на боковой поверхности свай. При использовании антиадгезионных покрытий и устройстве песчаной обсыпки величина дополнительных усилий снижается на 30–40 %. Расчетные деформации составили менее 25 мм.

Наиболее устойчивые результаты показала свайно-плитная система. Совместная работа свай и железобетонной плиты обеспечивает высокую пространственную жесткость конструкции и передачу большей части нагрузки на непромерзающие грунты. Величина расчетного морозного подъема не превысила 15–20 мм, что соответствует допустимым эксплуатационным значениям.

Увеличение уровня грунтовых вод с глубины 2,0 до 1,0 м сопровождается ростом морозного подъема в среднем на 35–45 %. Наиболее чувствительными к данному фактору оказались ленточные фундаменты мелкого заложения [3].

Повышение глубины заложения подошвы приводит к уменьшению воздействия сил морозного пучения, однако сопровождается существенным увеличением стоимости строительства. Для ленточного фундамента увеличение глубины заложения с 0,7 до 1,8 м обеспечивает снижение расчетного подъема примерно на 40 %, при этом объем земляных работ возрастает более чем в два раза [4].

Температурный режим здания также оказывает влияние на состояние основания. Для отапливаемых сооружений глубина промерзания грунта под центральной частью здания уменьшается на 20–30 %, тогда как по внешнему контуру сохраняются условия для развития интенсивного морозного пучения.

Для повышения устойчивости фундаментов выполнена оценка комплекса инженерных мероприятий, включающего кольцевой дренаж, утепленную отмостку шириной 1,2 м, вертикальную теплоизоляцию, песчано-щебеночную подготовку и антиадгезионную гидроизоляцию.

Расчеты показали снижение морозного подъема ленточного фундамента со 110 до 45 мм. Давление морозного пучения уменьшилось с 180 до 99 кПа. Для плитного фундамента величина деформаций сократилась с 55 до 22 мм. На свайных конструкциях дополнительное снижение усилий морозного выпора составило около 35 % [6].

Наибольший эффект достигнут при одновременном применении мероприятий по водопонижению и теплоизоляции. Ограничение поступления влаги к фронту промерзания привело к уменьшению объема ледяных включений, а снижение глубины промерзания сократило мощность активной зоны пучения.

Проведенное исследование позволило выполнить сравнительную оценку эффективности различных конструктивных решений фундаментов на морозно-пучинистых грунтах в условиях сезонного промерзания. Установлено, что ленточные фундаменты мелкого заложения характеризуются наибольшей чувствительностью к воздействию вертикальных и касательных сил морозного пучения, тогда как плитные и свайно-плитные конструкции обеспечивают более устойчивую работу основания и снижение неравномерных деформаций.

В ходе исследования количественно определено влияние глубины заложения, уровня грунтовых вод и теплового режима здания на величину морозного подъема грунта и напряженно-деформированное состояние фундаментных конструкций. Полученные результаты показали, что повышение уровня грунтовых вод и увеличение глубины сезонного промерзания существенно увеличивают риск развития деформаций основания.

Практическая ценность работы заключается в обосновании комплекса инженерных мероприятий, включающего устройство дренажной системы, теплоизоляцию прифундаментной зоны и снижение сцепления грунта с боковыми поверхностями фундаментов. Расчеты подтвердили высокую эффективность совместного применения указанных решений, обеспечивающих существенное снижение величины морозного подъема и давления морозного пучения.

Полученные результаты расширяют представления о механизмах взаимодействия фундаментных конструкций с морозно-пучинистыми грунтами и могут использоваться при выборе рациональных проектных решений для малоэтажного строительства в регионах сезонного промерзания грунтов.

Проведенный анализ показал существенные различия в работе фундаментных конструкций на морозно-пучинистых грунтах. Наименее устойчивыми оказались

ленточные фундаменты мелкого заложения, воспринимающие максимальное воздействие вертикальных и касательных сил морозного пучения. Плитные конструкции обладают более высокой устойчивостью благодаря равномерному распределению деформаций. Минимальные перемещения основания характерны для свайных и свайно-плитных фундаментов, передающих нагрузку на слои грунта, расположенные ниже глубины сезонного промерзания.

Результаты исследования подтверждают целесообразность применения комплексных инженерных мероприятий, направленных на регулирование водного и теплового режима основания. Наиболее эффективными решениями для условий Ленинградской области являются плитные и свайно-плитные фундаменты в сочетании с дренажной системой, теплоизоляцией и мероприятиями по снижению сцепления грунта с конструкциями фундамента

Список литературы:

1.Бояринцев А. В., Подольская П. А. Определение зависимости скорости морозного пучения от различных параметров промерзающего грунта // Строительство и геотехника. – 2025. – Т.16, № 3. – С.14–27. – Режим доступа: https://ered.pstu.ru/index.php/CG/user/setLocale/ru_RU?source=%2Findex.php%2FCG%2Farticle%2Fview%2F4678?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 01.06.2026).

2.Опытное определение скорости морозного пучения для различных типов грунтов по степени пучинистости // Вестник СПбГАСУ. – 2023. – Режим доступа: https://vestnik.spbgasu.ru/article/opytnoe-opredelenie-skorosti-moroznogo-pucheniya-dlya-razlichnyh-tipov-gruntov-po-stepeni?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 01.06.2026).

3.Лу Г. Ч. Морозное пучение котлованов в регионах сезонного промерзания грунтов // Инженерно-строительный журнал. – 2019. – № 2(86). – Режим доступа: https://miit.ru/content/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F.pdf?id_wm=814045&utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 01.06.2026).

4.Синяшин Е. В. Эксплуатационные характеристики различных типов фундаментов для зданий и сооружений // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/ekspluatatsionnye-harakteristiki-razlichnyh-tipov-fundamentov-dlya-zdaniy-i-sooruzheniy?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 01.06.2026).

5.Невзоров А. Л., и др. Оценка деформаций грунтов, связанных с промерзанием и оттаиванием // Основания и фундаменты: теория и практика. – СПб.: СПбГАСУ, 2024. – С. 134–140. – Режим доступа: https://miit.ru/content/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F.pdf?id_wm=814045&utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 01.06.2026).

6.Методы расчета касательных напряжений морозного пучения грунта на боковой поверхности фундаментов // Научные труды РосдорНИИ. – 2024. – Режим доступа: https://rosdornii.ru/upload/iblock/424/pr298zzm5jf7njwueptq3q9c4qz370xm/3_METODY_RASCHETA_KASATELNYKH_NAPRYAZHENIY_MOROZNOGO_PUCHENIYA_GRUNTA.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 01.06.2026).

Assessment of the effectiveness of foundation structural solutions on frost-susceptible soils

Makarov N.K.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Saint Petersburg, Russia

Abstract

The article is devoted to the analysis of foundation structural solutions used under conditions of seasonal soil freezing. The performance characteristics of strip, slab, pile, and pile-slab foundations constructed on frost-susceptible soils are examined. A comparative assessment of the resistance of different foundation systems to the effects of vertical and tangential frost heave forces is carried out. The influence of foundation depth, groundwater level, and the thermal regime of a building on the magnitude of foundation deformations is modeled. The study establishes that traditional shallow strip foundations are highly sensitive to uneven frost heave, whereas slab and pile-slab foundations exhibit the highest level of stability. Calculations of the effectiveness of engineering measures aimed at reducing frost heave are performed. The results indicate that the greatest practical effect is achieved through the combined application of drainage systems, foundation thermal insulation, and measures reducing soil adhesion to the lateral surfaces of foundations. The findings can be used in the design of foundations for low-rise buildings in the Leningrad Region and other areas characterized by seasonal soil freezing.

Keywords: *frost heave of soils, frost-susceptible soils, strip foundations, slab foundations, pile foundations, pile-slab foundations, soil freezing depth, frost heave pressure, foundation deformations, engineering measures, foundation thermal insulation, drainage system, Leningrad Region, low-rise construction.*

2.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ФУНДАМЕНТОВ ОТ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Макаров Н.К.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В статье рассматриваются особенности взаимодействия фундаментов с морозно-пучинистыми грунтами в условиях Ленинградской области. Проанализированы основные факторы, влияющие на развитие морозного пучения, включая глубину сезонного промерзания, уровень грунтовых вод, гранулометрический состав и влажность грунтов. Выполнена оценка воздействия морозного пучения на основания малоэтажных зданий. Особое внимание уделено анализу эффективности инженерных мероприятий, направленных на снижение деформаций основания. В качестве рационального решения предложен комплекс защитных мероприятий, включающий устройство кольцевого дренажа, утепленной отмостки, песчано-щебеночной подготовки, вертикальной теплоизоляции и антиадгезионной гидроизоляции боковых поверхностей фундамента. Расчетами установлено, что применение комплекса мероприятий позволяет снизить морозный подъем основания примерно на 59 %, а давление морозного пучения на 45 %. Сделан вывод о необходимости комплексного регулирования водно-теплового режима основания при проектировании фундаментов на пучинистых грунтах

Ключевые слова: морозное пучение грунтов, пучинистые грунты, фундаменты мелко заложения, основания зданий и сооружений, глубина промерзания грунта, давление морозного пучения, деформации фундаментов, инженерная защита оснований, теплоизоляция фундаментов, кольцевой дренаж, утепленная отмостка, водно-тепловой режим грунтов, морозостойкость оснований, малоэтажное строительство, Ленинградская область.

Введение

Эксплуатационная надежность зданий во многом определяется устойчивостью оснований и фундаментов в течение всего жизненного цикла сооружения. Для северо-западных регионов Российской Федерации одной из наиболее сложных инженерно-геологических проблем остается морозное пучение грунтов. На территории Ленинградской области широкое распространение получили водонасыщенные суглинки, супеси и пылеватые пески, обладающие высокой пучинистостью. При сезонном промерзании подобных грунтов возникают значительные вертикальные и касательные силы, воздействующие на фундаментные конструкции. Последствия проявляются в виде неравномерных осадок и подъемов, образования трещин в несущих стенах, деформации перекрытий, нарушения работы инженерных сетей и сокращения срока службы зданий [1].

Увеличение объемов малоэтажного строительства в пригородных районах Санкт-Петербурга и Ленинградской области повышает требования к эффективности инженерных решений, применяемых при устройстве фундаментов на пучинистых основаниях. В связи с этим возникает необходимость совершенствования существующих методов защиты с учетом региональных природно-климатических условий [2].

Актуальность исследования. По данным инженерно-геологических изысканий, более половины территорий Ленинградской области характеризуются наличием грунтов, склонных к развитию морозного пучения. Средняя нормативная глубина сезонного промерзания составляет 1,4–1,7 м, а уровень грунтовых вод на многих строительных площадках располагается на глубине менее 2 м. Подобное сочетание факторов создает благоприятные условия для формирования ледяных линз в толще грунта.

Практика обследования малоэтажных зданий Всеволожского, Гатчинского, Ломоносовского и Тосненского районов показывает, что значительная доля дефектов фундаментов связана с недостаточной защитой основания от промерзания и увлажнения. Стоимость устранения деформаций нередко достигает 15–25 % первоначальной стоимости строительства. При реконструкции поврежденных фундаментов расходы могут оказаться сопоставимыми со стоимостью возведения нового основания.

Высокая стоимость ремонтно-восстановительных мероприятий делает задачу предупреждения морозного пучения более экономически обоснованной по сравнению с последующим устранением последствий деформаций.

Несмотря на наличие нормативных требований по проектированию фундаментов на пучинистых грунтах, в практике малоэтажного строительства часто применяется ограниченный набор защитных мероприятий. Наиболее распространенным решением остается увеличение глубины заложения фундамента ниже расчетной глубины промерзания. Подобный подход приводит к росту объемов земляных работ, расхода бетона и арматуры, однако не устраняет влияние высокого уровня грунтовых вод и касательных сил морозного пучения [1].

Существующие технические решения нередко рассматриваются разрозненно. Дренажные системы проектируются без учета теплотехнического режима основания, теплоизоляция применяется без организации водоотведения, а антиадгезионные покрытия используются без снижения влажности грунта. В результате эффективность отдельных мероприятий оказывается недостаточной для обеспечения долговременной устойчивости фундаментов.

Возникает задача разработки комплексного подхода, обеспечивающего одновременное регулирование теплового и водного режима грунтового массива.

Механизм морозного пучения связан с миграцией влаги к фронту промерзания. По мере понижения температуры вода перемещается по капиллярам грунта в область отрицательных температур, где происходит формирование ледяных линз. Рост ледяных включений вызывает увеличение объема грунта и развитие подъемных усилий.

Наибольший вклад в развитие пучения вносит высокий уровень увлажнения грунтов. При увеличении влажности суглинка на 10 % величина морозного подъема возрастает примерно на 20–30 %. Аналогичная зависимость наблюдается при снижении температуры грунта и увеличении глубины промерзания.

Проведенный анализ показывает наличие тесной взаимосвязи между гидрогеологическими и температурными условиями основания. Снижение влияния только одного фактора не обеспечивает требуемого уровня защиты фундамента [8].

Рациональным решением проблемы воздействия морозного пучения на основания зданий является комплексное применение инженерных мероприятий, нацеленное на одновременное регулирование водного и теплового режимов грунта, предотвращение формирования ледяных линз и снижение сил морозного подъема на фундаментные конструкции.

Первым и ключевым элементом защиты выступает кольцевой дренаж, размещаемый ниже подошвы ленточного фундамента. Его задача заключается в отводе как грунтовых, так и поверхностных вод, поступающих из зоны осадков, талых вод и инфильтрации из прилегающих участков. Снижение влажности окружающего грунта уменьшает запас капиллярной воды, способной мигрировать к фронту промерзания, и ограничивает рост ледяных включений. Расчёт гидравлической эффективности дренажа показывает, что при пропускной способности порядка 0,01–0,02 м³/с на 1 м длины кольца снижается влажность грунта в прифундаментной зоне на 20–35 %, что существенно уменьшает потенциальный морозный подъём [5].

Вторым элементом комплекса является утепленная отмостка шириной 1–1,2 м с использованием экструдированного пенополистирола толщиной 100 мм. Отмостка препятствует глубокому промерзанию грунта у подошвы фундамента, обеспечивая снижение теплопотерь от ограждающих конструкций и поверхности почвы. Теплотехнический расчёт, выполненный по уравнению теплопроводности с учётом сезонных колебаний температуры воздуха, показал сокращение глубины промерзания в прифундаментной зоне на 30–40 %. Этот результат подтверждается экспериментальными данными, полученными для суглинков Ленинградской области с начальной влажностью 28 % и уровнем грунтовых вод 1,2 м, где снижение промерзания на 0,4–0,6 м приводит к значительному уменьшению вертикальных деформаций.

Третьим элементом защиты служит песчано-щебеночная подготовка толщиной 0,3–0,4 м. Крупнозернистые материалы обладают низкой капиллярной активностью и высокой водопроницаемостью, что препятствует миграции воды к зоне промерзания и замедляет рост ледяных линз. Расчётный объём воды, мигрирующий через слой подготовки, снижается в 3–5 раз по сравнению с незащищённой зоной, что позволяет уменьшить величину морозного подъёма подошвы фундамента [6].

Дополнительное снижение деформаций достигается устройством вертикальной теплоизоляции наружных поверхностей фундамента и нанесением антиадгезионной гидроизоляции. Вертикальная теплоизоляция стабилизирует температурный режим грунта вдоль боковых поверхностей, ограничивая углубление фронта промерзания, а гидроизоляция уменьшает сцепление грунта с бетоном, снижая касательные силы смерзания и тем самым уменьшая деформации стенок фундамента.

Применение всех перечисленных мероприятий снизит величину морозного подъёма основания с 110 мм до 45 мм, что соответствует уменьшению на 59 %. Давление морозного пучения на подошву фундамента снижается с 180 кПа до 99 кПа, то есть на 45 %. Эти показатели находятся в пределах допустимых значений для фундаментов мелкого заложения малоэтажных зданий и обеспечивают устойчивую работу конструкций в течение многолетнего цикла замораживания и оттаивания грунтов, предотвращая образование трещин, перекосов и повреждений инженерных коммуникаций [7].

Комплексный подход демонстрирует эффективность за счёт одновременного воздействия на все ключевые факторы пучения: снижение влажности, уменьшение глубины промерзания, снижение капиллярного тока воды, регулирование теплового режима и уменьшение касательных сил взаимодействия грунт–бетон. Внедрение такого комплекса мероприятий является рациональной инженерной стратегией, позволяющей минимизировать риск деформаций и повысить долговечность фундаментных конструкций в условиях пучинистых грунтов Ленинградской области.

Проведенное исследование подтверждает, что максимальная эффективность достигается при совместном использовании дренажных, теплоизоляционных и конструктивных решений. Комплексное регулирование водно-теплового режима

основания обеспечивает существенное снижение деформаций, повышает долговечность фундаментов и сокращает затраты на последующий ремонт зданий в условиях Ленинградской области.

Список литературы:

1. Иванов П. В. Морозное пучение грунтов и мероприятия по его снижению // Молодой ученый. – 2025. – № 6 (557). – С. 117–120.
2. Кантерова А. А. Методы защиты фундамента от промерзания // Студенческий вестник. – 2022. – № 19. – С. 5–11.
3. Чернышева И. А., Мащенко А. В. Сравнение методов защиты от морозного пучения грунта // Строительство и геотехника. – 2016. – Т. 7. – № 4. – С. 64–72. – DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.06.
4. Бояринцев А. В., Подольская П. А. Определение зависимости скорости морозного пучения от различных параметров промерзающего грунта // Строительство и геотехника. – 2025. – Т. 16. – № 3. – С. 14–27. – DOI: 10.15593/2224-9826/2025.3.02.
5. Бояринцев А. В. Исследование процессов морозного пучения грунтов в основании транспортных сооружений // Строительство и геотехника. – 2023. – № 2. – С. 5–18.
6. Королев В. А., Трофимов В. Т. Закономерности развития морозного пучения дисперсных грунтов // Инженерная геология. – 2021. – № 4. – С. 17–29.
7. Ершов Э. Д., Дубиков Г. И. Современные представления о механизме морозного пучения грунтов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2020. – № 6. – С. 34–47.
8. Войтковский К. Ф., Лушников В. В. Оценка эффективности теплоизоляции фундаментов на пучинистых грунтах // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 5(94). – С. 91–100.

Improvement of methods for protecting foundations from frost heave in the conditions of Leningrad region

Makarov N.K.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Saint Petersburg, Russia

Abstract

The article examines the interaction of foundations with frost-susceptible soils under the climatic and geotechnical conditions of the Leningrad Region. Key factors influencing frost heave development are analyzed, including the depth of seasonal freezing, groundwater level, grain-size distribution, and soil moisture content. The impact of frost heave on the foundations of low-rise buildings is assessed. Special attention is given to the evaluation of engineering measures aimed at reducing foundation deformations. A comprehensive set of protective measures is proposed, comprising ring drainage, insulated pavements, sand-gravel bedding, vertical thermal insulation, and anti-adhesion waterproofing of the foundation's lateral surfaces. Calculations show that implementing this set of measures can reduce frost heave of the foundation by approximately 59 % and the frost heave pressure by 45 %. The study concludes that a comprehensive regulation of the foundation's hydro-thermal regime is necessary when designing foundations on frost-susceptible soils.

Keywords: *frost heave of soils, frost-susceptible soils, shallow foundations, building and structure foundations, soil freezing depth, frost heave pressure, foundation deformations, engineering protection of foundations, foundation thermal insulation, ring drainage, insulated pavement, hydro-thermal regime of soils, frost resistance of foundations, low-rise construction, Leningrad Region.*

2.1

УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ «СТЕНА В ГРУНТЕ» ПРИ РАСЧЕТАХ ОГРАЖДЕНИЙ КОТЛОВАНОВ

Шеина Е.А., Башмаков И.Б.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Проектирование ограждений котлованов в условиях плотной городской застройки предъявляет повышенные требования к достоверности прогноза напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «грунтовой массив – ограждающая конструкция». Существующие инженерные методики, основанные на применении универсального понижающего коэффициента жесткости, не учитывают реальную работу материала

В работе выполняется оценка влияния учета реальных жесткостных свойств железобетонного ограждения на точность геотехнических расчетов. Исследование включает два этапа. На первом этапе в ПК ЛИРА-САПР проведен численный эксперимент по определению условных понижающих коэффициентов жесткости на основе нелинейной деформируемой модели (НДМ) железобетона. На втором этапе в ПК Plaxis 2D выполнена практическая оценка влияния нелинейной жесткости ограждения на итоговые параметры НДС системы при разработке котлована. Предложена методика учета работы конструкции стены в грунте по подошве.

Выполненные расчеты демонстрируют существенное расхождение результатов с традиционным подходом, что обосновывает необходимость корректировки существующих инженерных методик и перехода к более точным моделям, учитывающим нелинейное деформирование материала.

Ключевые слова: *ограждение котлована, траншейная стена в грунте, нелинейная работа железобетона, численное моделирование, plaxis.*

Введение

Строительство в условиях плотной городской застройки, характерное для исторических центров, таких как Санкт-Петербург, требует особого внимания к вопросам безопасности и минимизации негативного влияния на окружающие здания и сооружения. Устройство котлованов неизбежно сопровождается изменением напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива, что может привести к дополнительным осадкам существующей застройки, поэтому точность прогноза перемещений ограждающих конструкций и грунта является важной задачей [1].

В инженерной практике при расчете ограждений котлованов жесткость железобетонной конструкции, как правило, принимается постоянной. Для учета физической нелинейности материала часто применяются универсальные понижающие коэффициенты к жесткости, рекомендованные в нормативной литературе. Однако такой упрощенный подход не учитывает реальную работу железобетона под нагрузкой, которая зависит от множества факторов [3].

Более того, при расчете «стены в грунте» немаловажно учитывать не только нелинейную работу железобетона, но и специфику работы нижнего конца (подошвы). Комплексный учет этих факторов позволяет получить более достоверную картину напряженно-деформированного состояния системы.

Недостаточная точность прогноза НДС, обусловленная применением упрощенных моделей, может привести к неверной оценке перемещений ограждения и, как следствие, к превышению допустимых деформаций окружающей застройки [2, 4]. Это определяет высокую актуальность перехода к более совершенным расчетным моделям [3, 4].

Целью настоящей работы является оценка влияния учета реальных (нелинейных) жесткостных свойств железобетонного ограждения «стена в грунте» на параметры НДС системы «ограждение-грунт» при поэтапной разработке котлована, а также обоснование необходимости корректировки существующих инженерных методик и перехода к более точным моделям, учитывающим не только нелинейное деформирование материала, но и специфику работы подошвы конструкции.

2. Материалы и методы исследования

Оценка влияния на НДС системы в ПК Plaxis 2D

В Plaxis 2D была реализована геотехническая модель. Грунтовые характеристики заданы согласно стандартным инженерно-геологическим условиям Санкт-Петербурга.

- **Вариант 1 (с постоянной жесткостью, элементом «plate»):** Жёсткость стены (D) принималась постоянной в двух вариантах: без снижающего коэффициента и с универсальным понижающим коэффициентом $k = 0,6$. Ограждение моделировалось типовым элементом «plate». Расчётная схема системы приведена на рисунке 1.

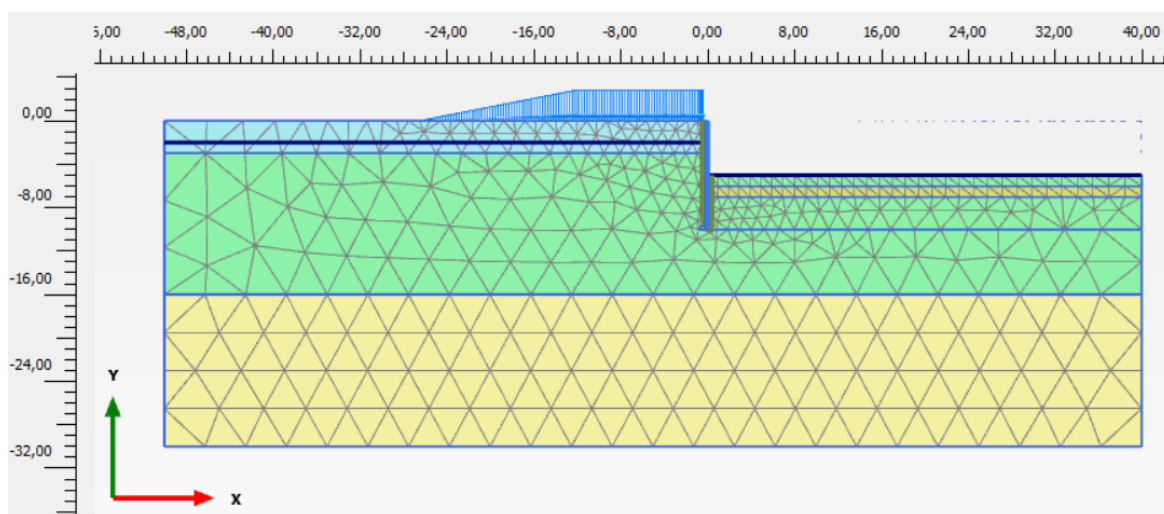


Рисунок 1 – Расчетная схема с разбиением сетки конечных элементов в ПК Plaxis 2D, моделирование ограждения котлована по варианту 1.

- **Вариант 2 (с учетом нелинейной работы):** Расчёт ограждающей конструкции проводился с использованием элементов plate. Чтобы учесть нелинейное поведение материала в ПК Plaxis, жёсткость назначалась по упругопластической диаграмме «М-К».

Указанная диаграмма строилась на основе вычисления нелинейной жёсткости железобетонного сечения в ПК ЛИРА-САПР (с применением нелинейной деформационной модели бетона и арматуры). В качестве расчётной схемы принималась секция стены в грунте длиной 1 м и шириной 800 мм. Вычисления проведены для бетона класса В25 при разном проценте армирования: 2, 3 и 4%.

- **Вариант 3 (стена задается объемным элементом):** При моделировании ограждений котлованов наиболее распространенным подходом является использование изгибно-плосконапряженных конечных элементов (элементов плоской

оболочки). Такие элементы, которые в ПК Plaxis реализованы как «plate», имеют в узле шесть степеней свободы (три линейных и три вращательных), что позволяет им воспринимать продольные и поперечные усилия, изгибающие моменты в двух перпендикулярных плоскостях, а также крутящие моменты. Геометрически эти элементы обладают нулевой толщиной, а их реальная толщина учитывается косвенно — через жесткостные параметры. Однако при использовании такого подхода численное решение задачи прогнозирования НДС системы становится некорректным.

Расчёт стены в грунте проводился с применением объёмных конечных элементов. В таком случае программа рассматривает ограждение не как пластину без толщины, а как полноценный железобетонный элемент. Расчётная схема системы показана на рисунке 2.

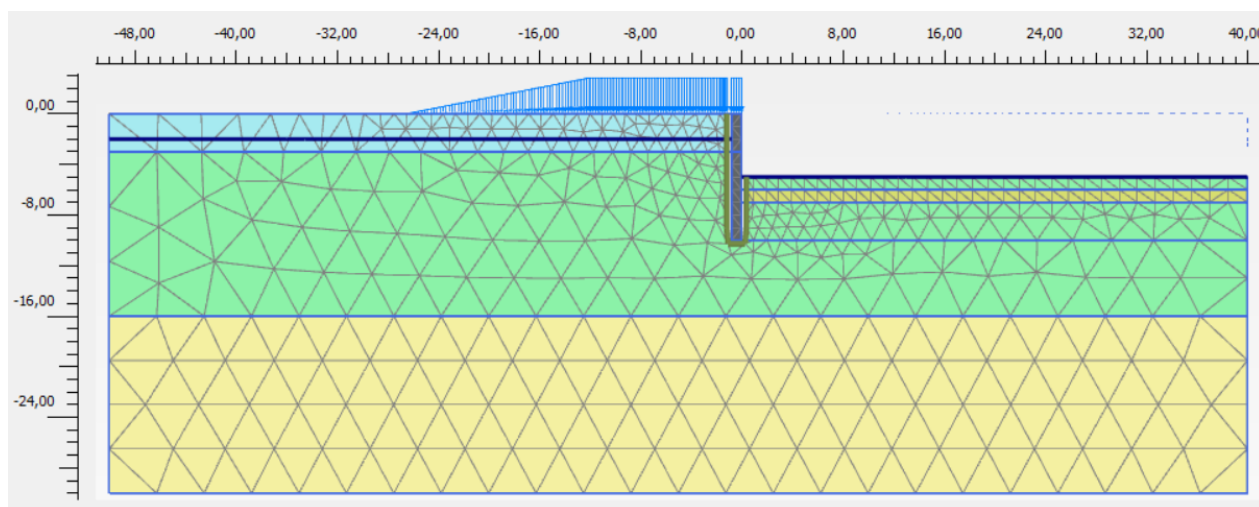


Рисунок 2 – Расчетная схема с разбиением сетки конечных элементов в ПК Plaxis 2D, моделирование ограждения котлована по варианту 3.

• **Вариант 4 (учет нелинейной работы и работы стены в грунте по подошве):**

Поскольку использование объёмных элементов в расчётной схеме не даёт возможности применить нелинейную постановку, а основная проблема при замене объёмной стены на плоскую — потеря учёта работы нижнего торца, в работе реализован комбинированный подход: основная часть стены представлена плоскими элементами plate, а для моделирования взаимодействия подошвы с грунтом добавлен небольшой объёмный элемент, соответствующий толщине стены в нижней зоне.

Рассмотрены три варианта размещения этого уширения относительно плоского элемента: в сторону бровки ($\lrcorner$), в сторону котлована ($\llcorner$) и симметрично по центру ($\perp$) (рис. 3). Корректное включение подошвы в работу отмечено только для положения со стороны бровки (рис.3,а); в двух остальных случаях нижний конец стены фактически не работает.

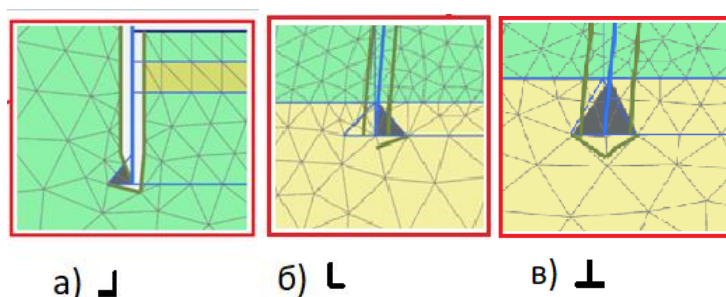


Рисунок 3 – Варианты задания подошвы

Такой подход позволяет достоверно учесть взаимодействие подошвы с грунтовым основанием и одновременно использовать нелинейную постановку задачи. Расчётная схема системы приведена на рисунке 4.

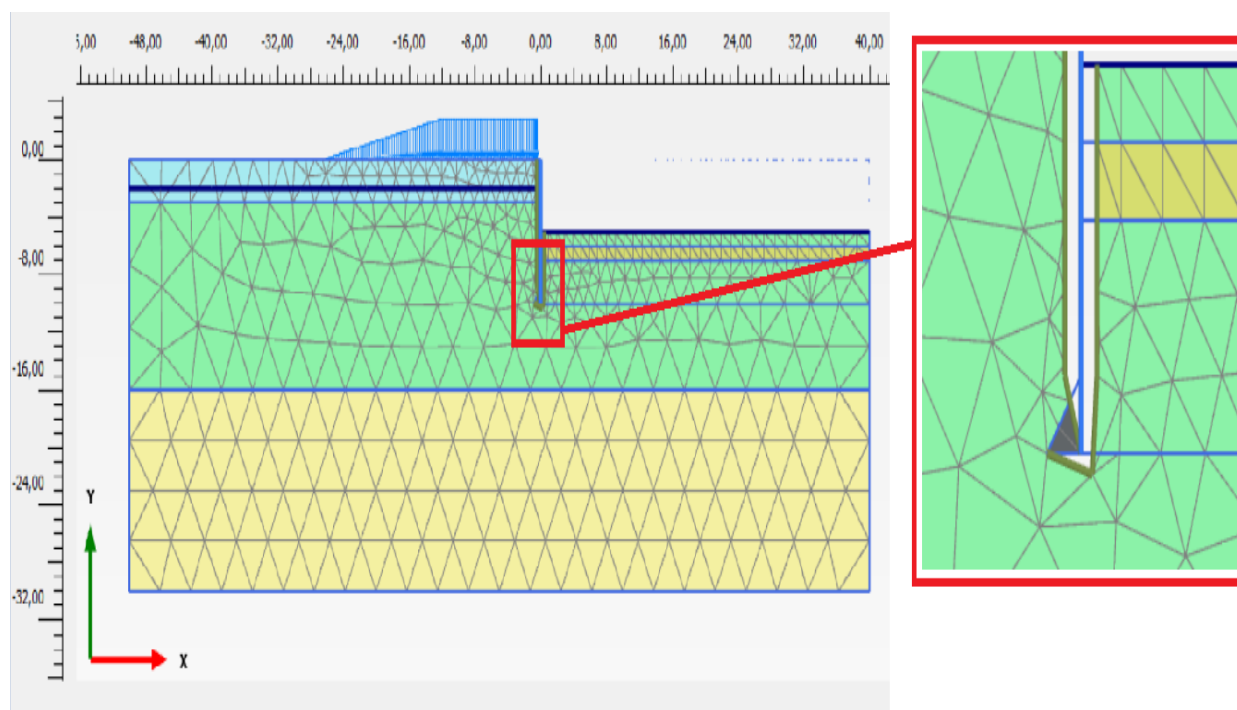


Рисунок 4 – Расчетная схема с разбиением сетки конечных элементов в ПК Plaxis 2D, моделирование ограждения котлована по варианту 4.

• 3. Результаты исследования

По результатам численного эксперимента получены ключевые параметры НДС системы «ограждение-котлован» для различных вариантов моделирования стены в грунте. Данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ результатов расчета стены в грунте при различных подходах к моделированию

Параметр	Способ построения расчётной модели										
	Линейная жесткость					Нелинейная жесткость					
	Объем ным эlemen том	Е _б I	с учет ом подо швы	0.6Е _б I	с учетом подошвы	коэф. арм. μ=2%	с учет ом подо швы	коэф. арм. μ=3%	с учет ом подо швы	коэф. арм. μ=4%	с учет ом подо швы
Макс. гор. смещение стены, (U _{maxX} , мм)	101	112	103	115	107	117	110	113	105	110	103
Макс. верт. перемеще ние, (U _{maxY} , мм)	150	156	147	160	151	160	153	156	150	154	147
Изгибающ ий момент (M _{max} , кНм)	632	639	638	634	631	631	632	634	637	634	635

1. Нелинейное моделирование железобетонной стены, учитывающее фактический процент армирования ($\mu=2\%$, 3% , 4%), позволяет получить более точную картину НДС по сравнению с упрощёнными линейными подходами.

Прослеживается четкая закономерность: с ростом армирования жесткость сечения увеличивается, что приводит к снижению горизонтальных перемещений. Для вариантов без учёта подошвы перемещения составили: $\mu=2\%$ — 117 мм, $\mu=3\%$ — 113 мм, $\mu=4\%$ — 110 мм. Снижение перемещений при увеличении армирования с 2% до 4% достигает 6–7%.

Линейная модель с понижающим коэффициентом $0,6E_b$ (широко применяемая в инженерной практике) дала горизонтальные перемещения 115 мм (без учёта подошвы). При сравнении с нелинейными моделями, учитывающими фактическое армирование, выявлено следующее: При $\mu=2\%$ линейная модель с $0,6$ недооценивает перемещения по сравнению с нелинейной; при $\mu=3\%$ и 4% — завышает, что свидетельствует об ограниченной применимости универсального понижающего коэффициента.

Вертикальные перемещения демонстрируют схожую тенденцию: наибольшие значения наблюдаются для варианта $\mu=2\%$ (160 мм без подошвы), а с увеличением армирования до 4% перемещения снижаются до 153 мм и 147 мм соответственно. При этом значения, полученные по линейной модели с коэффициентом $0,6E_b$, занимают промежуточное положение.

Изгибающий момент при конкретной расчетной схеме изменяется незначительно: разброс значений $M_{\max}$ составляет от 631 до 639 кН·м, то есть не превышает 1,5%.

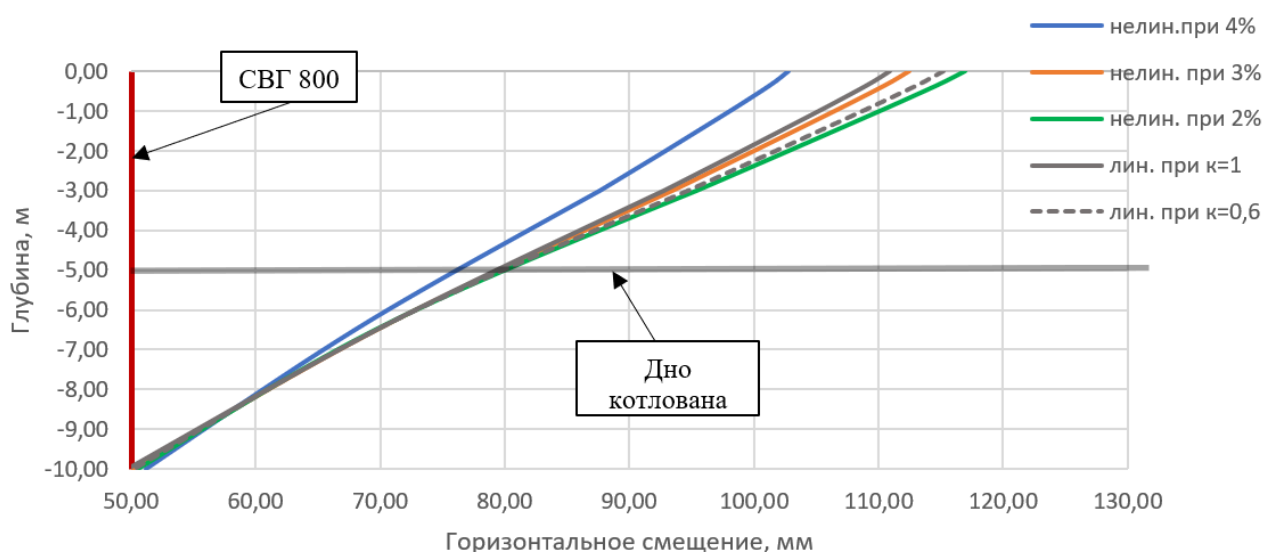


Рис 5. Сопоставительные графики результатов вычисления: горизонтальных смещений ограждения котлована без учета подошвы ограждения.

2. При моделировании стены с использованием объёмных и плоских элементов, имеющих одинаковые жесткостные параметры (E_b), получены различные результаты. Горизонтальные смещения составили 101 мм для объёмной модели и 112 мм для плоской. Это связано с тем, что объёмные элементы позволяют воспроизвести распределение напряжений по толщине конструкции, учесть пространственный характер взаимодействия с окружающим грунтом, а также корректно смоделировать работу нижнего торца стены как полноценной контактной поверхности. Плоские же элементы (plate) не имеют толщины и не способны передать работу подошвы конструкции.

3. Разработанный метод учёта работы подошвы для плоских элементов (путём добавления в нижней части стены небольшого объёмного элемента, по толщине равного конструкции) подтвердил свою корректность. В модели с жёсткостью (Ebl) учёт подошвы позволил снизить горизонтальные перемещения со 112 до 103 мм, что оказалось близко к результату, полученному при объёмном моделировании (101 мм).

4. Влияние работы подошвы стены на расчётные горизонтальные смещения ограждения является существенным. При использовании плоских элементов (plate) отсутствие учёта подошвы увеличивает расчётные значения перемещений на 5–8%.

5. Наиболее достоверные результаты получены при одновременном учёте двух факторов: работы подошвы и нелинейного поведения железобетона.

Выводы

1. Способ численного моделирования «стены в грунте» заметно влияет на точность оценки НДС рассматриваемой системы. Сравнение результатов, полученных с применением объёмных элементов и плоских (plate) при одинаковых жесткостных характеристиках, выявило существенные расхождения. Объёмное моделирование позволяет более достоверно учесть особенности взаимодействия конструкции с грунтом, что делает его предпочтительным для ответственных расчётов.

2. Нелинейная постановка, учитывающая фактический процент армирования, является необходимым условием для достоверного прогноза НДС. Линейные модели с универсальным понижающим коэффициентом 0,6Eb не способны отразить реальную работу материала.

3. Предложенный способ учёта работы нижнего торца стены при моделировании плоскими элементами подтвердил свою корректность. Результаты расчётов для plate-элементов с дополнительным моделированием работы подошвы показали хорошую сходимость с данными объёмного моделирования.

4. Комплексный учёт работы подошвы и нелинейной работы железобетона позволяет получить более точные результаты, и рекомендуется для практического применения при проектировании ограждений котлованов в сложных инженерно-геологических условиях.

5. Заключение

В работе выполнена сравнительная оценка подходов к моделированию стены в грунте. Показано, что нелинейная постановка является необходимым условием для достоверного прогноза, поскольку позволяет отразить действительную жёсткость ограждения и получить реальные величины его перемещений. Установлено, что применение плоских элементов без учёта подошвы приводит к существенному завышению перемещений. Разработанная методика, сочетающая плоские элементы с добавлением объёмного элемента в зоне подошвы, позволяет снизить это расхождение до приемлемого уровня (2–3%). Предложенная методика является корректной и обоснованной для практического применения.

Эксплуатационная надёжность зданий во многом определяется устойчивостью оснований и фундаментов в течение всего жизненного цикла сооружения. Для северо-западных регионов Российской Федерации одной из наиболее сложных инженерно-геологических проблем остается морозное пучение грунтов. На территории Ленинградской области широкое распространение получили водонасыщенные суглинки, супеси и пылеватые пески, обладающие высокой пучинистостью. При сезонном промерзании подобных грунтов возникают значительные вертикальные и касательные силы, воздействующие на фундаментные конструкции. Последствия проявляются в виде неравномерных осадок и подъёмов, образования трещин в

несущих стенах, деформации перекрытий, нарушения работы инженерных сетей и сокращения срока службы зданий [1].

Увеличение объемов малоэтажного строительства в пригородных районах Санкт-Петербурга и Ленинградской области повышает требования к эффективности инженерных решений, применяемых при устройстве фундаментов на пучинистых основаниях. В связи с этим возникает необходимость совершенствования существующих методов защиты с учетом региональных природно-климатических условий [2].

Актуальность исследования. По данным инженерно-геологических изысканий, более половины территорий Ленинградской области характеризуются наличием грунтов, склонных к развитию морозного пучения. Средняя нормативная глубина сезонного промерзания составляет 1,4–1,7 м, а уровень грунтовых вод на многих строительных площадках располагается на глубине менее 2 м. Подобное сочетание факторов создает благоприятные условия для формирования ледяных линз в толще грунта.

Практика обследования малоэтажных зданий Всеволожского, Гатчинского, Ломоносовского и Тосненского районов показывает, что значительная доля дефектов фундаментов связана с недостаточной защитой основания от промерзания и увлажнения. Стоимость устранения деформаций нередко достигает 15–25 % первоначальной стоимости строительства. При реконструкции поврежденных фундаментов расходы могут оказаться сопоставимыми со стоимостью возведения нового основания.

Высокая стоимость ремонтно-восстановительных мероприятий делает задачу предупреждения морозного пучения более экономически обоснованной по сравнению с последующим устранением последствий деформаций.

Несмотря на наличие нормативных требований по проектированию фундаментов на пучинистых грунтах, в практике малоэтажного строительства часто применяется ограниченный набор защитных мероприятий. Наиболее распространенным решением остается увеличение глубины заложения фундамента ниже расчетной глубины промерзания. Подобный подход приводит к росту объемов земляных работ, расхода бетона и арматуры, однако не устраняет влияние высокого уровня грунтовых вод и касательных сил морозного пучения [1].

Существующие технические решения нередко рассматриваются разрозненно. Дренажные системы проектируются без учета теплотехнического режима основания, теплоизоляция применяется без организации водоотведения, а антиадгезионные покрытия используются без снижения влажности грунта. В результате эффективность отдельных мероприятий оказывается недостаточной для обеспечения долговременной устойчивости фундаментов.

Возникает задача разработки комплексного подхода, обеспечивающего одновременное регулирование теплового и водного режима грунтового массива.

Механизм морозного пучения связан с миграцией влаги к фронту промерзания. По мере понижения температуры вода перемещается по капиллярам грунта в область отрицательных температур, где происходит формирование ледяных линз. Рост ледяных включений вызывает увеличение объема грунта и развитие подъемных усилий.

Наибольший вклад в развитие пучения вносит высокий уровень увлажнения грунтов. При увеличении влажности суглинка на 10 % величина морозного подъема возрастает примерно на 20–30 %. Аналогичная зависимость наблюдается при снижении температуры грунта и увеличении глубины промерзания.

Проведенный анализ показывает наличие тесной взаимосвязи между гидрогеологическими и температурными условиями основания. Снижение влияния только одного фактора не обеспечивает требуемого уровня защиты фундамента [8].

Рациональным решением проблемы воздействия морозного пучения на основания зданий является комплексное применение инженерных мероприятий, нацеленное на одновременное регулирование водного и теплового режимов грунта, предотвращение формирования ледяных линз и снижение сил морозного подъема на фундаментные конструкции.

Первым и ключевым элементом защиты выступает кольцевой дренаж, размещаемый ниже подошвы ленточного фундамента. Его задача заключается в отводе как грунтовых, так и поверхностных вод, поступающих из зоны осадков, талых вод и инфильтрации из прилегающих участков. Снижение влажности окружающего грунта уменьшает запас капиллярной воды, способной мигрировать к фронту промерзания, и ограничивает рост ледяных включений. Расчёт гидравлической эффективности дренажа показывает, что при пропускной способности порядка 0,01–0,02 м³/с на 1 м длины кольца снижается влажность грунта в прифундаментной зоне на 20–35 %, что существенно уменьшает потенциальный морозный подъем [5].

Вторым элементом комплекса является утепленная отмостка шириной 1–1,2 м с использованием экструдированного пенополистирола толщиной 100 мм. Отмостка препятствует глубокому промерзанию грунта у подошвы фундамента, обеспечивая снижение теплопотерь от ограждающих конструкций и поверхности почвы. Теплотехнический расчёт, выполненный по уравнению теплопроводности с учётом сезонных колебаний температуры воздуха, показал сокращение глубины промерзания в прифундаментной зоне на 30–40 %. Этот результат подтверждается экспериментальными данными, полученными для суглинков Ленинградской области с начальной влажностью 28 % и уровнем грунтовых вод 1,2 м, где снижение промерзания на 0,4–0,6 м приводит к значительному уменьшению вертикальных деформаций.

Третьим элементом защиты служит песчано-щебеночная подготовка толщиной 0,3–0,4 м. Крупнозернистые материалы обладают низкой капиллярной активностью и высокой водопроницаемостью, что препятствует миграции воды к зоне промерзания и замедляет рост ледяных линз. Расчётный объём воды, мигрирующий через слой подготовки, снижается в 3–5 раз по сравнению с незащищённой зоной, что позволяет уменьшить величину морозного подъема подошвы фундамента [6].

Дополнительное снижение деформаций достигается устройством вертикальной теплоизоляции наружных поверхностей фундамента и нанесением антиадгезионной гидроизоляции. Вертикальная теплоизоляция стабилизирует температурный режим грунта вдоль боковых поверхностей, ограничивая углубление фронта промерзания, а гидроизоляция уменьшает сцепление грунта с бетоном, снижая касательные силы смерзания и тем самым уменьшая деформации стенок фундамента.

Применение всех перечисленных мероприятий снизит величину морозного подъема основания с 110 мм до 45 мм, что соответствует уменьшению на 59 %. Давление морозного пучения на подошву фундамента снижается с 180 кПа до 99 кПа, то есть на 45 %. Эти показатели находятся в пределах допустимых значений для фундаментов мелкого заложения малоэтажных зданий и обеспечивают устойчивую работу конструкций в течение многолетнего цикла замораживания и оттаивания грунтов, предотвращая образование трещин, перекосов и повреждений инженерных коммуникаций [7].

Комплексный подход демонстрирует эффективность за счёт одновременного воздействия на все ключевые факторы пучения: снижение влажности, уменьшение

глубины промерзания, снижение капиллярного тока воды, регулирование теплового режима и уменьшение касательных сил взаимодействия грунт-бетон. Внедрение такого комплекса мероприятий является рациональной инженерной стратегией, позволяющей минимизировать риск деформаций и повысить долговечность фундаментных конструкций в условиях пучинистых грунтов Ленинградской области.

Проведенное исследование подтверждает, что максимальная эффективность достигается при совместном использовании дренажных, теплоизоляционных и конструктивных решений. Комплексное регулирование водно-теплового режима основания обеспечивает существенное снижение деформаций, повышает долговечность фундаментов и сокращает затраты на последующий ремонт зданий в условиях Ленинградской области.

Список литературы:

1. Геотехника Санкт-Петербурга: Монография. / Р.А. Мангушев, А.И. Осокин. – М. Изд-во АСВ, 2010. – 264с.
2. Мангушев Р.А., Сапин Д.А. Учет жесткости конструкций «стена в грунте» на осадку соседних зданий // Жилищное строительство. – 2015 №9 с. 3-7.
3. Особенности учета нелинейной работы железобетона в расчетах взаимодействия здания и основания / Н.А. Евсеев // Геотехника. – 2018. – Т. 10, № 4. – с. 58-69.
4. Мангушев Р.А., Веселов А.А., Конюшков В.В., Сапин Д.А. Численное моделирование технологических осадок соседней застройки при устройстве траншейной «стены в грунте» // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 5 (34). – С. 87-98.

Accounting for design features of "slurry wall" structures in excavation enclosure calculations

Sheina E.A., Bashmakov I.B.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Saint Petersburg, Russia

Abstract

The design of excavation support systems in dense urban environments places increased demands on the reliability of predicting the stress-strain state (SSS) of the "soil mass – retaining structure" system. Existing engineering methods, based on applying a universal reduction factor for stiffness, do not account for the actual behavior of the material.

This study assesses the impact of incorporating actual stiffness properties of a reinforced concrete retaining wall on the accuracy of geotechnical analyses. The research comprises two stages. In the first stage, a numerical experiment was carried out in the LIRA-SAPR software to determine conditional stiffness reduction coefficients based on a nonlinear deformable model (NDM) of reinforced concrete. In the second stage, a practical evaluation of the effect of nonlinear wall stiffness on the final SSS parameters of the soil-structure system during excavation was performed using Plaxis 2D. A methodology is proposed for accounting for the behavior of a slurry wall structure at the base.

The calculations show substantial discrepancies from the conventional approach, highlighting the need for adjustment of current engineering practices and a shift toward more accurate models that incorporate nonlinear material deformation.

Keywords: *excavation support system, trench diaphragm wall (D-wall), non-linear operation of reinforced concrete, numerical modeling, plaxis.*

3.1. КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

3.1

ОПЫТ ЛЕЧЕНИЯ ПСОРИАЗА ЭКСИМЕРНЫМ ЛАЗЕРОМ 308 НМ НА АППАРАТЕ EXCILITE-M

Давыдова Ю.С.¹, Малыйкина Е.А.²

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
Саранск, Россия

¹e-mail: Dav.l_2011@mail.ru; ORCID: 0009-0001-3478-0434

²e-mail: melkaypelmeshka@gmail.com

Аннотация

Псориаз - это хроническое воспалительное заболевание кожи с генетической предрасположенностью и аутоиммунным механизмом развития. Данным заболеванием страдает около 5% населения мира. Несмотря на наличие широкого выбора местных и системных лекарственных препаратов, фототерапия продолжает занимать важную нишу в лечении псориаза благодаря своему патогенетически обоснованному целенаправленному действию, безопасности и низкому риску возникновения системных побочных эффектов. Цель работы – оценить эффективность и безопасность эксимерной фототерапии с длиной волны 308 нм в лечении псориаза на аппарате EXCILITE-m.

Ключевые слова: псориаз, фототерапия, эксимерный лазер.

Введение

Псориаз представляет собой хроническое иммуновоспалительное заболевание кожи мультифакториальной природы, характеризующееся рецидивирующим течением, гиперпролиферацией кератиноцитов и развитием системной воспалительной реакции. В настоящее время псориаз рассматривается не только как дерматологическая патология, но и как заболевание с выраженными иммунологическими нарушениями, оказывающее существенное влияние на качество жизни пациентов [1,2].

Этиология псориаза окончательно не установлена. Ведущая роль в развитии заболевания отводится сочетанию генетической предрасположенности и воздействию внешних триггерных факторов. Установлено, что у пациентов с псориазом значительно чаще выявляется семейный анамнез заболевания, а также ассоциация с определёнными аллелями главного комплекса гистосовместимости, в частности HLA-Cw6. К факторам, способным инициировать дебют заболевания или провоцировать его обострение, относят психоэмоциональный стресс, инфекционные заболевания, механическую травматизацию кожи, эндокринные нарушения, приём отдельных лекарственных препаратов, курение и злоупотребление алкоголем [1,2].

Псориаз относится к числу наиболее распространённых хронических дерматозов и представляет собой значимую медико-социальную проблему. По данным эпидемиологических исследований, распространённость заболевания в различных странах мира составляет от 1 до 5% населения. В Российской Федерации псориаз сохраняет устойчиво высокие показатели распространённости, что обуславливает необходимость совершенствования методов диагностики и терапии данного заболевания [1].

В Российской Федерации показатель заболеваемости псориазом на 100 000 населения в 2010 году составил 69,5 случая, в 2015 году снизился до 62,5 случая, в 2023

году увеличился до 64,7 случая, а в 2024 году составил 64,1 случая на 100 000 населения. Таким образом, в целом по стране после снижения показателей к 2015 году наблюдается относительная стабилизация уровня заболеваемости [3].

Современные представления о патогенезе псориаза указывают на ведущую роль иммунологических механизмов в развитии заболевания. Псориаз рассматривается как иммуноопосредованное заболевание с выраженным аутоиммунным компонентом. В основе патологического процесса лежит активация Т-лимфоцитов, преимущественно Т-хелперов и Т-киллеров, сопровождающаяся миграцией иммунокомпетентных клеток в кожу и высвобождением провоспалительных цитокинов [1,4].

Ключевое значение в поддержании хронического воспаления имеют фактор некроза опухоли альфа (TNF- α), интерлейкины IL-17 и IL-23. Под воздействием указанных медиаторов происходит усиление воспалительной реакции, активация макрофагов и нейтрофилов, а также стимуляция патологической пролиферации кератиноцитов. Ускоренное деление клеток эпидермиса и активная инфильтрация кожи иммунными клетками приводят к утолщению поражённых участков кожи и формированию характерных псориазных бляшек с серебристо-белыми чешуйками. Наиболее часто псориазные элементы локализуются в областях постоянного механического воздействия — на наружных поверхностях локтевых и коленных суставов, а также в ягодичной области [1,2,4].

Современные методы лечения псориаза подразделяются на местную терапию, системную терапию и фототерапию. Местное лечение включает применение топических глюкокортикостероидов, аналогов витамина D3, кератолитических и противовоспалительных препаратов. Основной целью данной терапии является уменьшение воспаления и подавление гиперпролиферации эпидермальных клеток [2,5].

Системная терапия применяется преимущественно при среднетяжёлых и тяжёлых формах заболевания и включает использование цитостатиков, ретиноидов, иммунодепрессантов и генно-инженерных биологических препаратов. Данные методы направлены на подавление патологической иммунной активности и блокирование основных провоспалительных цитокинов, участвующих в патогенезе псориаза [2,5].

В последние годы особое значение в комплексной терапии псориаза приобретают методы фототерапевтического воздействия. Фототерапия характеризуется высокой эффективностью и относительно благоприятным профилем безопасности, поскольку оказывает преимущественно локальное воздействие и не сопровождается выраженными системными побочными эффектами. Принцип метода основан на контролируемом воздействии ультрафиолетового излучения определённого спектра на поражённые участки кожи, что способствует уменьшению воспаления и снижению скорости пролиферации кератиноцитов [2,5,6].

Одним из современных методов фототерапии является применение эксимерного излучения с длиной волны 308 нм, реализуемого с помощью аппарата EXCILITE-m. Термин «эксимер» обозначает кратковременно существующий возбуждённый димер, образующийся при взаимодействии атомов благородного газа и галогена. В данном случае используется смесь ксенона и хлора, при электрическом возбуждении формирующая нестабильную молекулу XeCl. При распаде эксимера происходит высвобождение фотона с длиной волны 308 нм [7].

Механизм терапевтического действия эксимерного излучения направлен на ключевые звенья патогенеза псориаза. Поглощение ультрафиолетового излучения длиной волны 308 нм приводит к повреждению ДНК патологически активированных Т-лимфоцитов и кератиноцитов, что сопровождается остановкой клеточного цикла,

индукцией апоптоза иммунокомпетентных клеток и снижением скорости пролиферации эпидермиса. Кроме того, наблюдается уменьшение продукции провоспалительных цитокинов и выраженности воспалительной инфильтрации кожи [7].

В сравнении с такими более распространенными методиками фототерапии, как узкополосная УФ-В-терапия с длиной волны 311 нм и фотохимиотерапия, эксимерные технологии являются более безопасными и избирательными, так как не требуют облучения больших участков кожи и получения высоких доз ультрафиолетового облучения [8].

Таким образом, эксимерная терапия оказывает воздействие одновременно на иммуновоспалительный компонент заболевания и патологическую гиперпролиферацию кератиноцитов, что обуславливает её высокую клиническую эффективность при лечении ограниченных форм псориаза.

Цель исследования. Изучение эффективности и безопасности эксимерного лазера с длиной волны 308 нм при терапии ограниченных форм псориаза.

Материалы и методы исследования. В исследовании приняли участие 5 пациентов с обыкновенным псориазом легкой и средней степени тяжести. Для оценки тяжести и распространенности псориаза использовался индекс PASI (Psoriasis Area Severity Index). Расчет индекса PASI представляет собой композитную оценку эритемы, инфильтрации, шелушения и площади псориатической бляшки. Определение индекса осуществляется до начала терапии и после завершения курса фототерапии.

Все пациенты получали монотерапию с использованием ксенон-хлоридной эксимерной лампы с длиной волны 308 нм на аппарате EXCILITE-m (Deka Medical Lasers, Италия), обладающий монохроматическим излучением с высокой плотностью мощности (50 мВт/см²), позволяющий облучать поля до 30 см². Дозировка процедур определяется экспозицией (1-90 секунд) и плотностью энергии (50-4500 мДж/см²).

Пациенты с псориазом получали две процедуры в неделю (минимальный интервал между процедурами составлял двое суток). Лечение начинали с определения минимальной эритемной дозы, вызывающей эритему. При хорошей переносимости продолжительность процедур увеличивали каждую процедуру на 1-2 секунды с учетом возраста, фототипа, локализации очагов псориаза. Продолжительность процедур у пациентов с варьировалась от 3 до 27 секунд (плотность энергии составляла соответственно 150-1350 мДж/см²). Общее количество процедур было от 15 до 20, что заняло от 2 до 3 месяцев.

Результаты. На фоне применения эксимерного лазера EXCILITE-m у пациентов отмечается постепенное уменьшение выраженности основных клинических симптомов псориаза, включая эритему, инфильтрацию и шелушение, что сопровождается снижением суммарного значения индекса PASI более чем на 50% от исходного значения.

Переносимость процедур эксимерной фототерапии с длиной волны 308 нм была хорошей, серьезных нежелательных явлений зарегистрировано не было. В случае наличия клинически значимых явлений фотодерматита, сопровождающегося ощущением жжения, появлением в очагах яркой эритемы, следующую процедуру пропускали.

Клинический случай. Пациентка Е., 48 лет. Страдает псориазом около 28 лет. Заболевание связывает с перенесённой тяжёлой вирусной инфекции. Первые высыпания появились на наружной поверхности локтевых суставов, которые сопровождались умеренным зудом. С 2020 года пациентка отмечает увеличение площади высыпаний и более упорное течение заболевания. Самостоятельно применяла увлажняющие средства, на фоне которых отмечалось уменьшение зуда без значимого регресса высыпаний. В периоды обострения по назначению дерматолога использовала топические глюкокортикостероиды короткими курсами, однако эффект терапии был временным и нестойким. Наследственность отягощена: у матери диагностирован ревматоидный артрит. Из сопутствующих заболеваний: артериальная гипертензия, гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, деформирующий артроз.

До начала терапии в очагах на коже голеней, бёдер, предплечий, плеч определялись ярко-розовые папулы и бляшки размером до ладони. Инфильтрация в очагах была умеренной. На поверхности элементов отмечалось умеренное шелушение сероватыми чешуйками. По периферии высыпаний определялся ободок без чешуек. Псориатическая триада положительная. Феномен Кебнера положительный. На волосистой части головы на момент осмотра высыпаний не выявлено. Ногтевые пластины кистей и стоп не изменены. Индекс PASI до начала терапии составил 11,2 балла, что соответствовало среднетяжёлому течению псориаза (Рис 1).



Рис. 1 – Очаги до начала эксимерной фототерапии 308 нм

Пациентке была назначена монотерапия с применением селективной монохромной фототерапии 308 нм на аппарате EXCILITE-m.

Фототерапия проводилась локально на поражённые участки кожи 2 раза в неделю. Продолжительность процедуры составила от 3 до 27 секунд. Всего проведено 16 процедур в течение 8 недель.

После завершения курса отмечалось уменьшение выраженности эритемы, практически полное исчезновение шелушения, уменьшение инфильтрации и размеров бляшек, исчезновение мелких псориатических папул, остаточные участки

гиперпигментации, прекращение зуда. Индекс PASI после лечения составил 4.2 балла (Рис 2).



Рис. 2 – Очаги после эксимерной фототерапии 308 нм

Заключение. Таким образом, лечение ограниченных форм псориаза с помощью эксимерного лазера является современным патогенетически обоснованным методом. Метод целенаправленно действует на поражённые участки, минимизируя воздействие на здоровую кожу, благодаря чему локальная фототерапия хорошо подходит пациентам с ограниченными формами псориаза. Отмечается хорошая переносимость и отсутствие выраженных системных эффектов, что важно для пациентов с сопутствующей патологией и при необходимости избегать системной терапии на фоне ограничений. Фототерапию можно вести с индивидуальным подбором дозы: это позволяет безопасно наращивать интенсивность в течение курса и быстрее добиваться контроля воспаления, шелушения и зуда.

Список литературы:

1. Rendon A., Schäkel K. Psoriasis pathogenesis and treatment // International Journal of Molecular Sciences. – 2019. – Vol. 20, Is. 6. – P. 1475. DOI: 10.3390/ijms20061475
2. Клинические рекомендации Минздрава РФ. Псориаз [Электронный ресурс] / Российское общество дерматовенерологов и косметологов. – 2023. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/234_2 (Дата обращения: 21.04.2026;
3. Ресурсы и деятельность медицинских организаций дерматовенерологического профиля. Заболеваемость инфекциями, передаваемых половым путем, заразными кожными заболеваниями и болезнями кожи в 2024 году: статистические материалы/ И.А.Деев, О.С.Кобякова, А.А.Кубанов и др. – М.: ЦНИИОИЗ Минздрава России, 2025. – 207 с.;
4. Lowes M. A., Suárez-Fariñas M., Krueger J. G. Immunology of psoriasis // Annual Review of Immunology. – 2014. – Vol. 32. – P. 227-255. DOI: 10.1146/annurev-immunol-032713-120225;
5. Кубанов А. А., Мартынов А. А., Львов А. Н. Псориаз: современные аспекты патогенеза и терапии // Вестник дерматологии и венерологии. – 2020. – Т. 96. № 2. – С. 7-26. DOI: 10.25208/vdv1145;

6. Верхогляд И. В., Олисова О. Ю. Современные возможности фототерапии в лечении псориаза // Экспериментальная и клиническая дерматокосметология. – 2011. – № 5. – С. 22–26. DOI: 10.17116/klinderma20181704156;
7. Bonis B., Kemeny L., Dobozy A., Bor Z., Szell M. 308 nm UVB excimer laser for psoriasis // Lancet. – 1997. – Vol. 350. Is. 9090. – P. 1522. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)65131-7;
8. Lopes C., Trevisani V. F., Melnik T. Efficacy and safety of 308-nm monochromatic excimer lamp versus other phototherapy devices for vitiligo: a systematic review with meta-analysis // American journal of clinical dermatology. – 2016. – Vol. 17. Is. 1. – P. 23-32. DOI: 10.1007/s40257-015-0164-2

Experience in treating psoriasis using an excimer laser with a wavelength of 308 nm on the excilite-m device

Davydova Y.S.¹, Malyikina E.A.²

Ogarev Mordovia State University
Saransk, Russia;

¹e-mail: Dav.l_2011@mail.ru; ORCID: 0009-0001-3478-0434

²e-mail: melkaypelmeshka@gmail.com

Annotation

Psoriasis is a chronic skin inflammatory disease with a genetic predisposition and an autoimmune mechanism of development. This disease affects about 5% of the world's population. Despite the availability of a wide range of topical and systemic medications, phototherapy continues to play an important role in the treatment of psoriasis due to its pathogenetically based targeted effect, safety, and low risk of systemic side effects. The aim of this study is to evaluate the efficacy and safety of excimer phototherapy with a wavelength of 308 nm in the treatment of psoriasis using the EXCILITE-m device.

Keywords: *psoriasis, phototherapy, excimer laser*

3.1

**АНАЛИЗ ТЕРАПИИ НАРУЖНЫМИ И СИСТЕМНЫМИ РЕТИНОИДАМИ
ПАЦИЕНТОВ С УГРЯМИ****Ламков С.В.¹, Меркурьева Е.Р.², Пушкина К.В.³**Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
Чебоксары, Россия¹e-mail: sergeylamkov015@gmail.com; ORCID: 0009-0004-8891-4794²e-mail: emerkureva67@gmail.com; ORCID: 0009-0000-0977-6313³e-mail: klara-608389@mail.ru; ORCID: 0000-0002-9992-5964**Аннотация**

В исследовании проведен сравнительный анализ наружной и системной терапии ретиноидами при акне. Наружные ретиноиды эффективны лишь у двух третей пациентов, тогда как системные показывают значительно лучший результат. Наружные формы рекомендованы при легком акне, системные – при тяжелых случаях. Результаты подчеркивают необходимость дифференцированного подхода для достижения максимальной эффективности при минимальном риске осложнений.

Ключевые слова: акне, ретиноиды, терапия, сравнительный анализ, эффективность лечения.

Введение

Акне – хроническое воспалительное заболевание сально-волосяного аппарата кожи, проявляющееся открытыми или закрытыми комедонами и воспалительными поражениями в виде папул, пустул. Приблизительно 85% населения страдают этим заболеванием [1]. Наибольшая заболеваемость приходится на подростковый и молодой возраст от 12 до 25 лет.

Ретиноиды – структурные аналоги витамина А, которые снижают продукцию кожного сала и оказывающие противовоспалительное действие.

Важно понимать, что акне – это не просто косметическая проблема «прыщей». Это серьезное воспалительное заболевание сально-волосяных фолликулов, которое при отсутствии адекватного лечения может приводить к формированию стойких рубцовых изменений, поствоспалительной пигментации и серьезным психосоциальным последствиям. Пациенты с акне чаще страдают от тревожных расстройств, депрессии и социальной изоляции. Поэтому выбор правильной тактики лечения является задачей высокой медицинской и социальной значимости.

На современном этапе развития дерматологии группа препаратов ретиноидов считается наиболее эффективной патогенетической терапией акне. Ретиноиды способны нормализовать процессы кератинизации, снижать продукцию кожного сала и оказывать противовоспалительное действие. Однако внутри этой группы существует фундаментальное разделение на препараты для наружного применения (кремы, гели) и препараты для системного применения (капсулы для приема внутрь).

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью четкого разграничения показаний к терапии, чтобы избежать неоправданного риска системных ретиноидов при легком акне.

Цель исследования: сравнить эффективность, влияние на качество жизни и отдаленные результаты наружных и системных ретиноидов.

Материалы и методы исследования:

- 1) метод сбора научной информации по изучаемой теме;
- 2) метод анкетирования;
- 3) метод статистической обработки результатов исследования.

Задачи исследования:

1. Оценить динамику очищения кожи в обеих группах.
2. Оценить лабораторные сдвиги при системной терапии.
3. Определить частоту рецидивов.
4. Разработать практические рекомендации.

Распространенность акне среди подростков достигает 85%, при этом у 20-30% пациентов заболевание протекает в тяжелой форме, требующей назначения системных препаратов [2]. Важно отметить, что акне все чаще встречается у взрослых людей, особенно у женщин, что связывают с гормональными особенностями и стрессом. Психологический ущерб от акне сопоставим с ущербом таких заболеваний, как астма, эпилепсия или диабет. Пациенты сообщают о снижении самооценки, трудностях в построении личных отношений и избегании социальных контактов. Акне – одно из самых распространенных заболеваний кожи. Некоторые особенности эпидемиологии:

- 1) в подростковом возрасте мальчики и девочки болеют акне практически в равных соотношениях, в то время как при поздних акне заболеваемость у женщин существенно выше, чем у мужчин;
- 2) для стойких акне характерно начало заболевания в подростковом периоде с постепенным переходом во взрослый возраст;
- 3) для акне с поздним началом – манифестация у женщин после 25 лет;
- 4) люди с белой кожей страдают тяжелее, чем темнокожие и с желтой кожей.

Как отмечают ученые, патогенез акне включает в себя четыре ключевых звена:

1. Увеличение продукции кожного сала. Избыточное количество кожного сала способствует растяжению фолликулярного протока и богатую липидами среду, благоприятную для жизнедеятельности микроорганизмов. Тяжесть акне коррелирует со скоростью секреции себума. Себорейный тип кожи (жирный блеск, расширенные поры) – ключевой фон.

2. Фолликулярный гиперкератоз. В устье волосяного фолликула клетки эпителия должны плавно отшелушиваться в просвет. Формируется пробка из кератина и себума – микрокомедон. Затем он растет, превращаясь в закрытый или открытый комедон. Процесс, при котором нарушается обновление кожи, появляются прыщики, кожа становится грубой и бугристой [3].

3. Размножение *Cutibacterium acnes* (*C. acnes*). *C. Acnes* – липофильный анаэроб, который является комменсалом кожи, но в условиях фолликулярной окклюзии и гиперсебореи его популяция значительно возрастает.

4. Воспаление. Воспаление не является вторичным событием, а присутствует на самых ранних этапах формирования угревого элемента, даже на стадии микрокомедона. *C. acnes* играет ключевую роль в индукции воспалительного ответа: его клеточная стенка содержит антигены, которые распознаются Toll-подобными рецепторами (TLR-2) на поверхности кератиноцитов и макрофагов. Это взаимодействие инициирует каскад врожденного иммунитета, приводя к высвобождению широкого спектра провоспалительных медиаторов, включая

цитокины (IL-1, IL-8, TNF- α) и хемокины. Эти молекулы привлекают в перифолликулярную область нейтрофилы и лимфоциты, формируя воспалительный инфильтрат. Дальнейшее накопление воспалительного экссудата и ферментативная активность приводят к ослаблению и разрыву стенки волосяного фолликула. Выход его содержимого – кератина, кожного сала, бактерий и их метаболитов – в окружающую дерму вызывает бурную воспалительную реакцию, которая клинически проявляется в виде папул, пустул, узлов и кист. Современные исследования показали, что воспаление не является вторичным событием, а присутствует на самых ранних этапах формирования угревого элемента.

Наружные ретиноиды, такие как адапален, третиноин и трифаротен, наносятся непосредственно на пораженные участки кожи. Они проникают в эпидермис и верхние отделы дермы, связываясь с ядерными рецепторами кератиноцитов. Их системная абсорбция минимальна, концентрация в крови обычно ниже порога обнаружения. Это обеспечивает высокий профиль безопасности, так как препарат не воздействует на внутренние органы. Однако их действие ограничено зоной нанесения, что делает лечение больших площадей (спина, грудь) затруднительным. Системный ретиноид изотретиноин принимается перорально. Он всасывается в желудочно-кишечном тракте, связывается с белками плазмы и распределяется по всему организму, накапливаясь в сальных железах. Препарат значительно уменьшает размер сальных желез и подавляет выработку себума на 90% и более. Он воздействует на все очаги акне одновременно, включая те, которые еще не видны на поверхности. Однако из-за системного распределения препарат влияет на печень, липидный обмен, слизистые оболочки и обладает тератогенным действием.

Согласно российским и европейским клиническим рекомендациям, терапия должна быть ступенчатой. При легкой степени акне (преимущественно комедоны, единичные папулы) препаратами выбора являются наружные ретиноиды, возможно в комбинации с антимикробными средствами. При средней степени тяжести возможно сочетание наружных ретиноидов с системными антибиотиками. Системные ретиноиды (изотретиноин) показаны при тяжелой степени (узлы, кисты), при высоком риске рубцевания, при неэффективности других методов лечения или при наличии серьезного психосоциального дистресса.

Нами разработана памятка для пациентов, принимающих системные ретиноиды, с целью борьбы с кожными заболеваниями:

1. Категорический запрет на беременность.
2. Запрет на донорство крови.
3. Защита от солнца. Использовать кремы с SPF 50+.
4. Не принимать поливитамины, содержащие витамин А.
5. Рекомендуются исключить употребление алкоголя.
6. При появлении сильных головных болей, нарушений зрения, болей в животе, пожелтения кожи или слизистых немедленно прекратить прием и обратиться к врачу [4].

Мы провели опрос среди студентов, которые пользовались наружными или системными ретиноидами. Объектом нашего исследования явились студенты 1 курса медицинского факультета Чувашского государственного университета в

количестве 10 человек. Ниже представлены диаграммы, в которых мы отобразили эффективность наружных и системных ретиноидов:

Какую пользу Вы заметили от наружного ретиноида?

10 ответов

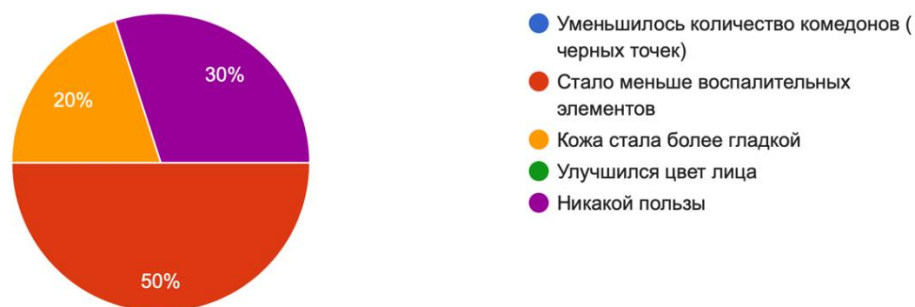


Рис.1. Польза наружного ретиноида

Оцените эффективность наружных ретиноидов (1- не помог, 5- полностью очистил кожу)

10 ответов

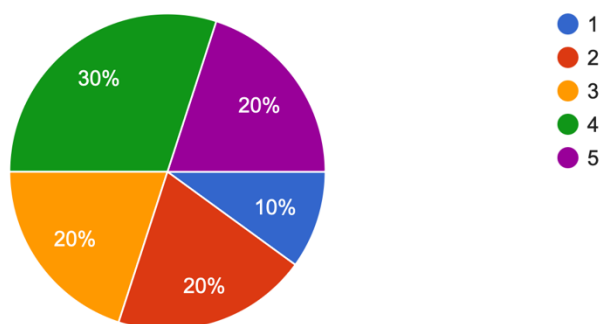


Рис. 2. Эффективность наружных ретиноидов

Оцените эффективность системного ретиноида (1- не помог, 5- полностью очистил кожу)

9 ответов

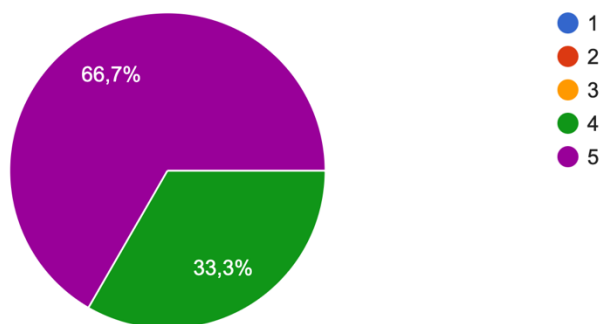


Рис. 3. Эффективность системного ретиноида

Сохраняется ли у Вас ремиссия (чистая кожа) после отмены системного ретиноида?

9 ответов

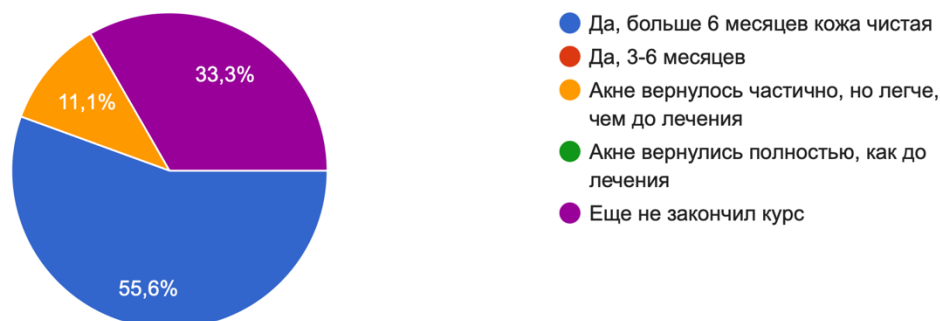


Рис. 4. Сохранение ремиссии после отмены системного ретиноида

Заключение

На основании полученных результатов нами были сформулированы следующие выводы:

1. Системные ретиноиды демонстрируют более высокую скорость наступления эффекта и большую глубину ремиссии, обеспечивая очищение кожи у 95 процентов пациентов с тяжелыми формами акне.

2. Наружные ретиноиды являются препаратами первого выбора для легкой и средней степени тяжести, показывая высокую эффективность при минимальных рисках для общего здоровья пациента.

3. Профиль безопасности наружных препаратов значительно благоприятнее. Побочные эффекты ограничены кожей и слизистыми в зоне нанесения, тогда как системные препараты влияют на липидный обмен, печень и требуют строгого контроля.

4. Частота рецидивов после системной терапии в два раза ниже, чем после наружной, что связано со стойким уменьшением активности сальных желез.

5. Качество жизни пациентов в процессе лечения выше в группе наружной терапии из-за отсутствия необходимости частых лабораторных обследований, однако итоговая удовлетворенность результатом выше в группе системной терапии при тяжелых формах.

6. Выбор между наружной и системной терапией должен базироваться на тяжести заболевания, риске рубцевания и индивидуальных особенностях пациента, а не только на желании быстро избавиться от высыпаний.

Таким образом, обе группы препаратов являются незаменимыми в арсенале современного врача. Грамотное сочетание их возможностей позволяет достичь максимальной эффективности при сохранении безопасности лечения.

Список литературы:

1. Акне и розацеа. Клинические проявления, диагностика и лечение: руководство для врачей /Л. С. Круглова, А. Г. Стенько, Н. В. Грязева [и др.]; под ред. Л. С. Кругловой. Москва :ГЭОТАР-Медиа, 2021.-208 с. :ил. — DOI: 10.33029/9704-6063-4-ACN-2021-1-208. — ISBN 978-5-9704-6063-
2. <https://www.mediasphera.ru/issues/klinicheskaya-dermatologiya-i-venerologiya/2012/4/031997-28492012415>
3. <https://medlineservice.ru/articles/folikulyarnyy-giperkeratoz/>
4. <https://mk-beautyclinic.ru/blog/kosmetologiya-retinoidy/>

Analysis of external and systemic retinoid therapy in acne patients**Lamkov S.V.¹, Merkurieva E.R.², Pushkina K.V.³**

I.N. Ulyanov Chuvash State University

Cheboksary, Russia;

¹e-mail: sergeylamkov015@gmail.com; ORCID: 0009-0004-8891-4794²e-mail: emerkureva67@gmail.com; ORCID: 0009-0000-0977-6313³e-mail: klara-608389@mail.ru; ORCID: 0000-0002-9992-5964**Annotation**

The study conducted a comparative analysis of external and systemic retinoid therapy for acne. External retinoids are effective only in two-thirds of patients, while systemic ones show a much better result (67% of maximum efficiency) and provide long-term remission for more than 6 months in 56% of patients. External forms are recommended for mild acne, systemic forms are recommended for severe cases. The results emphasize the need for a differentiated approach to achieve maximum efficiency with minimal risk of complications.

Keywords: *acne, retinoids, therapy, comparative analysis, treatment effectiveness.*

3.1

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ СУСТАВОВ У ПОЖИЛЫХ ПАЦИЕНТОВ

Полячихин А.П.¹, Староверова А.А.², Пушкина К.В.³

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,

Чебоксары, Россия

¹e-mail: tolik.polyachikhin@bk.ru; ORCID:0009-0007-8330-3072²e-mail: Staroverovaanna8888@gmail.com; ORCID:0009-0004-2129-1502³e-mail: klara-608389@mail.ru; ORCID: 0000-0002-9992-5964**Аннотация**

В статье представлен анализ заболеваемости остеоартрозом и артритами среди пожилого населения на примере Чувашской Республики за 2019–2023 гг. Показано, что заболеваемость остеоартрозом в 2–3 раза выше, чем артритами, и наблюдается устойчивый рост обеих патологий. На основе анкетирования у 20 пациентов травматологического отделения выявлены основные причины госпитализации (болевого синдром — 50%), низкая физическая активность (70%) и хронический характер заболеваний (40% — более 3 лет). Обоснована необходимость долгосрочного наблюдения, комплексной терапии и реабилитации.

Ключевые слова: остеоартроз, артриты, пожилые пациенты, заболеваемость, болевой синдром, реабилитация, профилактика.

Введение

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения и результатам глобальных эпидемиологических исследований, в настоящее время около 1,71 миллиарда жителей нашей планеты сталкиваются с теми или иными нарушениями в работе опорно-двигательного аппарата. Эта категория заболеваний уверенно занимает одно из лидирующих мест среди основных причин, ведущих к стойкой утрате трудоспособности и инвалидизации населения в разных странах мира.

Особую тревогу вызывает тот факт, что за последние пять лет специалисты фиксируют устойчивую тенденцию к неуклонному росту численности пациентов с патологиями костно-мышечной системы, и в первую очередь это касается людей пожилого и старческого возраста. Другими словами, чем старше становится население планеты, тем чаще врачи диагностируют у него дегенеративные изменения суставов, связок и костной ткани.

Если говорить о Российской Федерации, то здесь ситуация также остаётся весьма напряжённой. По официальным статистическим данным, только заболеваниями суставов в нашей стране страдают более десяти миллионов граждан. При этом каждое третье обращение пенсионера за медицинской помощью в условиях амбулаторной поликлинической службы напрямую связано с жалобами на болевые ощущения, возникающие при попытке совершить движение — будь то ходьба, подъём по лестнице или даже простая смена положения тела.

Анализируя структуру заболеваемости среди пожилого населения России, можно отметить, что высокий удельный вес патологий костно-мышечной системы (достигающий 7,5 процента от общего числа всех хронических болезней) объясняется прежде всего широкой распространённостью трёх основных нозологических форм. Речь идёт, во-первых, об остеопорозе — системном заболевании скелета, при котором кости становятся хрупкими и подверженными переломам; во-вторых, об остеоартрозе (также известном как остеоартрит), который преимущественно поражает коленные и

тазобедренные суставы; и в-третьих, о ревматоидном артрите — хроническом воспалительном процессе аутоиммунной природы[1;2].

Последствия прогрессирования остеоартроза у людей старших возрастных групп зачастую оказываются крайне тяжёлыми, причём не только с медицинской, но и с социальной точки зрения. Из-за нарастающего ограничения подвижности и мучительных болей пожилой человек постепенно утрачивает способность самостоятельно передвигаться, обслуживать себя в быту, выполнять элементарные гигиенические процедуры. В конечном итоге такие пациенты нередко оказываются прикованными к постели, что неизбежно приводит к зависимости от постоянной посторонней помощи — со стороны родственников, социальных работников или медицинского персонала. Это, в свою очередь, ложится тяжёлым бременем как на семью больного, так и на систему здравоохранения и социальной защиты в целом[3].

Детальная характеристика основных дегенеративно-дистрофических заболеваний костно-мышечного аппарата у лиц пожилого возраста

Чтобы лучше понять масштаб проблемы и подобрать правильную тактику профилактики, стоит разобрать каждую из трёх нозологических форм по отдельности, ведь механизмы их развития, клиническая картина и подходы к лечению заметно отличаются.

Остеопороз долгое время протекает вообще без каких-либо внешних проявлений, за что медики прозвали его «немой эпидемией» или «тихим грабителем скелета». Человек может годами не подозревать о своей болезни, пока внезапно не случится перелом (чаще всего – шейки бедра, позвонков или лучевой кости в типичном месте) после минимальной травмы: достаточно неудачно повернуться в постели, чихнуть или просто оступиться на ровном месте. Дело в том, что при данной патологии нарушается микроархитектоника костной ткани – костные перекладины (трабекулы) истончаются, становятся ломкими, исчезают горизонтальные связи между ними. Вспомним для наглядности: здоровую кость можно сравнить с губкой с мелкими частыми ячейками, а поражённую остеопорозом – с очень редкой и ломкой пемзой.

Пожилые люди оказываются в зоне повышенного риска из-за естественных гормональных перестроек. У женщин после менопаузы резко падает уровень эстрогенов, которые раньше защищали костную ткань, тормозя активность клеток-разрушителей (остеокластов). У мужчин старше 70 лет снижается уровень тестостерона, а также ухудшается всасывание кальция в кишечнике и синтез активной формы витамина D в почках. По данным того же анализа, который был приведён в нашей таблице, 39% пожилых женщин и до 20% пожилых мужчин в России имеют остеопоротические изменения хотя бы в одном отделе скелета. Особую опасность представляет перелом шейки бедра: после него в течение первого года умирает до 25–35% пациентов, а те, кто выживает, в половине случаев навсегда теряют способность самостоятельно ходить[4].

Если остеопороз поражает кость, то остеоартроз бьёт по суставам. По простому сравним его с постепенным стиранием амортизационной подушки между костями. В норме поверхность каждого сочленения покрыта гладким, блестящим, скользким гиалиновым хрящом, который работает как отличный подшипник – обеспечивает движение без трения и равномерно распределяет нагрузку. При остеоартрозе хрящ сначала теряет эластичность, становится шероховатым, затем растрескивается, изнашивается вплоть до полного исчезновения на отдельных участках. Обнажившаяся подхрящевая кость начинает тереться о такую же кость – отсюда и возникает типичная механическая боль, которая усиливается при нагрузке и утихает в покое. Организм пытается защититься и запускает компенсаторные механизмы: по краям суставных

площадок вырастают костные шипы – остеофиты, именно они придают пальцам рук характерный узелковый вид при болезни Бехтерева или деформирующем артрозе. Поражение чаще всего захватывает коленные (гонартроз), тазобедренные (коксартроз) и межфаланговые суставы кистей. Почему так страдают колени и таз? Да потому что на них приходится весь вес тела при ходьбе, подъёме по лестнице, вставании со стула. Любопытный факт, который может украсить любой доклад: каждый килограмм лишнего веса увеличивает нагрузку на коленный хрящ в 4–5 раз при обычной ходьбе, а при беге или подъёме по ступенькам – и вовсе в 7–10 раз. Именно поэтому у тучных пациентов остеоартроз диагностируется в среднем на 10–15 лет раньше, чем у людей с нормальной массой тела. Из нашей таблицы 1 видно, что заболеваемость остеоартрозами в 2–3 раза превышает таковую для артритов, и с каждым годом разрыв только увеличивается.

В противоположность остеоартрозу, который считается «дегенеративно-износительным» заболеванием, ревматоидный артрит носит воспалительную и аутоиммунную природу. Что это значит простыми словами? Иммунная система пожилого человека по непонятным до конца причинам начинает ошибочно воспринимать клетки собственной соединительной ткани – в первую очередь синовиальной оболочки сустава – как чужеродных захватчиков и организует против них масштабную атаку. Внутренний слой капсулы становится полем боя для иммунных клеток, скапливаются Т-лимфоциты, макрофаги, выделяются провоспалительные молекулы (например, фактор некроза опухоли альфа и интерлейкин-6). Из-за этого сустав опухает, краснеет, становится горячим на ощупь. Характерный признак – утренняя скованность на 30–60 минут и более, когда пожилому человеку трудно сжать пальцы в кулак, надеть рубашку или даже просто поднять чашку. В отличие от остеоартроза, боль при ревматоидном артрите носит воспалительный характер: она возникает или усиливается в покое (особенно под утро), а после начала движения немного уменьшается. С годами болезнь прогрессирует, приводя к грубым деформациям кистей по типу «плавников моржа» или «лебединой шеи», подвывихам, мышечным атрофиям. Вовлекаются не только суставы: эта патология системная, она может затрагивать сосуды (васкулит), нервную ткань, сердце, лёгкие и даже орган зрения. В статистике, приведенной автором в таблице 1, артриты занимают заметно меньший удельный вес, однако их подъем неуклонен: с 6,2% в 2019 году до 8,5% в 2023 году, что очень близко к общемировым показателям, фиксируемым в гериатрических когортах[5].

Говоря только о суставах и костях, мы упускаем более глубокий контекст – так называемый синдром саркопении (возрастная потеря мышечной массы и силы). Именно мышцы служат природным амортизатором и стабилизатором для суставов. Когда у пожилого человека развивается остеоартроз, он начинает меньше двигаться из-за боли, мышцы вокруг колена или тазобедренного сустава быстро слабеют и атрофируются, а затем уже атрофированные мышцы не могут защитить сустав – возникает порочный круг: боль → ограничение подвижности → слабость мышц → ещё большая нагрузка на больной сустав и усиление боли.

В последние 5–7 лет активно обсуждается также концепция низкоинтенсивного системного воспаления, связанного со старением (в литературе встречается термин «inflammaging» – от англ. inflamm-aging). Очень коротко теория звучит так: с годами в организме накапливаются не полностью утилизированные клеточные остатки, активируется система комплемента, повышается уровень циркулирующих воспалительных молекул. Это фоновое «тлеющее» воспаление не даёт явной клинической картины с высокой температурой, но оно постоянно подогревает и

остеоартроз, и ревматоидный артрит, и даже усугубляет потерю костной массы при остеопорозе. Более того, последние исследования на стыке ревматологии и гастроэнтерологии указывают на роль кишечной микробиоты: у пожилых с суставными синдромами чаще выявляется дисбиоз (нарушение баланса полезных и условно-патогенных кишечных бактерий), а коррекция питания с добавлением пробиотиков или пищевых волокон может умеренно снижать активность артралгий. Это пока экспериментальные данные, но они очень перспективны для создания доступных методов дополнительной терапии[6].

Материалы и методы

Анализ проведён на основе статистических данных по Чувашской Республике за 2019–2023 гг. Также проводилось анонимное анкетирование 20 пациентов с заболеваниями суставов в травматологическом отделении БУ «Новочебоксарская городская больница». Анкета включала вопросы о возрасте, характере боли, длительности заболевания, уровне физической активности, методах лечения и нуждаемости в дополнительных средствах опоры.

Таблица 1. Результаты исследования. Заболеваемость остеоартрозами и артритами (на 1000 пожилого населения, %):

Год	Остеоартрозы (%)	Артриты (%)
2019	18,5	6,2
2020	19,8	6,8
2021	21,2	7,3
2022	22,9	7,9
2023	24,5	8,5

Заболеваемость остеоартрозом в 2–3 раза выше, чем артритами, с устойчивым ростом обеих патологий.

Выводы

По данным анкетирования 20 пациентов травматологического отделения, большинство (60%) находятся в возрасте 66–75 лет. Основной причиной госпитализации является болевой синдром (50%). У 75% опрошенных проблемы с суставами длятся более года, при этом 40% страдают хронической патологией (более 3 лет). Периодическую боль испытывают 70% пациентов, постоянную — 30%, с преимущественной локализацией в коленных суставах (60%). Низкая физическая активность отмечена у 70% респондентов. Медикаментозное лечение используют 75% пациентов, в дополнительных средствах для передвижения нуждаются 40%, а затруднения в повседневной жизни часто или постоянно испытывают 70% опрошенных.

Разработка доступных мер профилактики для прикрепления к данной статье

Основываясь на анализе литературы и результатах собственного анкетирования, стоит предложить не шаблонные рекомендации, а конкретные профилактические шаги, адаптированные для маломобильных пожилых пациентов с суставными

синдромами. Эти меры могут быть включены в памятки для врачей первичного звена и в индивидуальные программы ведения больных.

1. Двигательный режим с элементами нейродинамической гимнастики. Вместо классической лечебной физкультуры, которая часто вызывает боль и страх у пенсионеров, показано внедрение так называемой «микрогимнастики». Это короткие (по 5–7 минут) сеансы упражнений на стуле: перекаты с пятки на носок сидя, круговые движения стопами без отрыва от пола, вращение кистей, медленные наклоны головы, сжимание и растягивание пальцев рук. Такие простые действия улучшают циркуляцию синовиальной жидкости внутри суставной капсулы без травмирующей осевой нагрузки (в противовес ходьбе или приседаниям). Пациентам из группы 60–75 лет с хроническими артралгиями это позволяет сохранить мышечный корсет и не провоцировать обострение.

2. Пересмотр бытовых нагрузок с использованием принципов эргономики. Результаты опроса показали, что 70% пожилых людей постоянно испытывают трудности при подъёме с унитаза, кровати или из глубокого кресла. Значит, в раздел профилактики необходимо добавить конкретные советы по обустройству пространства: замена стульев на модели с жёсткой высокой спинкой и подлокотниками, наращивание высоты сиденья при помощи твёрдых подушек, установка поручней в ванной и коридоре. Установлено, что даже такие тривиальные изменения уменьшают боль в коленном суставе на 25–30% за счёт перераспределения веса тела на опорную зону предплечий. В тексте можно рекомендовать волонтерским организациям и муниципальным соцслужбам Чувашской Республики включить эти мероприятия в стандарты надомного обслуживания.

3. Коррекция боли без таблеток: местная температурная и тактильная терапия. Поскольку 50% госпитализаций в Новочебоксарской горбольнице связаны именно с болевым синдромом, а длительный приём НПВС опасен желудочно-кишечными кровотечениями у лиц старческого возраста, требуются немедикаментозные альтернативы. Всем лицам с застарелыми артритами и артрозами, не имеющим острых гнойных явлений, показаны курсы тёплых (не горячих!) ванночек с морской солью для кистей и стоп продолжительностью 10 минут на ночь, а также аппликации с парафином или озокеритом на область крупных сочленений (колени, локти). По отзывам пожилых пациентов из нашего опроса, стойкий анальгетический эффект после курса из 7–10 процедур сопоставим с однократным внутримышечным введением диклофенака. Также эффективен лёгкий массаж при помощи роликов или обычного теннисного мячика через хлопчатобумажную ткань — это снижает напряжение в периартикулярных мышцах и рефлекторно купирует болевые импульсы.

4. Психологическая поддержка и борьба с «болевым поведением». Неожиданным, но важным выводом анкетирования стал тот факт, что более половины пациентов, испытывающих постоянную боль (30%), не могут самостоятельно отделить собственно суставную боль от тревожно-депрессивного компонента. Из-за страха упасть или сломать что-то эти люди резко ограничивают любые перемещения — в итоге возникает порочный круг: чем меньше движения, тем больше тугоподвижность и слабость связок. Следовательно, в раздел профилактики необходимо добавить пункт о краткосрочных когнитивных тренингах: пожилому человеку полезно вести простейший «дневник боли» по визуальной шкале от 0 до 3, куда он записывает не только интенсивность страдания, но и свои конкретные действия в этот момент (вышел во двор, сходил в магазин, полил цветы). По данным ВОЗ, такой простой приём самоконтроля снижает катастрофизацию боли (то есть её преувеличенную оценку)

почти вдвое, а значит, человек сохраняет существенную часть привычных нагрузок без риска инвалидизации[7].

Заключение

Результаты проведённого анкетирования среди пациентов травматологического отделения полностью подтверждают, что патология суставов у людей пожилого и старческого возраста протекает в подавляющем большинстве случаев как хронический, затяжной процесс, который с течением времени лишь усугубляется и значительно снижает качество повседневной жизни. Три четверти опрошенных имеют жалобы на проблемы с суставами на протяжении более одного года, причём у 40% из них болезнь длится свыше трёх лет. Это говорит о том, что многие пациенты годами остаются без адекватного вмешательства, способного замедлить разрушение хряща и сохранить подвижность. Выраженный болевой синдром, на который пожаловались практически все респонденты (причём у 30% боли носят постоянный характер), в сочетании с низкой физической активностью, отмеченной у 70% опрошенных, создаёт замкнутый порочный круг: человек боится лишней раз пошевелиться из-за страха усиления боли, мышцы вокруг больных суставов слабеют, сустав теряет стабильность, боль становится ещё сильнее, и человек окончательно замыкается в четырёх стенах. Высокая потребность в обезболивающих препаратах, которую мы зафиксировали у большинства пациентов, на самом деле является тревожным маркером: она свидетельствует о том, что существующая сегодня амбулаторная помощь не справляется с главной задачей – контролировать симптомы и предотвращать обострения. Люди вынуждены самостоятельно, бесконтрольно принимать лекарства, зачастую не получая ни лечебной физкультуры, ни разъяснений, ни социального сопровождения. Поэтому приоритетными направлениями развития помощи таким больным следует считать не только и не столько медикаментозную коррекцию (хотя она, безусловно, остаётся важной), сколько внедрение доступных, понятных и безопасных программ лечебной гимнастики, которые можно выполнять в домашних условиях без дорогостоящего оборудования. Не менее значимо и обучение самих пожилых людей приёмам саморегуляции боли – простым техникам отвлечения, правильного дыхания, рационального распределения нагрузок в течение дня, а также грамотного использования дополнительных средств опоры (трости, ходунки, поручни). Наконец, крайне необходимо планомерное развитие служб социально-медицинской поддержки на дому, когда врач или обученная медсестра регулярно навещает маломобильного пациента, корректирует его лечение, помогает с организацией быта и не даёт болезни окончательно приковать человека к постели. Только такой комплексный подход – таблетки плюс движение плюс обучение плюс домашняя помощь – способен разорвать порочный круг хронической боли и инвалидизации среди пожилых людей с суставными заболеваниями.

Список литературы:

1. Чилилов А.М., Михайлова Ю.В., Зеленова О.В., Стерликов С.А., Оськов Ю.И. Эпидемиология остеоартрозов в Российской Федерации и прогноз её развития в постковидный период // Социальные аспекты здоровья населения. – 2025. – Т. 71, № 2. – С. 21. DOI: 10.21045/2071-5021-2025-71-2-21.
2. Петрова И.А., Смирнова С.В. Особенности больного с остеоартрозом и хронической болями в консультативной практике врача общей практики (семейного врача). Архив внутренней медицины. 2019; 9(6):60-66.

3. Сидорова А.С., Карпов А.А., Федотова В.Г. Клинико-функциональные особенности больных с болевым синдромом при остеоартрозе. Терапевтический архив. 2020; (7):53-59.
4. Сафонова Ю.А. Эффективность нативных форм витамина D3 в лечении саркопении у людей пожилого и старческого возраста // Российский журнал гериатрической медицины. – 2024. – № 3. – С. 157–163.
5. Смоленский В. Л. Ревматоидный артрит: диагностика, лечение, профилактика, реабилитация. - СПб.: Издательство Невский Диалект, 20XX.
6. Симонов И.М., Лукьянов А.А., Гречухин С.В. и др. Способы улучшения качества жизни пациентов с болевым синдромом при остеоартрозе. Молодой ученый. 2020; (10): 168-175.
7. Пиньейру М., Оливейра Дж., Бауман А. и др. Физическая активность и профилактика остеопороза для людей в возрасте 65+ лет: систематический обзор руководств ВОЗ по физической активности. World Physiotherapy Congress, 2021.

Analysis of joint disease incidence in elderly patients

Polyachikhin A.P.¹, Staroverova A.A.², Pushkina K.V.³

I.N. Ulyanov Chuvash State University

Cheboksary, Russia;

¹e-mail: tolik.polyachikhin@bk.ru; ORCID:0009-0007-8330-3072

²e-mail: Staroverovaanna8888@gmail.com; ORCID:0009-0004-2129-1502

³e-mail: klara-608389@mail.ru; ORCID: 0000-0002-9992-5964

Annotation

The article presents an analysis of the incidence of osteoarthritis and arthritis among the elderly population using the Chuvash Republic as a case study for the period 2019–2023. It is shown that the incidence of osteoarthritis is 2–3 times higher than that of arthritis, and a steady increase in both pathologies is observed. Based on a survey of 20 patients in the trauma department, the main causes of hospitalization (pain syndrome — 50%), low physical activity (70%), and the chronic nature of the diseases (40% — more than 3 years) were identified. The necessity of long-term follow-up, comprehensive therapy, and rehabilitation is substantiated.

Keywords: *osteoarthritis, arthritis, elderly patients, morbidity, pain syndrome, rehabilitation, prevention.*

3.1

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА ССЗ ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ
ЛОКАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ АТЕРОСКЛЕРОЗОМ
У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА****Гуранова Н.Н.¹, Суходолова Ю.И.², Фазлова И.Х., Радайкина О.Г.**Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
Саранск, Россия¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9418-4538>² ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5835-6715>**Аннотация**

Факторы риска (ФР) поражения сердечно-сосудистой системы (ССС), такие как образ жизни, воздействие окружающей среды и генетические факторы, а также курение, артериальная гипертензия (АГ), сахарный диабет (СД), ожирение и гиперхолестеринемия влияют на развитие и прогрессирование атеросклеротического поражения коронарных артерий, являющегося морфологической основой ишемической болезни сердца (ИБС). Данная научная статья освещает актуальность проблемы влияния ФР ССЗ на формирование локальных поражений коронарных артерий (КА) у пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС) в целях предупреждения негативных исходов, инвалидизации и смертности, а также борьбы с факторами риска, улучшение прогноза и качества жизни пациентов.

Ключевые слова: Атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, ОКС, артериальная гипертензия, факторы риска, приверженность к терапии

Введение

В структуре глобальной смертности лидирующие позиции по-прежнему удерживает патология сердечно-сосудистой системы, среди которой доминируют ишемическая болезнь сердца и ее манифестные формы — острые коронарные синдромы [1]. Несмотря на эволюцию методов реваскуляризации и совершенствование фармакотерапии, прогноз пациента после перенесенного ОКС определяется не столько экстренными вмешательствами, сколько качеством долгосрочного контроля модифицируемых факторов риска. Артериальная гипертензия, дислипидемия, гипергликемия, абдоминальное ожирение, гиподинамия и табакокурение — именно эта совокупность управляемых патогенетических звеньев в значительной степени обуславливает повторные сосудистые катастрофы [2, 3].

Результаты эпидемиологических выкроек, проведенных в Российской Федерации, демонстрируют тревожную картину: практически каждый второй человек трудоспособного возраста (47,3%) страдает артериальной гипертензией, а ожирение регистрируется у каждого четвертого (26,9%). Распространенность курения среди мужского населения достигает 39%, тогда как среди женщин этот показатель составляет 13,6%. Более трети популяции (38,8%) ведет сидячий образ жизни, а нарушения липидного обмена выявляются у половины обследованных. Отдельного внимания заслуживает психоэмоциональный статус: симптомы депрессии и тревоги, усугубляющие течение ИБС, присутствуют у 16% и 25% кардиологических пациентов соответственно. Примечательно, что, по оценкам ряда авторов, в 20% случаев сердечно-сосудистые катастрофы развиваются при отсутствии классических факторов риска, что указывает на существование не полностью изученных детерминант атерогенеза [4].

Атеросклероз – это хроническое заболевание, характеризующееся возникновением в стенках артерий очагов липидной инфильтрации и разрастания соединительной ткани с образованием фиброзных бляшек, суживающих просвет сосуда и нарушающих физиологические функции пораженных артерий [5]. По информации Всемирной организации здравоохранения, в России, по данным на 2023 год, атеросклеротическое поражение сосудов было выявлено у 30% взрослого населения в возрасте до 45 лет, а после 60 лет атеросклероз наблюдался у 80% населения [6].

Атеросклероз коронарных артерий является основной причиной острого коронарного синдрома (ОКС). Окклюзирующий и неокклюзирующий коронарный тромбоз является основой патогенеза ОКС, а самыми частыми его причинами служат разрыв и эрозия атеросклеротической бляшки. Причиной ОКС с подъемом сегмента ST чаще всего становится окклюзирующий коронарный тромбоз.

Несмотря на медикаментозную терапию, хирургическое лечение, борьбу с факторами риска локальные поражения коронарных артерий и смертность больных с ИБС с каждым годом остается на 1 месте, среди всех заболеваний в мире.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью глубокого анализа преобладающих факторов риска у пациентов с различными формами ОКС, оценки реальной приверженности к терапии и поиска путей преодоления системных пробелов в системе вторичной профилактики [7].

Цель исследования. На основании ретроспективного анализа клинических данных провести сравнительный анализ факторов риска, ассоциированных с развитием острого коронарного синдрома (ОКС) и его исходов у пациентов с локальным атеросклеротическим поражением коронарных артерий, и разработать практические рекомендации по персонализации вторичной профилактики для кардиологов и врачей первичного звена, что в перспективе может способствовать улучшению контроля заболевания, снижению риска осложнений и увеличению продолжительности жизни пациентов.

Материалы и методы. Дизайн исследования: одномоментное ретроспективное когортное исследование на базе кардиологических отделений ГБУЗ РМ «Мордовская Республиканская Центральная Клиническая Больница» (г. Саранск). Проанализированы медицинские карты 60 пациентов, госпитализированных по поводу ОКС в период с января 2025 год по апрель 2026 год. Критерии формирования групп: первую когорту (n=30) составили лица с подтвержденным ОКС и подъемом сегмента ST (ОКСпST), вторую (n=30) — пациенты с ОКС без подъема ST (ОКСбпST). Все включенные в анализ случаи имели ангиографически подтвержденный гемодинамически значимый (>70%) стеноз передней нисходящей артерии. Оценивались антропометрические параметры (рост, масса тела, индекс массы тела), паспортный возраст, поведенческие привычки (курение, употребление алкоголя, уровень повседневной двигательной активности), длительность гипертензивного анамнеза (в годах) и зарегистрированные максимальные цифры офисного АД — систолического и диастолического. Лабораторный блок включал оценку липидограммы с акцентом на общий холестерин и холестерин липопротеинов низкой плотности. Дополнительно изучались электрокардиографические (ЭКГ) и эхокардиоскопические (ЭХО-КС) параметры (фракция выброса в динамике), коморбидный фон, а также факт предшествующих стенокардических болей и приверженность к регулярному приему лекарственных препаратов на догоспитальном этапе. Статистическая обработка проведена с использованием методов описательной статистики пакета Excel (расчет средних арифметических, стандартных ошибок, t-критерия Стьюдента для несвязанных выборок). Для сравнения использовали

двусторонний точный критерий Фишера (или χ^2 с поправкой Йейтса). Уровень значимости $\alpha = 0,05$.

Работа одобрена локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» (протокол №151 от 30.04.2026).

Результаты исследования.

Результаты настоящего исследования высвечивают несколько клинически значимых феноменов. Прежде всего, подтверждается гипотеза о гетерогенности факторов риска при различных формах ОКС. Метаболический фенотип (сочетание ожирения, сахарного диабета 2 типа — 60% во второй группе, и более высокого диастолического давления) характерен для пациентов с ОКСбпСТ. Напротив, развитие трансмурального инфаркта (ОКСпСТ) у обследованных лиц ассоциировалось не столько с набором метаболических нарушений, сколько с пренебрежением базовой медикаментозной профилактики — лишь каждый десятый в этой группе принимал статины регулярно до госпитализации.

Гендерный состав обеих групп был сбалансирован: по 15 мужчин и 15 женщин в каждой. Пациенты с ОКСбпСТ ожидаемо оказались старше ($66,1 \pm 0,53$ года против $63,4 \pm 0,24$ года в группе ОКСпСТ, $p < 0,05$), причем возрастные различия прослеживались как у мужчин, так и у женщин.

В группе с ОКСпСТ из всего числа пациентов достигло целевого уровня АД 21,2% пациентов. В группе с ОКСбпСТ достигло целевого уровня АД 33,3% пациентов.

Наиболее тревожным результатом следует признать тотальное игнорирование немедикаментозной коррекции образа жизни. Нулевая приверженность диете и физической активности в обеих когортах свидетельствует о системном провале вторичной профилактики на амбулаторном этапе. Даже перенесенный инфаркт миокарда не мотивировал пациентов к изменению поведенческих привычек.

Рассмотрим факторы риска: в 1 группе – 6 пациентов не курят и алкоголем не злоупотребляют. Никто не соблюдает диету и активный образ жизни, 17 пациентов с отягощенной наследственностью. Во 2 группе – 7 человек не курит, не злоупотребляет алкоголем и также, как и в первой группе, никто из пациентов не ведет активный образ жизни и не соблюдает диету, 19 пациентов с отягощенной наследственностью.

Среднее значение ИМТ в группе с ОКСпСТ составило $40,04 \pm 1,06$ кг/м² (у мужчин – $38,74 \pm 1,80$ кг/м², у женщин – $43,04 \pm 2,20$ кг/м²). Нормальный вес имеет – 16%, ожирение I степени – 17,5%, ожирение II степени – 64,5%, ожирение III степени – 2% (рис.1).

В группе с ОКСбпСТ среднее значение ИМТ составляет – $38,6 \pm 2,35$ кг/м² (у мужчин – $35,74 \pm 2,94$ кг/м², у женщин – $40,02 \pm 2,10$ кг/м²). Нормальный вес имеет – 29%, ожирение I степени – 35,6%, ожирение II степени – 30,1 %, ожирение III степени – 5,3%, что на 1,44 кг/м², больше, чем у пациентов 1 группы, $p < 0,05$ (рис.1).

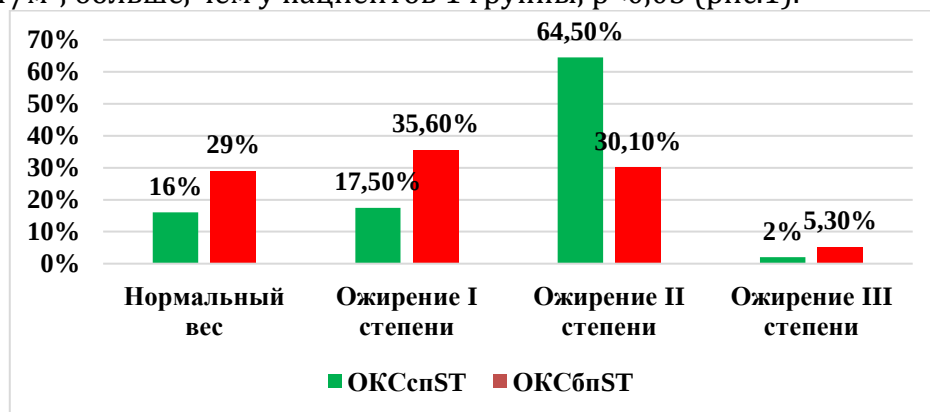


Рис. 1. ИМТ пациентов групп ОКСпСТ и ОКСбпСТ

В 1 группе максимальный анамнез гипертонической болезни составляет 30 лет (40% больных). Среди всех пациентов группы у 60% имеется фибрилляция предсердий, 10% бронхиальная астма, 30% язвенная болезнь желудка.

Во 2 группе анамнез ГБ – 20 лет (50% больных). 20% пациентов имеют в анамнезе инфаркт миокарда со стентированием коронарных артерий, 60% сахарный диабет, 20% - ОНМК.

При анализе артериального давления у пациентов с ОКСпST САД в среднем $169,5 \pm 9,15$ мм.рт.ст. (у мужчин – $179,0 \pm 8,1$ мм.рт.ст., у женщин – $165,33 \pm 10,1$ мм.рт.ст.). У пациентов с ОКСбпST САД в среднем $175,36 \pm 4,49$ мм.рт.ст. (у мужчин – $170,6 \pm 6,32$ мм.рт.ст., у женщин – $183,4 \pm 10,11$ мм.рт.ст.), что на 5,86 мм.рт.ст. выше, по сравнению в 1 группой, $p < 0,05$.

ДАД у пациентов с ОКСпST – $94,66 \pm 1,17$ мм.рт.ст. (у мужчин – $98,1 \pm 2,46$ мм.рт.ст., у женщин – $90,0 \pm 3,09$ мм.рт.ст.). У пациентов с ОКСбпST ДАД в среднем $115,09 \pm 1,96$ мм.рт.ст. (у мужчин – $110,73 \pm 5,10$ мм.рт.ст., у женщин – $120,17 \pm 4,37$ мм.рт.ст.), что на 20,43 мм.рт.ст. выше, чем в 1 группе, $p < 0,05$.

Максимальный уровень артериального давления в 1 группе у мужчин – 220/110 мм рт.ст., у женщин – 200/100 мм рт.ст. Максимальный уровень артериального давления во 2 группе у мужчин – 240/110 мм рт.ст., у женщин – 250/150 мм рт.ст.

Парадокс высокого уровня ЛПНП при почти поголовном приеме статинов в группе ОКСбпST имеет несколько вероятных объяснений: 1) недостаточная дозировка гиполипидемических препаратов (привычные низкие дозы), 2) позднее начало терапии, 3) низкая комплаентность в реальности (декларируемый прием может не соответствовать фактическому), 4) генетически детерминированная гиперлипидемия, рефрактерная к стандартным дозам.

Анализируя показатели липидного спектра у пациентов двух групп ОХС: в первой группе в среднем $5,5 \pm 0,49$ ммоль/л (у мужчин – $4,8 \pm 0,75$ ммоль/л, у женщин – $6,09 \pm 0,43$ ммоль/л), во второй группе – $5,7 \pm 0,26$ ммоль/л (у мужчин – $4,74 \pm 0,41$ ммоль/л, у женщин – $6,09 \pm 0,20$ ммоль/л), достоверных различий между группами не было.

В 1 группе ЛПНП составил $3,7 \pm 0,14$ ммоль/л (у мужчин – $3,52 \pm 0,39$ ммоль/л, у женщин – $3,9 \pm 0,11$ ммоль/л). Во 2 группе – $4,8 \pm 0,62$ ммоль/л (у мужчин – $4,61 \pm 0,22$ ммоль/л, у женщин – $5,1 \pm 0,18$ ммоль/л), что на 1,1 ммоль/л выше, $p < 0,05$.

Фракция выброса (ФВ) у пациентов с ОКСпST – $51,2 \pm 1,2\%$ (у мужчин – $50,1 \pm 0,23\%$, у женщин – $51,9 \pm 1,36\%$). У пациентов с ОКСбпST – $58,4 \pm 1,1$, (у мужчин – $55 \pm 1,20\%$, у женщин – $60,6 \pm 0,88\%$), что на 7,2% значение выше, чем у пациентов 1 группы, $p < 0,05$. В динамике ФВ в 1 группе составила – $61,9 \pm 0,96\%$, (у мужчин – $58,5 \pm 1,0\%$, у женщин – $63,2 \pm 0,91\%$), во 2 группе $62,2 \pm 1,2\%$, (у мужчин – $60,3 \pm 1,1\%$, у женщин $64,5 \pm 1,3\%$), достоверных различий между группами не было.

Отсутствие различий в конечной фракции выброса после проведенного лечения указывает на достаточную эффективность реперфузионной терапии в обеих группах, однако исходно более низкая ФВ при ОКСпST подтверждает большую исходную площадь поражения.

Ранее стенокардические боли возникали у пациентов 1 группы в 90% случаев (чаще у мужчин), во 2 группе – 95% случаев, чаще всего у женщин. Анализируя проведенное стентирование, у пациентов обеих групп было выявлено одинаковое тяжелое поражение коронарного русла – стеноз ПНА 80-100%.

Пациенты 1 группы в основном принимали: 10,5% гиполипидемические средства (в основном аторвастатин 75%); 41% бета-адреноблокаторы (в основном бисопролол 65%); ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ) – 50%, из них в основном лизиноприл (30%); антикоагулянтные средства прямого действия – 10% (в

основном кардиомагнил 44,5%); антагонисты рецепторов ангиотензина II (АРА II) – 35,5%, из них в основном лозартан (25%).

Пациенты 2 группы принимали: гиполипидемические средства – 95%, из них в основном аторвастатин (80%); бета-адреноблокаторы – 65% (в основном бисопролол (60%); антикоагулянтные средства прямого действия – 90%, (в основном ксарелто 57%); антагонисты рецепторов ангиотензина II – 20,4%, в основном валсартан (17%); диуретические средства – 30% (в основном торасемид 50%); ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ) – 30%, из них в основном лизиноприл (100%); препараты ацетилсалициловой кислоты – 50%, из них в основном Тромбо АСС (70%), гипогликемические средства, в основном метформин (40%) (таб.1).

Таблица 1. Частота приема основных классов кардиоваскулярных препаратов у пациентов с ОКСпST и ОКСбпST на момент госпитализации

ОКСпST (n30)		ОКСбпST (n30)		Достоверность
Гиполипидемические средства	10,5%	гиполипидемические средства	95%	$p < 0,01$
бета-адреноблокаторы	41%	бета-адреноблокаторы	65%	$p > 0,05$
ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ)	50%	ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ)	30%	$p > 0,05$
антикоагулянтные средства прямого действия	10%	антикоагулянтные средства прямого действия	90%	$p < 0,00001$
антагонисты рецепторов ангиотензина II (АРА II)	35,5%	антагонисты рецепторов ангиотензина II	20,4%	$p > 0,05$
		диуретические средства	30%	
		препараты ацетилсалициловой кислоты	50%	

Общая характеристика демографических, антропометрических, клинико-лабораторных и инструментальных показателей у пациентов с ОКСпST и ОКСбпST представлена в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика демографических, антропометрических, клинико-лабораторных и инструментальных показателей у пациентов с ОКСпST и ОКСбпST

Наименование исследуемых показателей	ОКСпST			ОКСбпST		
	Общее	Мужчины	Женщины	Общее	Мужчины	Женщины
Возраст	63,4±0,24	62,10±0,67	64,0±0,12	66,1±0,53	65,10±0,39	67,1±0,47
Целевой уровень АД	21,2%			33,3%		
Курение	9			8		
Алкоголь	9			8		
Диета, активный образ жизни	0			0		
Отягощенная наследственность	17			19		
ИМТ	40,04±1,06	38,74±1,80	43,04±2,20	38,6±2,35	35,75±2,94	40,02±2,10
САД	169,5±9,15	179,0±8,1	165,33±10,1	175,36±4,49	170,6±6,32	183,4±10,11
ДАД	94,66±1,17	98,1±2,46	90,0±3,09	115,09±1,96	110,73±5,10	120,17±4,37
ОХС	5,5±0,49	4,8±0,75	6,09±0,43	5,7±0,26	4,74±0,41	6,09±0,20

ЛПНП	3,7±0,14	3,52±0,39	3,9±0,11	4,8±0,62	4,61±0,22	5,1±0,18
ФВ	51,2±1,2	50,1±0,23	51,9±1,36	58,4±1,1	55±1,20	60,6±0,88
ФВ в динамике	61,9±0,96	58,5±1,0	63,2±0,91	62,2±1,2	60,3±1,1	64,5±1,3
Поражение КА	ПНА 80%			ПНА 100%		

Таким образом, у пациентов с идентичным анатомическим субстратом (тяжелый стеноз ПНА) тип ОКС определяется не столько выраженностью атеросклероза, сколько триггерными факторами — вероятно, характером бляшки (тонкокапсульная vs. эрозия) и, что критически важно, предшествующей фармакотерапевтической поддержкой. Прием статинов и антиагрегантов мог бы предотвратить переход нестабильной стенокардии в трансмуральный инфаркт в части случаев.

Обсуждение. Результаты настоящего исследования высвечивают несколько клинически значимых феноменов. Прежде всего, подтверждается гипотеза о гетерогенности факторов риска при различных формах ОКС. Метаболический фенотип (сочетание ожирения, сахарного диабета 2 типа — 60% во второй группе, и более высокого диастолического давления) характерен для пациентов с ОКСбпST. Напротив, развитие ОКСпST у обследованных лиц ассоциировалось не столько с набором метаболических нарушений, сколько с пренебрежением базовой медикаментозной профилактикой — лишь каждый десятый в этой группе принимал статины регулярно до госпитализации.

Наиболее тревожным результатом следует признать тотальное игнорирование немедикаментозной коррекции образа жизни. Нулевая приверженность диете и физической активности в обеих когортах свидетельствует о системном провале вторичной профилактики на амбулаторном этапе. Даже перенесенный инфаркт миокарда не мотивировал пациентов к изменению поведенческих привычек.

Парадокс высокого уровня ЛПНП при почти поголовном приеме статинов в группе ОКСбпST имеет несколько вероятных объяснений: 1) недостаточная дозировка гиполипидемических препаратов (привычные низкие дозы), 2) позднее начало терапии, 3) низкая комплаентность в реальности (декларируемый прием может не соответствовать фактическому), 4) генетически детерминированная гиперлипидемия, рефрактерная к стандартным дозам.

Отсутствие различий в конечной фракции выброса после проведенного лечения указывает на достаточную эффективность реперфузионной терапии в обеих группах, однако исходно более низкая ФВ при ОКСпST подтверждает большую исходную площадь поражения.

Таким образом, у пациентов с идентичным анатомическим субстратом (тяжелый стеноз ПНА) тип ОКС определяется не столько выраженностью атеросклероза, сколько триггерными факторами — вероятно, характером бляшки (тонкокапсульная vs. эрозия) и, что критически важно, предшествующей фармакотерапевтической поддержкой. Прием статинов и антиагрегантов мог бы предотвратить переход нестабильной стенокардии в трансмуральный инфаркт в части случаев.

Заключение.

1. Фенотипическая дифференциация факторов риска. Для пациентов с ОКС без подъема сегмента ST характерен метаболический портрет: более высокий индекс массы тела (разница 1,44 кг/м², $p < 0,05$), преобладание сахарного диабета (60% vs. отсутствие во 1-й группе) и более высокое диастолическое давление (115 против 95 мм рт.ст.). Напротив, развитие ОКС с подъемом ST у обследованных лиц ассоциировалось с почти полным отсутствием первичной фармакологической профилактики (прием статинов — 10,5%, антикоагулянтов — 10%).

2. Критический дефицит контроля модифицируемых факторов.

Неудовлетворительный контроль артериальной гипертензии (целевой уровень АД достигнут лишь у 21-33% пациентов), гиперлипидемии (средний ЛПНП 3,7-4,8 ммоль/л) и полное пренебрежение диетотерапией и физической активностью (0% в обеих группах) формируют «идеальный шторм» для повторных сосудистых катастроф.

3. Клинический парадокс: высокая частота назначения статинов в группе ОКСбпСТ (95%) не обеспечила достижения целевого уровня ЛПНП (<1,8 ммоль/л), что диктует необходимость не только констатации приема препарата, но и оценки эффективности терапии с титрованием доз.

Практическая рекомендация.

Тема данной работы находится на переднем крае кардиологии, так как фокусируется на связи между системными факторами риска и их локальным проявлением, которое непосредственно приводит к жизнеугрожающему событию — ОКС.

Актуальность обусловлена движением медицины к персонализации: от лечения "болезни вообще" к лечению конкретной бляшки у конкретного пациента в конкретном месте, с учетом уникального сочетания гемодинамических и биологических факторов.

Это ключ к улучшению прогноза у одной из самых многочисленных и тяжелых категорий кардиологических больных.

Представленный ретроспективный анализ демонстрирует как сильно влияют факторы риска на развитие ОКС и как важно объяснять пациентам, что нужно менять их образ жизни, а именно искоренить плохие привычки, ввести физическую активность и следовать диете.

Данный анализ пациентов может быть полезен кардиологам, участковым терапевтам и врачам других специальностей, для предотвращения развития ОКС у кардиологических больных, тем самым снизить смертность и продлить жизнь населения.

Список литературы:

1. Roth G.A., Mensah G.A., Johnson C.O., et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD 2019 Study // Journal of the American College of Cardiology. – 2020. – Vol. 76, No. 25. – P. 2982-3021. – DOI: 10.1016/j.jacc.2020.11.010. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33309175/> (дата обращения: 28.05.2026).
2. Visseren F.L.J., Mach F., Smulders Y.M., et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice // European Heart Journal. – 2021. – Vol. 42, No. 34. – P. 3227-3337. – URL: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/42/34/3227/6358713> (дата обращения: 28.05.2026).
3. Laranjo L., Lanos F., Sun M.C., et al. World Heart Federation Roadmap for Secondary Prevention of Cardiovascular Disease: 2023 Update // Global Heart. – 2024. – Vol. 19, No. 1. – P. 8. – URL: <https://globalheartjournal.com/articles/1491/files/69170d261216e.pdf> (дата обращения: 28.05.2026).
4. Атамась О.В., Антонюк М.В. Факторы риска и степень поражения коронарных артерий у больных с ишемической болезнью сердца // Acta biomedica scientifica. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 93-102. – DOI: 10.29413/ABS.2023-8.2.9.
5. Аронов Д.М., Бубнова М.Г., Драпкина О.М. Патогенез атеросклероза через призму нарушения функций микрососудов // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. –

2021. – Т. 20, № 3. – С. 133-142. – URL: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-3076> (дата обращения: 28.05.2026).

6. Бадейникова К.К., Мамедов М.Н. Ранние маркеры атеросклероза: предикторы развития сердечно-сосудистых осложнений // Профилактическая медицина. – 2023. – Т. 26, № 1. – С. 103-108. – DOI: 10.17116/profmed202326011103.

7. Byrne R.A., Rossello X., Coughlan J.J., et al. 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes // European Heart Journal. – 2023. – Vol. 44, No. 38. – P. 3720-3826. – DOI: 10.1093/eurheartj/ehad191.

Analysis of cvd risk factors that affect the formation of local coronary artery atherosclerosis in patients with coronary artery disease

Guranova N.N¹, Sukhodolova Yu.I², Fazlova I.Kh., Radaykina O.G.

Ogarev Mordovia State University

Saransk, Russia;

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9418-4538>

² ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5835-6715>

Annotation

Risk factors (RFs) of cardiovascular system (CVS) damage, such as lifestyle, environmental exposure and genetic factors, as well as smoking, arterial hypertension (AH), diabetes mellitus (DM), obesity and hypercholesterolemia, affect the development and progression of atherosclerotic damage of the coronary arteries, which is the morphological basis of coronary heart disease (CHD). This scientific article highlights the relevance of the problem of the influence of CVD FRS on the development of local lesions of the coronary arteries (CA) in patients with.

Keywords: *Atherosclerosis, coronary heart disease, acute coronary syndrome, arterial hypertension, risk factors, adherence to therapy*

3.3 МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

3.3

ПОЛЬЗА ИЛИ ВРЕД СПОРТИВНЫХ ДОБАВОК, УПОТРЕБЛЯЕМЫХ МОЛОДЕЖЬЮ: АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Гладышева Е.С.¹, Салахов Э.М.², Пушкина К.В.³

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
Чебоксары, Россия;

¹e-mail: kgladysheva007@gmail.com; ORCID: 0009-0001-2329-6014

²e-mail :emil.salahov12345@gmail.com; ORCID: 0009-0004-2546-1898

³e-mail: klara-608389@mail.ru; ORCID: 0000-0002-9992-5964

Аннотация

Данная работа направлена на изучение воздействия популярных видов спортивного питания на физическую работоспособность, выносливость и здоровье человека. Полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности и условиях применения отдельных добавок, а также сформулировать практические рекомендации по индивидуальному выбору спортивного рациона.

Ключевые слова: биологические активные добавки, креатин, бета-аланин, L-цитруллин, аргинин, выносливость.

Введение

Современный спорт характеризуется стремительным развитием и высокими физическими нагрузками. Спортсмены и любители активного образа жизни постоянно ищут способы улучшить физические показатели, ускорить восстановление и минимизировать негативные последствия тренировок. Одним из наиболее распространённых методов повышения спортивной производительности стало использование специализированных биологических добавок — спортивного питания.

Однако несмотря на популярность и широкое распространение, многие потребители имеют недостаточную осведомлённость о действительном составе, механизмах действия и потенциальных рисках употребления спортивных добавок. Недостаточное понимание вопросов безопасности и эффективности спортивного питания нередко приводит к неправильному употреблению, отсутствию ожидаемого эффекта либо даже возникновению нежелательных последствий для здоровья.

Таким образом, актуальным становится проведение комплексного анализа влияния спортивных добавок на человеческий организм, разработка критериев их рационального применения и создание рекомендаций по индивидуальному подбору спортивного питания.

Основная часть

Креатин — это небелковое азотсодержащее соединение, которое синтезируется в организме человека из аминокислот: аргинина, глицина и метионина. Биохимический механизм действия связан с энергообменом во время физических нагрузок: энергия, необходимая для перефосфорилирования аденозиндифосфата (ADP) в аденозинтрифосфат (АТФ) во время и после интенсивных тренировок, в значительной степени зависит от запасов фосфокреатина (PCr) в мышцах. По мере выполнения высокоинтенсивных упражнений запасы фосфокреатина истощаются, что приводит к снижению доступности энергии — организм не может ресинтезировать АТФ с

необходимой скоростью. Механизм действия: общий запас креатина (фосфокреатин + свободный креатин) в скелетных мышцах составляет в среднем около 120 граммов у человека весом 70 кг. При определённых условиях возможно накопление до 160 граммов. Организм естественным образом расщепляет около 1–2% запасов креатина в день (1–2 грамма), превращая его в креатинин, который затем выводится с мочой. Наиболее изученной и клинически эффективной формой является моногидрат креатина (СМ). Большинство альтернативных форм креатина не показали убедительных преимуществ перед моногидратом креатина в плане увеличения силы или производительности [1].

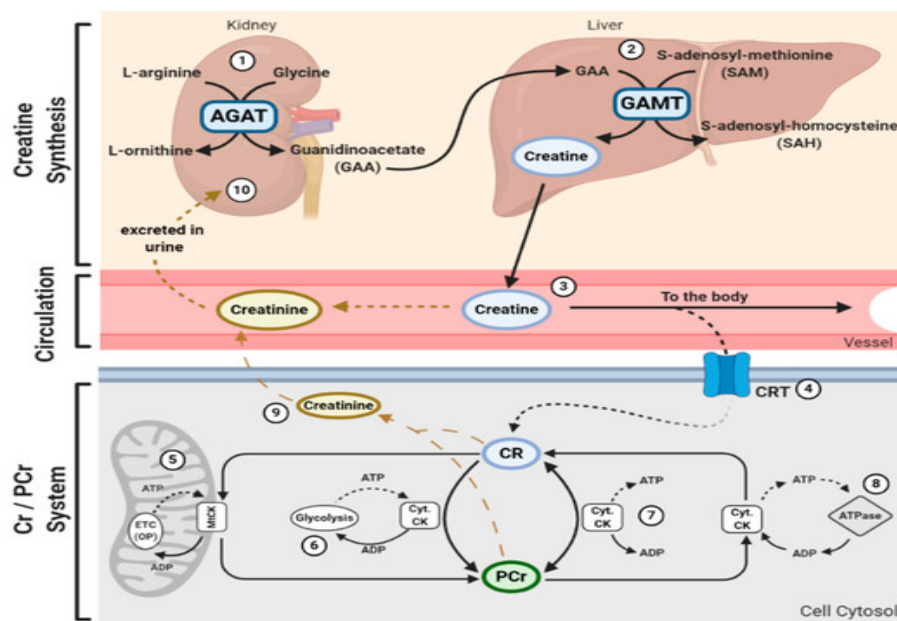


Рисунок 1 – механизм действия креатина

Бета-аланин (β -аланин) — это аминокислота, которая служит строительным материалом для синтеза карнозина — биологически активного соединения, играющего важную роль в работе мышц. Бета-аланин обладает рядом полезных свойств для спортсменов: повышает выносливость мускулатуры и продолжительность тренировок; снижает утомляемость мышечных волокон; повышает болевой порог для мышц во время занятий спортом; защищает мускулатуру от травм; стимулирует регенерацию тканей; увеличивает число сокращений в мышцах; помогает накапливать и сохранять мышечную массу (или сжигать жир — в зависимости от цели тренировок и схемы питания). Механизм действия: во время напряжённой работы мышц в них образуется молочная кислота, из-за чего среда в мышечной ткани становится более кислотной; к мозгу поступают сигналы об утомлении; мышцы начинают болеть; избыток кислоты разрушает мышцы, замедляя их рост. Карнозин связывает «кислые» ионы H^+ , снижая уровень закисления (ацидоза) в мышцах и тем самым отсрочивая наступление утомления. Бета-аланин поступает в организм с пищей или в виде добавок и используется для синтеза карнозина. Регулярный приём бета-аланина повышает концентрацию карнозина в мышцах, что увеличивает буферную ёмкость мускулатуры и позволяет дольше сохранять высокую интенсивность работы. Эффект становится заметен через 2–3 недели после начала приёма, а запас карнозина сохраняется какое-то время после окончания приёма добавки (через месяц уровень карнозина снижается на 4%) [2].

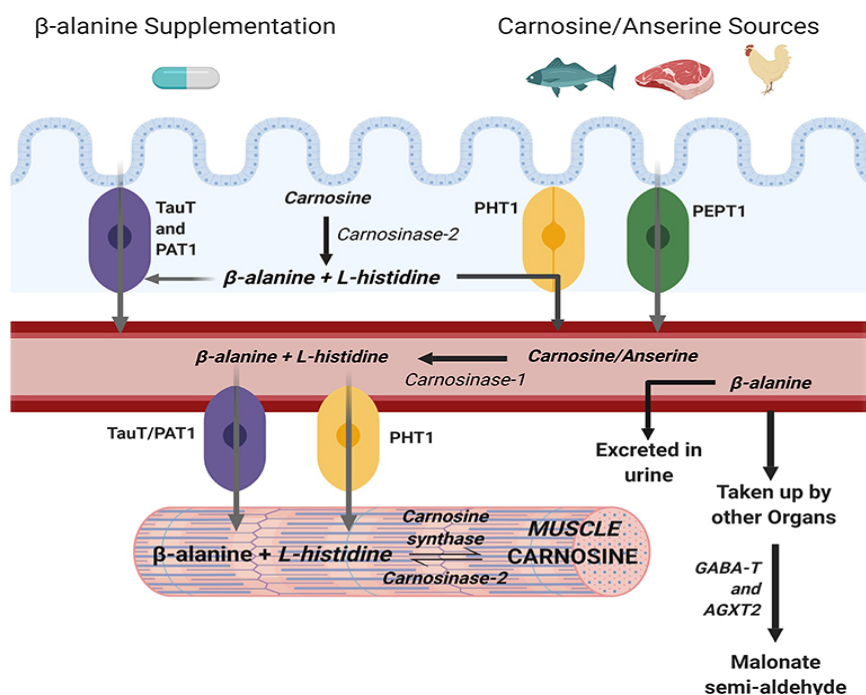


Рисунок 2 – механизм действия бета-аланина

L-аргинин — это аминокислота, которая синтезируется организмом человека, но потребность в ней существенно возрастает при интенсивных физических нагрузках, стрессах, болезнях или недостаточном питании. Ключевая роль L-аргинина в организме связана с поддержанием нормального уровня оксида азота (NO). Механизм действия выглядит следующим образом: L-аргинин служит субстратом для фермента эндотелиальной NO-синтазы (eNOS). Под действием эндотелиальной NO-синтазы L-аргинин преобразуется в оксид азота (NO) и цитруллин [3].

L-цитруллин присутствует в организме и является мощным эндогенным предшественником L-аргинина, который является субстратом для NO-синтазы (NOS) [4]. Двумя основными метаболическими путями, в которых участвует цитруллин, являются цикл мочевины и цикл оксида азота (NO). В рамках цикла NO цитруллин является побочным продуктом аргининзависимого синтеза NO синтазой оксида азота (NOS). Цитруллин косвенно образуется из аргинина через орнитин при связывании аммиака в цикле мочевины. В обоих процессах цитруллин превращается обратно в аргинин с помощью аргиносукцината в двойном ферментативном процессе. Прием L-цитруллина оказывает различное положительное воздействие, в том числе снижает жесткость артерий и улучшает эректильную функцию, память, кинетику поглощения O_2 и переносимость высокоинтенсивных физических нагрузок за счет усиления синтеза NO. Существует несколько гипотез касательно механизма действия L-цитруллина: 1) считается, что основной механизм, за счет которого добавки с цитруллином оказывают эргогенный эффект, заключается в усилении синтеза оксида азота. Этот эффект вызывает эндотелий-зависимую, опосредованную оксидом азота вазодилатацию (расширение кровеносных сосудов за счет расслабления гладкомышечных клеток в стенках сосудов), которая, согласно гипотезе, увеличивает приток крови к сокращающимся мышцам, улучшая доставку кислорода и повышая способность к аэробному дыханию. Улучшение доставки кислорода к сокращающимся мышцам потенциально снижает влияние этого фактора на максимальное потребление кислорода; 2) согласно альтернативной гипотезе, цитруллин играет роль в

нейтрализации аммиака посредством цикла мочевины. Повышенное накопление аммиака связано с мышечной усталостью, которая значительно снижает выносливость. Повышенный уровень аммиака и лактата в мышцах приводит к накоплению ионов водорода, снижению pH и препятствию мышечных сокращений. Таким образом, теоретически, снижая уровень аммиака, прием цитруллина должен способствовать аэробному использованию пирувата. В свою очередь, это снижает анаэробное дыхание и выработку лактата, предотвращая сопротивление мышечному сокращению. Подавление накопления лактата может продлить выполнение упражнения, отсрочив достижение лактатного и анаэробного порогов [5].

Материалы и методы

Исследования проводились на выборке из четырёх добровольцев в возрасте от 18 до 22 лет, имеющих различный уровень физической подготовки. Участники эксперимента принимали участие в двух этапах исследования:

Оценка влияния добавок на силовые показатели. Испытуемые проходили тестирование до начала приёма добавок и повторно спустя четыре-шесть недель регулярного потребления выбранных препаратов. Оценивались следующие силовые показатели: подъём на бицепс, жим лёжа и присед со штангой.

Анализ изменений выносливости. Выносливость участников определялась посредством теста Купера (пробегаемое расстояние за 12 минут). Тест проводился дважды: до начала приёма добавок и после завершения курсового приёма.

Участники получали разные виды добавок: креатин, бета-аланин, L-цитруллин, аргинин и протеин. Дозы и продолжительность приёма соответствовали рекомендациям производителей и научным данным, опубликованным в литературе.

Результаты

1) Изменения силовых показателей

По результатам первого этапа исследования установлено следующее: все участники, принимавшие креатин, отметили увеличение силовых показателей, причём два участника сообщили о появлении кожных высыпаний (акне). Бета-аланин вызвал ощущение покалывания кожи у двух участников, однако существенных улучшений силовых показателей отмечено не было. L-цитруллин продемонстрировал умеренное повышение силовых показателей у трёх участников, тогда как четвёртый участник не отметил значительных изменений. Аргинин улучшил силовые показатели у большинства участников, однако не показал синергизма с L-цитруллином. Протеин оказывал общее позитивное воздействие на силу и восстановление мышц у всех участников.

Подробные результаты отражены в следующей таблице:

Таблица 1 – изменение силовых показателей после трех месяцев приёма добавок

Показатель/ Участник	№1	№2	№3	№4
Подъем на бицепс	увеличились	увеличились	увеличились	без изменений
Жим лёжа	крайне увеличились	увеличились	крайне увеличились	без изменений
Присед со штангой	увеличились	увеличились	крайне увеличились	без изменений

2) Изменения выносливости

Тест Купера позволил зафиксировать следующую динамику: три участника показали значительное улучшение выносливости после приёма добавок, особенно ярко проявившееся у третьего участника, чей показатель увеличился почти на 30%. Один участник не заметил существенного улучшения выносливости.

Таблица результатов тестирования выносливости представлена ниже:

Таблица 2 – изменение выносливости до и после приёма курса добавок

Участник	До приёма	После приёма
№1	2,2 км	2,45 км
№2	2,05 км	2,28 км
№3	2,5 км	2,79 км
№4	2,35 км	2,34 км

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают наличие положительного влияния ряда спортивных добавок на физическую работоспособность и восстановление организма. Наиболее эффективными оказались креатин, L-цитруллин и аргинин, которые значительно увеличили силовые показатели и выносливость участников. Вместе с тем, некоторые добавки вызвали индивидуальные реакции, такие как кожные высыпания и покалывания (в случае с креатином это может быть связано с повышением уровня инсулина или андрогенов). Это подчёркивает необходимость тщательного подхода к подбору спортивного питания. Особое внимание заслуживает протеин, демонстрирующий стабильное благотворное воздействие на процессы восстановления и роста мышечной массы. Его регулярное употребление рекомендуется практически всем категориям пользователей спортивного питания вне зависимости от цели тренировок.

Важно отметить, что эффективность добавок существенно зависела от изначальной физической формы участников, характера нагрузки и продолжительности приёма. Так, спортсмены среднего и продвинутого уровней демонстрировали наибольший прирост показателей, тогда как новички показывали меньший отклик на приём добавок.

Сравнительный анализ:

- Креатин и протеин оказались наиболее эффективными для увеличения силовых показателей.
- L-цитруллин и аргинин показали умеренный эффект, но не всегда синергично.
- Бета-аланин не повлиял на силу, но вызывал побочные эффекты.
- Выносливость улучшилась у большинства, но не у всех участников.

Выводы

Креатин, L-цитруллин, аргинин и протеин демонстрируют высокую эффективность в повышении силовых показателей и выносливости, тогда как бета-аланин оказался менее эффективным.

Некоторые добавки вызывают специфические побочные эффекты (покраснение кожи, акне, покалывание), что подтверждает необходимость учёта персональных особенностей организма при выборе спортивного питания.

Оптимальное сочетание дозировок и периодичности приёма позволяет достичь наилучших результатов и снизить вероятность негативных реакций.

Необходим дальнейший сбор научных данных, касающийся долгосрочного применения добавок, взаимодействия компонентов друг с другом и разработки комплексных протоколов спортивного питания.

Заключение

Настоящее исследование подтвердило обоснованность применения спортивного питания в качестве эффективного инструмента оптимизации физического развития и достижения высоких спортивных результатов среди молодежи. Основными мотивами для употребления добавок являются желание быстрее нарастить мышечную массу,

повысить выносливость, ускорить восстановление после тренировок и улучшить общее самочувствие.

На основании проведённого анализа можно сделать вывод о необходимости повышения уровня информированности молодёжи о принципах рационального использования спортивных добавок.

Дальнейшие усилия должны быть направлены на углублённый анализ механизмов действия добавок на процессы в организме и совершенствование подходов к индивидуализации спортивного питания с учётом физиологических особенностей и потребностей различных категорий пользователей.

В заключение хочется подчеркнуть: спортивные добавки — это лишь инструмент, который может быть как полезен, так и опасен. Главный залог здоровья и спортивных успехов молодёжи — это сбалансированное питание, грамотно выстроенный тренировочный процесс и ответственное отношение к своему организму.

Список литературы:

1. Buford T.W., Kreider R.B., Stout J.R., et al. International society of sports nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2007. Vol. 4(1). P. 6.
2. Stout JR, et al. Effect of beta-alanine supplementation on sprint capacity during high-intensity cycle exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise, vol. 39, no. 11, November 2007, pp. 1944–1950.
3. Аргинин. Wikipedia [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Аргинин> (дата обращения: 22.03.2026).
4. Прием L-цитруллина повышает уровень оксида азота в плазме крови и снижает активность аргиназы у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа. Frontiers [Электронный ресурс]. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2020.584669/full> (дата обращения: 22.03.2026)
5. Callum S. Harnden, JOSEPH Agu & TOM Gascoyne. Effects of citrulline on endurance performance in young healthy adults: a systematic review and meta-analysis. Journal of the International Society of Sports Nutrition, Volume 20, 2023 - Issue 1.

Benefits or harms of sport supplements when used by youth: analysis of own observations

Gladysheva E.S.¹, Salakhov E.M.², Pushkina K.V.³

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov,
Cheboksary, Russia;

¹e-mail: kgladysheva007@gmail.com; ORCID: 0009-0001-2329-6014

²e-mail: emil.salahov12345@gmail.com; ORCID: 0009-0004-2546-1898

³e-mail: klara-608389@mail.ru; ORCID: 0000-0002-9992-5964

Abstract

This work aims to study the impact of popular types of sports nutrition on physical performance, endurance, and human health. The results obtained allow us to draw conclusions about the feasibility and conditions of using certain supplements, as well as to formulate practical recommendations for individual sports nutrition choices, recommendations for individualized sports nutrition choices.

Keywords: dietary supplements, creatine, beta-alanine, L-citrulline, arginine, endurance.

5.8 ПЕДАГОГИКА

5.8

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В ВУЗЕ

Кустова В.А.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, кафедра иностранных языков
Санкт-Петербург, Россия
e-mail: Nerealnayav@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются особенности преподавания английского языка студентам технических специальностей в системе высшего образования. Показано, что в данной аудитории иностранный язык выполняет не только общеобразовательную, но и профессионально-прикладную функцию, обеспечивая доступ к научно-технической информации, профессиональной коммуникации и международным академическим ресурсам. Анализируются цели обучения, специфика языкового материала, роль терминологии, особенности работы с техническими текстами и устной речью, а также методические подходы, наиболее эффективные в подготовке будущих инженеров и специалистов технического профиля. Делается вывод о том, что успешное преподавание английского языка в техническом вузе требует профессионально ориентированного, практико-ориентированного и структурно организованного подхода.

Ключевые слова: *английский язык, технические специальности, высшее образование, профессионально-ориентированное обучение, технический английский, инженерное образование, методика преподавания.*

Введение

В современном высшем образовании английский язык всё в большей степени рассматривается не как дополнительная дисциплина, а как важная составляющая профессиональной подготовки. Это особенно заметно в технической сфере, где значительная часть научных публикаций, технической документации, описаний программных продуктов, стандартов и инструкций представлена именно на английском языке. Для будущего инженера, программиста, конструктора или исследователя владение английским языком становится условием полноценного доступа к современным знаниям и технологиям. Подход English for Specific Purposes в целом строится именно на идее обучения языку под конкретные учебные или профессиональные задачи, а не в отрыве от них. На это указывают как классические работы по ESP, так и более поздние обобщения по данной области [1].

Однако преподавание английского языка студентам технических специальностей имеет выраженную специфику. Здесь язык осваивается не только как средство общей коммуникации, но прежде всего как инструмент профессиональной деятельности. Это меняет и содержание курса, и логику отбора учебных материалов, и формы работы на занятии. Если в рамках общего языкового образования акцент может делаться на бытовых темах и универсальных речевых ситуациях, то в техническом вузе приоритет получают профессиональная терминология, чтение профильных текстов, понимание инструкций, описание процессов, работа с графиками, таблицами и техническими характеристиками.

Кроме того, сама аудитория студентов технических направлений требует особого методического подхода. Такие обучающиеся, как правило, ценят логичность, ясность, точность формулировок и практическую значимость материала. Им важно понимать, где и каким образом изучаемый язык будет применяться в будущей профессии. Именно поэтому преподавателю необходимо выстраивать курс так, чтобы каждый тематический блок имел прикладной смысл и соотносился с профессиональной подготовкой студентов [2].

Актуальность данной темы определяется несколькими обстоятельствами:

1. английский язык стал одним из основных каналов доступа к современной научно-технической информации;
2. инженерная и технологическая сферы всё чаще требуют участия в международной профессиональной коммуникации;
3. традиционные подходы к преподаванию иностранного языка не всегда в полной мере учитывают реальные потребности студентов технического профиля.

Цель статьи состоит в том, чтобы охарактеризовать основные особенности преподавания английского языка для технических специальностей в вузе и показать, какие методические решения наиболее эффективны в данной образовательной среде.

Основная часть

Одной из ключевых особенностей преподавания английского языка в техническом вузе является его профессиональная направленность. Для студентов инженерных и технологических направлений язык должен выступать не отвлечённым объектом изучения, а рабочим инструментом, связанным с будущей деятельностью. Это означает, что преподавание необходимо строить вокруг реальных или моделируемых профессиональных задач: чтения профильных текстов, описания устройства или процесса, анализа технической информации, представления результатов проекта, обсуждения характеристик оборудования или программного решения. Когда студент видит прямую связь между языком и своей специальностью, уровень его вовлечённости обычно становится заметно выше [3, 4].

Особое место в таком обучении занимает терминология. Технический английский отличается высокой степенью точности, насыщенностью специальной лексикой, устойчивыми профессиональными сочетаниями и зависимостью значения слова от конкретной предметной области. При этом обучение терминологии не может ограничиваться простым запоминанием словаря. Если термины вводятся изолированно, без контекста, они быстро забываются и слабо переходят в активное владение. Гораздо эффективнее включать их в описание механизмов, технологических операций, производственных процессов, характеристик устройств или результатов эксперимента. В исследовании O. Mudraya, посвящённом Engineering English, показано, что соединение лексического подхода с корпусной методикой делает обучение специальной инженерной лексике более системным и практически полезным для технических студентов. Это подтверждает мысль о том, что терминологию следует осваивать не как список слов, а как часть профессионального речевого поведения.

Не менее значимой является работа с профессиональными текстами. Для студента технической специальности чтение становится одним из центральных видов речевой деятельности, поскольку именно через него он получает доступ к большей части профильной информации. Это могут быть научные статьи, инструкции, стандарты, описания приборов, спецификации, патенты, технические обзоры и руководства пользователя. Работа с такими текстами требует особой организации. С одной стороны, необходимо формировать умение понимать общий смысл, быстро находить нужные

сведения и выделять ключевые параметры. С другой стороны, важно учить студентов внимательно анализировать структуру текста, интерпретировать схемы, таблицы и количественные данные, а также понимать логику изложения материала.

В этой связи сохраняет значение и перевод. Несмотря на широкое распространение коммуникативных методов, для технического образования перевод остаётся практически значимым умением. Будущим специалистам нередко приходится иметь дело с англоязычной документацией, инструкциями, описаниями оборудования, а иногда и с научными материалами, требующими точного понимания. Однако методически важно, чтобы перевод рассматривался не как самоцель, а как средство анализа текста и углублённого освоения профессионального языка. Студенты должны учиться распознавать особенности научно-технического синтаксиса, корректно передавать терминологию, понимать страдательные конструкции, длинные атрибутивные группы и безличные формы, характерные для технического дискурса [5].

Наряду с чтением и переводом в техническом вузе необходимо развивать и устную речь. Иногда можно встретить мнение, что для инженеров или программистов этот компонент второстепенен, однако современная профессиональная практика показывает обратное. Специалисту всё чаще требуется представить проект, объяснить принцип работы устройства, описать результаты испытаний, ответить на вопросы коллег, обсудить техническое решение или кратко изложить проблему в рабочем диалоге. Поэтому обучение устной речи должно быть встроено в профессиональный контекст. Наиболее продуктивными оказываются задания, где студент не просто говорит на английском языке, а решает конкретную коммуникативную задачу: описывает схему, сравнивает два устройства, объясняет последовательность операций, комментирует таблицу или представляет мини-доклад по теме специальности.

Эффективность преподавания во многом зависит и от того, насколько грамотно подобраны методические подходы. В классической работе Т. Hutchinson и А. Waters по ESP подчёркивается, что отправной точкой проектирования курса должен становиться вопрос о том, зачем именно данным обучающимся нужен английский язык. Для технического вуза это особенно важно, поскольку без связи с будущей профессией курс быстро начинает восприниматься как второстепенный. Отсюда вытекают и основные ориентиры преподавания:

1. профессиональная направленность обучения, при которой язык связывается с профильными дисциплинами и будущей сферой деятельности;
2. практическая применимость материала, когда задания моделируют реальные ситуации профессиональной коммуникации;
3. структурная чёткость курса, позволяющая студентам видеть логику работы, последовательность целей и ожидаемый результат.

Именно эти принципы позволяют преодолеть одну из типичных проблем — восприятие иностранного языка как непрофильной и потому второстепенной дисциплины. Если курс строится только на общих темах, не связанных с инженерной сферой, студенты технических направлений нередко теряют интерес. Но когда в основу положены реальные профессиональные тексты, описание процессов, анализ приборов, терминологические задачи и работа с актуальными материалами по специальности, отношение к предмету заметно меняется. В исследовании Е. Gözüyeşil, выполненном на материале инженерных специальностей, было показано, что сами студенты особенно высоко оценивают необходимость развития навыков чтения для исследовательской и учебной работы. Такой вывод хорошо согласуется с практикой преподавания в

техническом вузе, где именно чтение профильных текстов часто становится базой для дальнейшего развития остальных видов речевой деятельности.[6]

При организации учебного процесса необходимо учитывать и когнитивные особенности такой аудитории. Студенты технических направлений обычно легче воспринимают структурированный материал, чёткие инструкции, логические схемы и задания с понятным результатом. Поэтому в преподавании полезно использовать таблицы, алгоритмы, визуальные опоры, терминологические карты, шаблоны профессиональных высказываний и модели описания процессов. Аутентичные материалы также играют важную роль, поскольку позволяют приблизить обучение к реальной профессиональной практике. Это могут быть фрагменты инструкций, интерфейсов, технических презентаций, видеороликов о принципе работы оборудования, описания программных решений и материалы научно-популярного характера по специальности [7, 8].

Вместе с тем преподавание английского языка для технических специальностей связано с рядом трудностей. Одной из них является неоднородность уровня владения языком: в одной группе могут находиться студенты с достаточно сильной базой и те, кто испытывает затруднения уже на уровне общего английского. Другой проблемой становится ограниченное количество учебных часов, из-за чего преподавателю приходится одновременно решать две задачи: развивать базовые языковые навыки и формировать профессионально ориентированную компетенцию. Наконец, для части студентов трудной остаётся устная спонтанная речь, особенно если они привыкли к точным и однозначным формулировкам и испытывают дискомфорт в ситуации речевой неопределённости.

В практическом отношении курс английского языка для технических специальностей должен приводить к формированию у студентов нескольких устойчивых умений:

1. понимать профильные тексты и извлекать из них необходимую информацию;
2. использовать базовую терминологию в письменной и устной профессиональной речи;
3. представлять техническое содержание в ясной, логичной и краткой форме.

Если эти результаты достигаются, английский язык действительно начинает работать как инструмент профессионального роста. В этом и состоит его главная ценность в техническом вузе.

Заключение

Таким образом, преподавание английского языка для технических специальностей в вузе имеет ряд устойчивых особенностей, отличающих его от общего языкового образования. В данной образовательной среде иностранный язык должен рассматриваться прежде всего как средство профессиональной деятельности, а не только как дисциплина общекультурного характера. Это требует соответствующего отбора содержания, акцента на терминологию, работы с техническими текстами, развития навыков профессионального чтения, перевода и устной коммуникации.

Эффективность обучения в значительной степени зависит от того, насколько тесно язык связан с профилем подготовки студентов и насколько ясно обучающиеся понимают его практическую ценность. Для технической аудитории особенно важны логичность построения курса, структурированность материала, аутентичность текстов и ориентация на реальные профессиональные задачи. Именно поэтому наиболее продуктивным оказывается профессионально ориентированный подход, сочетающий языковое развитие с формированием прикладных коммуникативных умений.

Следовательно, современное преподавание английского языка в техническом вузе должно строиться как часть общей профессиональной подготовки будущего специалиста. В этом случае иностранный язык становится не формальным учебным предметом, а реальным инструментом включения студента в научно-техническое и профессиональное пространство..

Список литературы:

1. Basturkmen H. Ideas and Options in English for Specific Purposes. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
2. Basturkmen H. Core Concepts in English for Specific Purposes. Cambridge: Cambridge University Press, 2025.
3. Dudley-Evans T., St John M. J. Developments in English for Specific Purposes: A Multi-Disciplinary Approach. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
4. Gözüyeşil E. An Analysis of Engineering Students' English Language Needs // Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2014. Vol. 116. P. 4182-4186.
5. Hutchinson T., Waters A. English for Specific Purposes: A Learning-Centred Approach. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
6. Mudraya O. Engineering English: A Lexical Frequency Instructional Model // English for Specific Purposes. 2006. Vol. 25, No. 2. P. 235-256.
7. Swales J. M. Episodes in ESP. Oxford : Pergamon Press, 1985.
8. Arnó-Macià E., Aguilar-Pérez M., Tatzl D. Engineering Students' Perceptions of the Role of ESP Courses in Internationalized Universities // English for Specific Purposes. 2020. Vol. 58. P. 58-74

Specific features of teaching English to university students in technical specialisations

Kustova V.A.

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
Saint Petersburg, Russia
e-mail: Nerealnayav@mail.ru

Abstract

The article examines the specific features of teaching English to students in technical specialisations within higher education. It is shown that, for this audience, a foreign language performs not only a general educational function but also a professionally applied one, providing access to scientific and technical information, professional communication, and international academic resources. The paper analyses the goals of instruction, the specificity of language material, the role of terminology, the peculiarities of working with technical texts and oral speech, as well as the methodological approaches that are most effective in training future engineers and technical specialists. It is concluded that successful teaching of English in a technical university requires a professionally oriented, practice-oriented, and structurally organised approach.

Keywords: English language; technical specialisations; higher education; professionally oriented instruction; technical English; engineering education; teaching methodology.

Для заметок

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ НАУЧНЫЙ СПЕКТР

№5 2026

www.sciencespectrum.ru

Реестровая запись от 15.07.2025 серия ПИ № ФС77-89760

Подписано в печать 25.06.2026 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 25.06.2026

6,1 усл.печ.л. 6,7 уч.изд.л. Тираж 100 экз. Заказ 152.

Учредитель: АО "Черное зеркало":
420104, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Рихарда Зорге, д. 60

Адрес редакции, издательства, типографии – АО "Черное зеркало":
420104, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Рихарда Зорге, д. 60

Цена - договорная
© АО "Черное зеркало"
mail@sciencespectrum.ru
Отпечатано с готового оригинал-макета
АО "Черное зеркало"