Принципы геоэкологического образования и воспитания

DOI: 10.35634/UdSU.2026.40.75.008

УДК 378.016:551.583:62

Р.Г. Ахтямов, А.Н. Елизарьев, В.А. Федосов, Д.А. Тараканов

АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ МИНИМИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена возрастающим воздействием климатических изменений на надёжность и безопасность инженерной инфраструктуры, что формирует запрос на трансформацию системы подготовки технических специалистов. Целью работы является выявление, систематизация и сравнительный анализ существующих стратегий интеграции климатической повестки в инженерное образование как инструмента митигации климатических рисков. Методологическая база исследования включает анализ учебно-методической документации ведущих российских и зарубежных вузов, а также метод кейс-стади применительно к программам образования в сфере устойчивого развития. В результате исследования разработана матрица релевантности климатических рисков для различных инженерных специальностей, отражающая взаимосвязь между характером природных угроз и необходимыми профессиональными компетенциями. Предложена классификация стратегий внедрения климатической проблематики в учебный процесс, включающая адаптивный, модульный и трансформационный подходы, с анализом их преимуществ и ограничений. Выявлен и систематизирован педагогический инструментарий, применяемый для формирования климатической компетентности, включая расчётно-аналитические задачи с вариативными климатическими параметрами, проектное обучение и цифровые симуляции на базе BIM-технологий. Научная новизна работы заключается в разработке типологии стратегий митигации климатических рисков через адаптацию содержания высшего технического образования. Теоретическая значимость состоит в уточнении понятия «климатическая компетентность инженера» и его структуры. Практическая значимость определяется возможностью использования полученных результатов при актуализации основных профессиональных образовательных программ и разработке учебно-методических комплексов дисциплин, направленных на подготовку инженеров, способных проектировать климатоустойчивую инфраструктуру.

Ключевые слова: климатические риски, инженерное образование, митигация, адаптация к изменениям климата, климатоустойчивое проектирование, компетентностный подход, образовательные стратегии.

Для цитирования: Ахтямов Р.Г., Елизарьев А.Н., Федосов В.А., Тараканов Д.А. Анализ стратегий минимизации климатических рисков при подготовке инженерных кадров // Управление техносферой: электрон. журнал, 2026. Т.9. Вып.2. С. 381–401. DOI: 10.35634/UdSU.2026.40.75.008

Введение

Современный этап развития техносферы характеризуется нарастанием неопределённости внешних условий, вызванных глобальными климатическими изменениями. Фиксируемый учёными рост среднегодовых температур, увеличение частоты и интенсивности опасных гидрометеорологических явлений, а также деградация многолетнемерзлых пород формируют принципиально новые вызовы для объектов инженерной инфраструктуры [1; 2]. Традиционные подходы к проектированию, базирующиеся на анализе статических климатических данных за прошедшие периоды, перестают гарантировать требуемый уровень безопасности и надёжности зданий, сооружений, транспортных и энергетических систем. В этих условиях особую актуальность приобретает проблема готовности инженерных кадров к профессиональной деятельности в условиях климатической нестабильности.

Анализ научной литературы свидетельствует о растущем интересе исследователей к вопросам адаптации инфраструктуры к изменениям климата. Значительное число работ посвящено техническим и управленческим аспектам климатоустойчивого проектирования, включая разработку новых строительных материалов, методов расчёта конструкций с учётом прогнозируемых нагрузок и внедрение систем раннего предупреждения об опасных явлениях [3; 4]. Параллельно развивается направление исследований, связанное с интеграцией принципов устойчивого развития и ESG-повестки в содержание высшего образования. В работах [5; 6] рассматриваются общие подходы к формированию экологической культуры будущих специалистов, однако инженерная специфика при этом часто остаётся на периферии внимания.

В зарубежной практике вопросы подготовки инженеров к работе в условиях климатических изменений находят отражение в обновлении рамочных стандартов инженерного образования. Так, в актуализированной

версии стандартов CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) Syllabus 3.0 появились разделы, непосредственно касающиеся учёта климатических рисков на всех этапах жизненного цикла технических объектов [7]. Исследования [8; 9] отмечают, что российские технические вузы также начинают реагировать на новые вызовы, вводя отдельные темы по климатической адаптации в дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», «Экология» или «Промышленная безопасность», однако системность этого процесса остаётся недостаточно изученной. Таким образом, возникает противоречие между объективной потребностью в инженерах, обладающих климатической компетентностью, и отсутствием систематизированного знания о том, как эта потребность реализуется в образовательной практике. Данное противоречие определяет актуальность настоящего исследования.

Целью статьи является выявление, систематизация и сравнительный анализ существующих стратегий интеграции климатической проблематики в содержание и методы подготовки инженерных кадров как инструмента митигации климатических рисков.

Методы исследования

Теоретико-методологическую основу настоящего исследования составили три взаимодополняющих концептуальных подхода. Во-первых, это концепция устойчивого развития, задающая ценностно-целевые ориентиры для трансформации профессионального образования в контексте глобальных экологических вызовов. Во-вторых, исследование опирается на положения теории управления рисками, которые позволяют рассматривать недостаточную компетентность специалистов как самостоятельный фактор риска, подлежащий идентификации и минимизации. В-третьих, работа базируется на компетентностном подходе в образовании, который ориентирует на формирование у выпускников способности решать профессиональные задачи в условиях реальной практики и неопределённости [10]. Сбор данных

осуществлялся с использованием комплекса взаимосвязанных методов. Основным методом выступил контент-анализ нормативной и учебно-методической документации. Дополнительно были изучены требования работодателей к климатической грамотности инженеров [11]. Для сравнительного анализа привлекался международный рамочный документ CDIO Syllabus 3.0 [12], в котором на уровне международного стандарта инженерного образования были закреплены требования к способности выпускников учитывать климатические изменения в проектной деятельности.

Обработка и систематизация полученных данных осуществлялась методами классификации, типологизации и концептуального моделирования. На основе выявленных признаков была разработана классификация климатических рисков по их релевантности различным инженерным профилям, а также типология стратегий их интеграции в образовательный процесс.

Результаты исследования

В результате проведённого контент-анализа нормативной документации и учебно-методических материалов были получены данные, позволившие систематизировать существующие подходы к интеграции климатической проблематики в подготовку инженерных кадров. Анализ показал, что процесс носит неоднородный характер и может быть описан через три ключевых аспекта: дифференциацию климатических рисков по направлениям подготовки, типологию стратегий их внедрения в образовательный процесс и выявление конкретного педагогического инструментария.

Первая группа полученных результатов связана с идентификацией релевантности различных климатических рисков для конкретных инженерных специальностей. Проведённый анализ позволил установить, что содержание климатической компетентности инженера существенно варьируется в зависимости от профиля его деятельности. В ходе исследования была разработана матрица, отражающая взаимосвязь между типом климатических

угроз и требуемыми профессиональными компетенциями для различных направлений инженерной подготовки (табл. 1).

Таблица 1

Матрица релевантности климатических рисков для инженерных направлений подготовки

Направление подготовки	**Основной тип климатического риска**	**Влияние на профессиональную деятельность**	**Требуемая компетенция**
Строительство и архитектура	Деградация многолетнемерзлых грунтов, переувлажнение оснований, увеличение ветровых и снеговых нагрузок	Разрушение фундаментных конструкций, деформации зданий, сокращение нормативного срока эксплуатации	Проектирование с использованием динамических коэффициентов надёжности, учёт изменения несущей способности грунтов во времени
Теплоэнергетика	Рост среднегодовых температур, увеличение продолжительности отопительного периода в одних регионах и сокращение в других	Изменение режимов работы тепловых сетей, снижение КПД оборудования, необходимость коррекции графиков отпуска тепла	Оптимизация режимов теплоснабжения с учётом климатических трендов, внедрение систем автоматического регулирования
Электроэнергетика	Обледенение проводов ЛЭП, рост нагрузок на системы охлаждения, снижение стока рек	Аварийные отключения, увеличение пикового потребления в летний период, снижение выработки гидроэлектростанций	Проектирование распределённых энергосистем, развитие микрогенерации, прогнозирование спроса с учётом климатических факторов
Транспортное строительство	Разрушение дорожного покрытия при экстремальных температурах, подтопление трасс, изменение условий навигации	Увеличение затрат на ремонт и содержание, нарушение логистических связей, рост аварийности	Применение термостойких дорожных покрытий, проектирование водоотводов с учётом экстремальных осадков
Водоснабжение и водоотведение	Дефицит водных ресурсов, увеличение паводковых нагрузок, подтопление очистных сооружений	Нарушение бесперебойности водоснабжения, сброс недостаточно очищенных вод в периоды паводков	Внедрение систем оборотного водоснабжения, проектирование с учётом максимальных паводковых уровней

Вторая группа результатов касается классификации стратегий, используемых образовательными организациями для внедрения климатической повестки в учебный процесс. Контент-анализ рабочих программ дисциплин и учебных планов позволил выделить три качественно различных подхода, которые условно можно обозначить как адаптивный, модульный и трансформационный. Полученная типология согласуется с работой [13], которая в своём также фиксировала фрагментарность и несистемность большинства инициатив. Сравнительный анализ выделенных стратегий представлен в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ стратегий интеграции климатической повестки в учебный процесс

Стратегия	**Пример реализации**	**Инструменты**	**Преимущества**	**Недостатки**
Адаптивная	Включение темы «Климатические риски и безопасность труда» в дисциплину «Безопасность жизнедеятельности» или «Экология»	Обновление лекционных материалов, включение вопроса в экзаменационные билеты	Оперативность внедрения, отсутствие необходимости в изменении учебных планов, минимальные затраты	Поверхностный характер знаний, отсутствие межпредметных связей, невозможность отработки практических навыков
Модульная	Создание отдельной дисциплины по выбору «Климатоустойчивое проектирование» или магистерской программы «Устойчивая энергетика»	Разработка УМК, приглашение специалистов-практиков, организация проектных семинаров	Углублённая проработка материала, формирование узких специалистов, востребованных на рынке труда	Охватывает лишь небольшой процент студентов, требует дополнительных ресурсов

Продолжение табл. 2

Трансформа-ционная	Интеграция климатических параметров в расчётные задания по базовым инженерным дисциплинам: «Сопротивление материалов», «Техническая механика», «Строительная физика»	Корректировка содержания практических заданий и курсовых проектов, повышение квалификации преподавателей, обновление ПО	Формирует системное климатическое мышление у всех без исключения выпускников, обеспечивает междисциплинарность	Требует кардинального пересмотра методологии преподавания, высокой квалификации ППС, значительных временных затрат

Примечательно, что в российской практике доминирует адаптивная стратегия, тогда как трансформационная стратегия встречается крайне редко и преимущественно в университетах, участвующих в международных образовательных проектах или имеющих развитые партнёрства с высокотехнологичными компаниями. Это коррелирует с данными [14] о том, что уровень интеграции климатической повестки в образовательные программы прямо пропорционален степени вовлеченности вуза в международное академическое сотрудничество.

Третья группа результатов связана с систематизацией педагогического инструментария, используемого для формирования климатической компетентности инженеров. Анализ рабочих программ и учебно-методических пособий позволил выделить три основные группы методов, различающихся по дидактическим целям и формируемым навыкам. Важно отметить, что наиболее перспективные инструменты используются преимущественно в рамках модульной и трансформационной стратегий. Обобщённые данные о применяемых методах представлены в табл. 3.

Таблица 3

Инструментарий формирования климатической компетентности инженера

Группа методов	**Конкретные педагогические инструменты**	**Формируемый навык**	**Примеры реализации**
Расчётно-аналитические методы	Решение задач с вариативными климатическими параметрами; расчёты на прочность с учётом прогнозируемых изменений нагрузок; оценка экономической эффективности с учётом климатических рисков	Работа с неопределённостью, вероятностное прогнозирование, риск-ориентированное мышление	В курсе «Строительная физика» студенты выполняют расчёт теплопотерь здания не для нормативных, а для прогнозируемых на 2050 год температур; в курсе «Гидротехнические сооружения» рассчитываются паводковые расходы различной обеспеченности с учётом климатических трендов
Проектные методы	Разработка курсовых проектов и ВКР по тематике климатоустойчивой инфраструктуры; участие в студенческих конкурсах; работа в междисциплинарных проектных командах	Системное проектирование, инновационность, командная работа, учёт ESG-факторов	В Томском политехническом университете реализуется проект «Умный кампус», в рамках которого студенты разрабатывают решения по адаптации зданий университета к изменению климата; в магистратуре Делфтского технического университета студенты разрабатывают проекты защиты прибрежных территорий от повышения уровня моря
Цифровые симуляции и моделирование	Использование BIM-моделей с климатическими модулями; работа в CAE-системах с возможностью задания динамических климатических нагрузок; сценарное моделирование	Работа с современным программным обеспечением, прогнозирование, многовариантный анализ	В курсе «Информационное моделирование зданий» студенты используют модули Autodesk Revit для анализа инсоляции и ветровых нагрузок с учётом климатических сценариев; на программе ДПО моделируются режимы работы микрогенерации в зависимости от климатических колебаний

Полученные результаты позволяют констатировать, что, несмотря на наличие разнообразного педагогического инструментария и осознание важности климатической повестки на уровне нормативных документов, системное внедрение климатической проблематики в подготовку инженерных кадров в российской высшей школе находится на начальном этапе. Выявленное преобладание адаптивной стратегии и фрагментарное использование современных цифровых инструментов свидетельствуют о существующем разрыве между декларируемой важностью климатической компетентности и реальной образовательной практикой, что требует выработки рекомендаций по совершенствованию существующих подходов.

Обсуждение результатов

Проведённое исследование позволило выявить ряд закономерностей и противоречий, характеризующих современное состояние интеграции климатической проблематики в систему подготовки инженерных кадров. Полученные результаты требуют содержательной интерпретации в контексте существующих теоретических подходов и эмпирических данных, представленных в научной литературе.

Первое значимое наблюдение касается доминирования адаптивной стратегии внедрения климатических знаний в образовательный процесс. Как отмечает [5], инерционность системы высшего образования является объективным барьером на пути любых содержательных инноваций, требующих пересмотра устоявшихся учебных планов и методик преподавания. Дополнительным фактором выступает сложность обновления федеральных государственных образовательных стандартов, которые задают жёсткие рамки для формирования компетенций и распределения учебной нагрузки. На это указывается в работе [15], подчёркивая, что включение новых содержательных

элементов возможно преимущественно за счёт вариативной части учебного плана, объем которой в инженерных направлениях подготовки ограничен.

Сравнение полученных данных с зарубежными исследованиями показывает, что сходные проблемы характерны и для других национальных систем образования. Однако, согласно [16], в странах Европейского Союза наблюдается более активное движение в сторону трансформационной стратегии, что связывается с действием наднациональных директив в области «зелёного» перехода и финансовой поддержкой соответствующих образовательных проектов со стороны структур ЕС.

Второй важный аспект обсуждения связан с выявленным несоответствием между структурой климатических рисков и содержанием формируемых компетенций. Анализ показывает, что в образовательных программах преобладает общетеоретическое рассмотрение проблем изменения климата, тогда как отраслевая специфика прорабатывается недостаточно. Данный разрыв может быть интерпретирован как следствие отсутствия чёткого запроса со стороны профессионального сообщества. В исследовании [9] отмечается, что профессиональные стандарты инженеров крайне редко содержат прямые указания на необходимость учёта климатических факторов, что дезориентирует разработчиков образовательных программ. С другой стороны, как показывают данные [11], работодатели начинают осознавать значимость климатических рисков, однако этот запрос пока не транслирован в формализованные квалификационные требования.

Особого внимания заслуживает вопрос о педагогическом инструментарии, используемом при реализации различных стратегий. Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее эффективные методы – цифровые симуляции, проектное обучение, междисциплинарные кейсы – применяются преимущественно в рамках модульной и трансформационной стратегий, то есть там, где уже принято стратегическое решение

о приоритетности климатической повестки. При этом, согласно [17], сами по себе современные инструменты не гарантируют формирования климатического мышления, если они используются без соответствующей методической проработки и без акцента на работу с неопределённостью и долгосрочным прогнозированием. Это ставит задачу не только технического, но и содержательно-методического обновления образовательного процесса.

Интерес представляет сопоставление выявленных стратегий с теоретическими моделями организационных изменений. В терминах теории диффузии инноваций [18] можно констатировать, что климатическая повестка в российском инженерном образовании находится на стадии «раннего ознакомления», когда новаторами выступают отдельные преподаватели и кафедры, а массового принятия инновации ещё не произошло.

Для систематизации факторов, влияющих на выбор той или иной стратегии, а также для обобщения выявленных барьеров и драйверов была разработана аналитическая (табл. 4), обобщающая результаты обсуждения.

Таблица 4

Факторы, определяющие выбор стратегии интеграции климатической повестки в инженерное образование

Группа факторов	**Адаптивная стратегия**	**Модульная стратегия**	**Трансформационная стратегия**
Нормативно-правовые	Соответствует существующим ФГОС, не требует согласований; ориентация на выполнение формальных требований к содержанию образования	Требует разработки новых учебных планов и их утверждения; возможна в рамках экспериментальных площадок	Требует изменения подходов к формированию компетенций на уровне стандартов; необходима поддержка на уровне министерства
Кадровые	Может быть реализована силами существующих преподавателей без дополнительной подготовки	Требует наличия узких специалистов в области климатоустойчивого инжиниринга	Требует массовой переподготовки профессорско-преподавательского состава, владения современными методиками и цифровыми инструментами

Продолжение табл. 4

Ресурсные	Минимальные затраты	Требует финансирования разработки новых курсов, закупки ПО, оплаты привлечённых специалистов	Требует системных инвестиций в обновление материально-технической базы, повышение квалификации, разработку нового УМК
Организационные	Не требует изменения структуры управления, решается на уровне кафедры	Требует координации между кафедрами, создания новых структур	Требует изменения образовательной политики вуза в целом, вовлеченности руководства, стратегического планирования
Внешние	Ориентация на текущие, часто неформализованные требования рынка труда	Подготовка специалистов под перспективные ниши	Ориентация на глобальные тренды, подготовка выпускников, способных работать в условиях климатической неопределённости в любой сфере

Представленная систематизация позволяет объяснить, почему адаптивная стратегия является наиболее распространённой: она требует минимальных ресурсов и изменений, не вступает в противоречие с существующими нормами и может быть реализована по инициативе отдельных преподавателей. Однако, как показывают данные (табл. 4), именно эта стратегия в наименьшей степени способна сформировать у будущих инженеров системное понимание климатических рисков и готовность к работе в условиях меняющейся среды. Модульная стратегия, обеспечивая более глубокую подготовку, неизбежно носит элитарный характер, охватывая лишь небольшую часть студентов. Трансформационная стратегия, будучи наиболее эффективной с содержательной точки зрения, сталкивается с максимальным числом барьеров и требует консолидации усилий на всех уровнях – от преподавателя до министерства.

Отдельного обсуждения заслуживает вопрос о применимости зарубежного опыта в российских условиях. Исследования [9] показывают, что

прямое копирование западных образовательных моделей без учёта российской специфики климатических рисков и сложившейся системы инженерного образования малоэффективно. Наиболее продуктивным представляется путь адаптации успешных методик и инструментов к отечественным учебным планам.

Таким образом, обсуждение результатов приводит к выводу о необходимости поиска баланса между глубиной климатической подготовки и массовостью охвата студентов. Представляется, что оптимальным для российской системы инженерного образования на текущем этапе является сочетание элементов трансформационной стратегии с развитием модульных программ для углублённой подготовки наиболее мотивированных студентов и специалистов в рамках ДПО. При этом ключевым условием успеха выступает не столько техническое переоснащение, сколько методическая работа по переформатированию мышления преподавателей, которые сами зачастую не обладают достаточными компетенциями в области климатических рисков и способов их учёта в профессиональной деятельности.

Заключение

В результате исследования разработана классификация климатических рисков по критерию их релевантности различным инженерным специальностям. Установлено, что содержание климатической компетентности инженера существенно варьируется в зависимости от отраслевой принадлежности: для строителей приоритетное значение имеют риски, связанные с деградацией грунтов и изменением нагрузок на конструкции; для энергетиков – риски нарушения режимов работы генерирующего и сетевого оборудования; для транспортников – риски разрушения инфраструктуры и нарушения логистики. Данная дифференциация должна учитываться при разработке образовательных программ и формировании фондов оценочных средств.

Выявлены и охарактеризованы три основные стратегии интеграции климатической проблематики в учебный процесс: адаптивная, предполагающая включение отдельных тем в существующие дисциплины; модульная, реализуемая через создание отдельных курсов или программ; трансформационная, основанная на пересмотре содержания всех базовых инженерных дисциплин с учётом климатических факторов. Установлено, что в российской образовательной практике доминирует адаптивная стратегия, что обеспечивает оперативность реагирования на новые вызовы, но не позволяет сформировать у будущих инженеров системное понимание климатических рисков и готовность к работе в условиях неопределённости. Трансформационная стратегия, признаваемая наиболее эффективной, реализуется лишь в единичных случаях, преимущественно в вузах, активно вовлечённых в международное академическое сотрудничество.

Систематизирован педагогический инструментарий, применяемый для формирования климатической компетентности. Выделены три группы методов: расчётно-аналитические, проектные и цифровые симуляции. Показано, что наиболее перспективные инструменты применяются преимущественно в рамках модульной и трансформационной стратегий, тогда как при адаптивном подходе преобладают традиционные лекционные формы.

На основе сравнительного анализа выявлены факторы, определяющие выбор стратегии, включая нормативно-правовые ограничения, кадровые возможности, ресурсное обеспечение и внешний запрос со стороны рынка труда. Установлено, что ключевым барьером на пути системных преобразований выступает не столько техническое или финансовое обеспечение, сколько инерционность самой образовательной системы и недостаточная готовность профессорско-преподавательского состава к реализации новых содержательных и методических подходов. Предложенная типология стратегий интеграции климатической повестки в образовательный процесс может служить основой для

дальнейших теоретических разработок в области инженерной педагогики и образования для устойчивого развития. Практическая значимость результатов определяется актуализацией основных профессиональных образовательных программ, разработкой учебно-методических комплексов дисциплин, а также при планировании повышения квалификации преподавателей. Разработанная матрица релевантности климатических рисков может применяться при формировании профессиональных стандартов и квалификационных требований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобышева Н. В., Акентьева Е. М., Галюк Л. П. Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. Санкт-Петербург: Издательство Кириллица, 2015. 214 с.
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии, 2022. 124 с.
3. Ахтямов Р. Г. Разработка подходов к адаптации транспортной инфраструктуры к климатическим изменениям // Инновационные транспортные системы и технологии. 2023. Т. 9, № 1. С. 34 – 43.
4. Инженерные и архитектурные технологии проектирования зданий с учетом климатических особенностей территории / Г. В. Михеев, Е. Я. Капогузова, Ю. А. Вадимович [и др.] // Вестник евразийской науки. 2021. Т. 13, № 1. С. 9. URL: https://esj.today/PDF/02SAVN121.pdf
5. Азизова А. Н. Образование для устойчивого развития в России: концептуальные основы, реалии и перспективы // Юг России: экология, развитие. 2015. Т. 10, № 1. С. 7 – 12. DOI 10.18470/1992-1098-2015-1-7-12
6. Алексеева М. Е. Формирование экологической компетентности обучающихся в условиях цифровизации образования // Общество: социология, психология, педагогика. 2021. № 12(92). С. 365 – 369.
7. Crawley E., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 4th ed. Springer, 2021, 300 p.

8. Соловьев Н. П. Реализация климатической повестки в аспекте международных отношений // Образование и право. 2023. № 8. С. 45 – 48. DOI 10.24412/2076-1503-2023-8-45-48
9. Ахтямов Р. Г. Пути трансформации транспортного профессионального образования в контексте подготовки кадров для низкоуглеродной экономики // Инновационные транспортные системы и технологии. 2024. Т. 10. № 1. С. 5–19. DOI 10.17816/transsyst595898
10. Путилова А. В. Компетентностный подход при проектировании образовательного процесса, как механизм повышения качества образования // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2013. № 4. С. 53–56.
11. Имплементация эколого-этических компетенций для работников сферы информационного обеспечения градостроительства при осуществлении ими производственного процесса / В. В. Симонян, А. П. Сизов, С. А. Атаманов [и др.] // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 4. С. 1–16.
12. CDIO STANDARDS 3.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cdio.org/files/CDIO%20STANDARDS%203.pdf (дата обращения: 14.02.2026).
13. Авдеева Е. В., Штрекер Н. Ю. Экологизация содержания образования как составляющая проблемы непрерывного экологического образования // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 74-1. С. 10–12.
14. Качелин А. С. Международное сотрудничество как фактор научно-технологического развития в нефтегазовой отрасли Российской Федерации // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2023. Т. 14. № 1. С. 34–52.
15. Фундаментальные основы успеха и престижа отечественного инженерного образования / А. И. Рудской, С. В. Кабышев, А. И. Боровков [и др.] // Высшее образование в России. 2025. Т. 34. № 1. С. 9–29. DOI 10.31992/0869-3617-2025-34-1-9-29
16. Eilam E., Prasad V., Widdop H. Climate Change Education: Mapping the Nature of Climate Change, the Content Knowledge and Examination of Enactment in Upper Secondary Victorian Curriculum, Sustainability. 2020, vol. 12, no. 2, P. 591. DOI 10.3390/su12020591
17. Китаева Ф. С. Возможности и ограничения применения технологий искусственного интеллекта в развитии педагогических инструментов персонализации обучения // Финансовые рынки и банки. 2024. № 9. С. 17–20. DOI 10.24412/2658-3917-2024-9-17-20
18. Rogers E. M. Diffusion of Innovations. 5th ed. New York: Free Press, 2018. 576 p.

Поступила в редакцию: 05.03.2026

Сведения об авторах

Ахтямов Расул Гумерович
кандидат технических наук, доцент, Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9. Россия.
E-mail: ahtamov_zchs@mail.ru.

Елизарьев Алексей Николаевич
заведующий кафедрой безопасности производства и промышленной экологии Уфимского университета науки и технологий, кандидат географических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, Заки Валиди, д.32, Россия.
E-mail: elizariev@mail.ru.

Федосов Владимир Андреевич
студент, оператор ЭВиВМ кафедры безопасности производства и промышленной экологии ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, Заки Валиди, д.32, Россия.
E-mail: fedosov.vla@gmail.com.

Тараканов Дмитрий Анатольевич
заместитель директора по воспитательной работе кафедры безопасности производства и промышленной экологии Уфимского университета науки и технологий, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, Заки Валиди, д.32, Россия.
E-mail: T.Dm.A@yandex.ru.

R.G. Akhtyamov, A.N Elizaryev., V.A. Fedosov, D.A. Tarakanov

ANALYSIS OF CLIMATE RISK MINIMIZATION STRATEGIES IN ENGINEERING EDUCATION

Annotation. The relevance of the study is driven by the increasing impact of climate change on the reliability and safety of engineering infrastructure, which creates a demand for transformation in the system of training technical specialists. The aim of the work is to identify, systematize, and conduct a comparative analysis of existing strategies for integrating the climate agenda into engineering education as a tool for mitigating climate risks. The methodological framework of the study includes an analysis of educational and methodological documentation from leading Russian and foreign universities, as well as a case study method applied to educational programs in the field of sustainable development. As a result of the research, a climate risk relevance matrix for various engineering specializations has been developed, reflecting the relationship between the nature of natural hazards and the required professional competencies. A classification of strategies for incorporating climate issues into the educational process is proposed, including adaptive, modular, and transformational approaches, along with an analysis of their advantages and limitations. The pedagogical tools used to develop climate competence are identified and systematized, including computational and analytical tasks with variable climate parameters, project-based learning, and digital simulations based on BIM technologies. The scientific novelty of the work lies in the development of a typology of strategies for mitigating climate risks through the adaptation of higher technical education content. The theoretical significance consists of refining the concept of "climate competence of an engineer" and its structure. The practical significance is determined by the possibility of using the obtained results in updating core professional educational programs and developing educational and methodological packages for disciplines aimed at training engineers capable of designing climate-resilient infrastructure.
Keywords: climate risks, engineering education, mitigation, climate change adaptation, climate-resilient design, competency-based approach, educational strategies.

For citation: Akhtyamov R.G., Elizaryev A.N., Fedosov V.A., Tarakanov D.A. [Analysis of climate risk minimization strategies in engineering education] *Upravlenie tekhnosferoi,* 2026, vol. 9, issue 2, pp. 381–401. DOI: 10.35634/UdSU.2026.40.75.008. (In Russ.).

REFERENCES

1. Kobysheva N. V. Akent'eva, E. M., Galyuk L. P. *Klimaticheskie riski i adaptaciya k izmeneniyam i izmenchivosti klimata v tekhnicheskoj sfere* [Climate risks and adaptation to climate change and variability in the technical sphere]. Sankt-Peterburg: Publ., Kirillica, 2015, 214 p. (In Russ.).
2. Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezyume. [The third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary]. *Sankt-Peterburg:*

Naukoemkie tekhnologii. [*Saint Petersburg: Science-intensive Technologies*], 2022, 124 p. (In Russ.).

3. Akhtyamov R. G. Razrabotka podkhodov k adaptatsii transportnoi infrastruktury k klimaticheskim izmeneniyam [Development of approaches to adaptation of transport infrastructure to climate change]. *Innovatsionnye transportnye sistemy i tekhnologii* [*Innovative transport systems and technologies*]. 2023, vol. 9, no. 1, pp. 34 – 43. (In Russ.).
4. Mikheev G. V., Kapoguzova E. Ya., Vadimovich Yu. A. [i dr.] Inzhenernye i arkhitekturnye tekhnologii proektirovaniya zdanii s uchetom klimaticheskikh osobennostei territorii [Engineering and architectural technologies for designing buildings taking into account the climatic features of the territory]. *Vestnik evraziiskoi nauki* [*Bulletin of Eurasian Science*]. 2021, vol. 13, no. 1, p. 9. Available at: https://esj.today/PDF/02SAVN121.pdf. (In Russ.).
5. Azizova A. N. Obrazovanie dlya ustoichivogo razvitiya v Rossii: kontseptual'nye osnovy, realii i perspektivy [Education for sustainable development in Russia: conceptual foundations, realities and prospects]. *Yug Rossii: ehkologiya, razvitie* [*South of Russia: ecology, development*]. 2015, vol. 10, no. 1, pp. 7 – 12. DOI 10.18470/1992-1098-2015-1-7-12. (In Russ.).
6. Alekseeva M. E. Formirovanie ehkologicheskoi kompetentnosti obuchayushchikhsya v usloviyakh tsifrovizatsii obrazovaniya [Formation of environmental competence of students in the context of digitalization of education]. *Obshchestvo: sotsiologiya, psikhologiya, pedagogika*. [*Society: sociology, psychology, pedagogy*]. 2021, no. 12(92), pp. 365 – 369. (In Russ.).
7. Crawley E., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 4th ed. Springer, 2021, 300 p.
8. Solov'ev N. P. Realizatsiya klimaticheskoi povestki v aspekte mezhdunarodnykh otnoshenii [Implementation of the climate agenda in the aspect of international relations]. *Obrazovanie i pravo* [*Education and Law*]. 2023, no. 8, pp. 45 – 48. DOI 10.24412/2076-1503-2023-8-45-48. (In Russ.).
9. Akhtyamov R. G. Puti transformatsii transportnogo professional'nogo obrazovaniya v kontekste podgotovki kadrov dlya nizkouglerodnoi ehkonomiki [Ways of transformation of transport vocational education in the context of personnel training for a low-carbon economy]. *Innovatsionnye transportnye sistemy i tekhnologii* [*Innovative transport systems and technologies*]. 2024, vol. 10, no. 1, pp. 5 – 19. DOI 10.17816/transsyst595898. (In Russ.).
10. Putilova A. V. Kompetentnostnyi podkhod pri proektirovanii obrazovatel'nogo protsessa, kak mekhanizm povysheniya kachestva obrazovaniya [Competence-based approach in the design of the educational process as a mechanism for improving the quality of education]. *Azimut*

nauchnykh issledovanii: pedagogika i psikhologiya [*Azimuth of scientific Research: pedagogy and psychology*]. 2013, no. 4, pp. 53 – 56. (In Russ.).

11. Simonyan V. V., Sizov A. P., Atamanov S. A. [i dr.]. Implementatsiya ehkologo-ehticheskikh kompetentsii dlya rabotnikov sfery informatsionnogo obespecheniya gradostroitel'stva pri osushchestvlenii imi proizvodstvennogo protsessa [Implementation of ecological and ethical competencies for workers in the field of information support of urban planning in the implementation of their production process]. *Vestnik evraziiskoi nauki* [*Bulletin of Eurasian Science*]. 2025, vol. 17, no. 4, pp. 1–16. (In Russ.).
12. CDIO STANDARDS 3.0 [Ehlektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: https://cdio.org/files/CDIO%20STANDARDS%203.pdf (data obrashcheniya: 14.02.2026).
13. Avdeeva E. V., Shtreker N. Yu. Ehkologizatsiya soderzhaniya obrazovaniya kak sostavlyayushchaya problemy nepreryvnogo ehkologicheskogo obrazovaniya [Ecologization of the educational content as a component of the problem of continuous environmental education]. *Problemy sovremennogo* pedagogicheskogo obrazovaniya [Problems of modern teacher education]. 2022, no. 74-1, pp. 10–12. (In Russ.).
14. Kachelin A. S. Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo kak faktor nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya v neftegazovoi otrasli Rossiiskoi Federatsii [International cooperation as a factor of scientific and technological development in the oil and gas industry of the Russian Federation]. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ehkonomika i upravlenie* [*Bulletin of Samara University. Economics and management*]. 2023, vol. 14, no. 1, pp. 34 – 52. (In Russ.).
15. Rudskoy A. I., Kabyshev S. V., Borovkov A. I. [et al.]. Fundamental'nye osnovy uspekha i prestizha otechestvennogo inzhenernogo obrazovaniya [The fundamental foundations of the success and prestige of Russian engineering education]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [*Higher education in Russia*]. 2025, vol. 34, no. 1, pp. 9–29. DOI 10.31992/0869-3617-2025-34-1-9-29. (In Russ.).
16. Eilam E., Prasad V., Widdop H. Climate Change Education: Mapping the Nature of Climate Change, the Content Knowledge and Examination of Enactment in Upper Secondary Victorian Curriculum, Sustainability. 2020, vol. 12, no. 2, P. 591. DOI 10.3390/su12020591.
17. Kitaeva F. S. Vozmozhnosti i ogranicheniya primeneniya tekhnologii iskusstvennogo intellekta v razvitii pedagogicheskikh instrumentov personalizatsii obucheniya [The possibilities and limitations of using artificial intelligence technologies in the development of pedagogical tools for personalizing learning]. Finansovye rynki i banki. [Financial markets and banks]. 2024, no. 9, pp. 17–20. DOI 10.24412/2658-3917-2024-9-17-20. (In Russ.).

18. Rogers E. M. Diffusion of Innovations. 5th ed. New York: Free Press, 2018, 576 p.

Received: 05.03.2026

About the Authors

Akhtyamov Rasul Gumerovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, 190031, St. Petersburg, Moskovsky ave., 9. Russia.
E-mail: ahtamov_zchs@mail.ru

Elizariev Alexey Nikolaevich
Head of the Department of Industrial Safety and Industrial Ecology of Ufa University of Science and Technology, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Ufa University of Science and Technology, Ufa, 450076, Republic of Bashkortostan, Zaki Validi, 32, Russia.
E-mail: elizariev@mail.ru.

Fedosov Vladimir Andreevich
student, EViVM operator, Department of Industrial Safety and Industrial Ecology, Ufa University of Science and Technology, Ufa, 450076, Republic of Bashkortostan, Zaki Validi, 32, Russia.
E-mail: fedosov.vla@gmail.com.

Tarakanov Dmitry Anatolyevich
Deputy Director for Educational Work, Department of Industrial Safety and Industrial Ecology, Ufa University of Science and Technology, Senior Lecturer, Ufa University of Science and Technology, Zaki Validi, 32, Ufa, 450076, Republic of Bashkortostan, Russia.
E-mail: T.Dm.A@yandex.ru.