

Рубрика 1. ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ

УДК 551.583.2

<https://doi.org/10.17816/transsyst595898>

© Р.Г. Ахтямов

Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I  
(Санкт-Петербург, Россия)

## ПУТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ

**Цель.** Разработка подходов к трансформации транспортного профессионального образования в контексте подготовки кадров для низкоуглеродной экономики.

**Методы.** Методом исследования является анализ существующих подходов к профессиональному образованию с учетом международного опыта, а также открытых источников информации различного характера.

**Результаты.** Предложены пути подготовки профильных специалистов, способных оценивать и управлять факторами климатического риска в рамках социально-экологических систем. В результате проведенного исследования предложены циклы обучения в зависимости от трансформационных изменений, которым способствует образование.

**Заключение.** Предложены образовательные модули, опирающиеся на межгосударственные и национальные стандарты, а также цели устойчивого развития и вопросы смягчения последствий изменения климата с учетом субъективных параметров, увеличивающих неопределенность при оценке климатических изменений.

**Ключевые слова:** изменение климата; устойчивое развитие; профессиональное образование; парниковые газы; обучение; адаптация; смягчение; адаптивное управление; неопределенность.

### Как цитировать:

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.

<https://doi.org/10.17816/transsyst595898>

---

Section 1. TECHNOLOGY AND PROJECTS

© **R.G. Akhtyamov**

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University  
(St. Petersburg, Russia)

## **WAYS TO TRANSFORM TRANSPORT VOCATIONAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF TRAINING FOR A LOW-CARBON ECONOMY**

**Aim.** This study aims to develop approaches to transforming transport vocational education in the context of training personnel for a low-carbon economy.

**Methods.** The research method was an analysis of existing approaches to vocational education considering international experience and open sources of information of various types.

**Results.** Ways to train specialized specialists who can assess and manage climate risk factors within socioecological systems are proposed. Because of this study, learning cycles were proposed depending on the transformational changes that education promotes.

**Conclusion.** Educational modules based on interstate and national standards and sustainable development goals and climate change mitigation issues considering subjective parameters that increase uncertainty in assessing climate change are proposed.

**Keywords:** climate change, sustainable development, vocational education, greenhouse gasses learning, adaptation, mitigation, adaptive management, uncertainty.

### **To cite this article:**

Akhtyamov RG. Ways to transform transport vocational education in the context of training for a low-carbon economy. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2024;10(1):5–19. <https://doi.org/10.17816/transsyst595898>

## ВВЕДЕНИЕ

Подготовка кадров в высшей школе играет решающую роль в функционировании и развитии общества. Однако, выпускники высших учебных заведений, в первую очередь инженерных специальностей могут столкнуться с недостатком компетенций в области оценки последствий климатических изменений, а именно понимания его движущих сил и реагирования на реализацию факторов климатического риска [1–4].

В соответствии с [5] существуют два аспекта реагирования на изменения климата: смягчение последствий и адаптация к изменению климата. Смягчение последствий изменения климата определяется как вмешательство человека с целью сокращения источников выбросов парниковых газов или увеличения поглотителей парниковых газов. Адаптация к изменению климата – это процесс приспособления к фактическому или ожидаемому климату и его последствиям с целью смягчения вреда или использования возникающих при этом выгодных возможностей.

Существует несоответствие между тенденциями в области изменения климата и имеющимся уровнем кадровой подготовки в сфере экологии. Экологическое образование традиционно не учитывало влияние деятельности человека на окружающую среду, поскольку оно было сосредоточено на усилиях по сохранению окружающей среды. В настоящее время от профессионального образования в области окружающей среды требуется переход к образованию в области устойчивого развития и образованию по вопросам изменения климата. Указанные области являются сложными, поскольку они подразумевают взаимосвязь человеческой деятельности, экономического роста, состояния окружающей среды и социальных последствий.

Реализация образовательной политики высшей школы и подготовка, в том числе инженерных кадров, исторически основывалось на предпосылке, что климат будущего будет напоминать климат прошлого. Существующее изменение климата добавляет большую неопределенность к оценке опасностей и уязвимостей, с которыми столкнется выпускник вуза в своей профессиональной деятельности.

Так как изменение климата происходит в течение длительного времени, то существуют данные, как об используемых ранее, так и о современных подходах к адаптации по отношению к факторам климатического риска. Эти знания могут являться основой для обучения, в том числе, путем оценки мер по адаптации, смягчению и восстановлению после предыдущих воздействий факторов климатического риска.

Одной из задач такого обучения может являться оценка стратегий управления климатическими рисками, в том числе по отношению к распределению ресурсов и реализации мер, направленных на снижение риска, распределение риска, реагирование на природные стихийные явления и практику участия широкого круга заинтересованных сторон в выработке данных мер.

Целью настоящей работы является формирование подходов к трансформации транспортного профессионального образования в контексте подготовки кадров для низкоуглеродной экономики.

### **ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЛАНА АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТА**

Климатические изменения формируют перед обществом вызовы, ответы на которые требуют комплексной оценки, и включают не только организационные и технические задачи, но и изменения в подходах к профессиональному образованию.

В п. 16 Национального плана первого этапа адаптации к изменению климата [6] отмечена необходимость включения знаний об изменении климата и адаптации человека и экономики в федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) общего и среднего профессионального образования для просвещения детей и молодежи по вопросам адаптации к изменениям климата.

В настоящее время «применение географических знаний для самостоятельного оценивания уровня безопасности окружающей среды, адаптации к изменению ее условий: оценивать уровень безопасности окружающей среды, адаптации к изменению ее условий, в том числе на территории России; оценивать влияние последствий изменений в окружающей среде на различные сферы человеческой деятельности на региональном уровне; сопоставлять, оценивать и аргументировать различные точки зрения по актуальным экологическим и социально-экономическим проблемам мира и России» приведено только во ФГОС среднего общего образования (10–11 класс общеобразовательных учреждений) [7]. При этом вопросы профессионального обучения, разработки инженерных решений и научное обоснование подходов к адаптации не фигурируют в ФГОС среднего профессионального образования; высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата, специалитета, магистров;

высшего образования по направлениям подготовки кадров высшей квалификации.

К профессиональному образованию в области изменения климата следует подходить на институциональном уровне, то есть к коллективному переключению внимания на текущую и прогнозируемую климатическую обстановку, с принятием коллективных действий [8]. Необходимо принять меры для подготовки выпускников высшего образования по профессиям, актуализированным в соответствии с условиями изменяющегося климата (например, образовательные программы: 08.03.01 – Строительство; 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника; 20.03.01 – Техносферная безопасность; 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; 08.05.01 – Строительство уникальных зданий сооружений; 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства; 23.05.03 – Подвижной состав железных дорог; 23.05.04 – Эксплуатация железных дорог; 23.05.05 – Системы обеспечения движения поездов; 23.05.06 – Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей). Высшее образование является первой ступенью в профессиональном развитии инженера и формирует навыки, которые должны развиваться на протяжении всей профессиональной деятельности, с учетом вызовов современного мира.

При подготовке кадров для реализации плана адаптации к изменениям климата в области транспорта необходимо учитывать, что в ряде случаев негативным фактором влияния при оценке климатического риска может служить не само опасное природное явление, а инициируемое им природное или техногенное событие, которое, в свою очередь, воздействует на тот или иной объект транспортной инфраструктуры. Анализируя факторы климатического риска, необходимо определить все возможные объекты воздействия риска (объекты, находящиеся под воздействием опасных явлений; неблагоприятные условия погоды; аномальные климатические условия). Вместе с тем увеличение социально-экономического ущерба определяется не только факторами климатического риска, но и уязвимостью объектов транспортной инфраструктуры. Уязвимость определяется как значительной степенью износа объектов, так и имеющимися отклонениями от строительных норм и правил. Кроме того, уязвимость особенно ярко проявляется у объектов, расположенных на территориях, находящихся в зоне повышенного климатического риска.

Обеспечение необходимого уровня профессиональной подготовки кадров для реализации плана адаптации также должно включать

ознакомление с технологиями поглощения парниковых газов и способами их включения в деятельность отрасли [9].

## **ПУТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ ВУЗОВ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

Целью преобразований в образовательной политике транспортных вузов в условиях изменяющегося климата должна стать подготовка кадров, способных оценивать и управлять факторами климатического риска в рамках социально-экологических систем. Залогом устойчивости социально-экологических систем является их адаптивность и способность реорганизовываться после реализации факторов климатического риска при одновременном сохранении фундаментальной структуры и функционала в условиях меняющегося климата. Таким образом, возобновление нормальной работы является важным компонентом устойчивости.

Изучение социально-экологических систем должно основываться на понимании их сложной динамики, включая задержку в принятии решений, динамику запасов и потоков ресурсов, и петли обратной связи в условиях изменяющегося климата. Эвристика доступности и существующие ментальные модели иногда могут препятствовать обучению путем сокрытия всей сложности проблемы и усложнению подходов к реагированию [10].

Учитывая сложную динамику социально-экологических систем и их взаимодействие с изменяющимся климатом, целесообразно итеративное обучение, которое предполагает изменения по мере поступления новой информации о состоянии климатической системы.

Предлагаемая автором структура разделяет процессы обучения на три различных цикла в зависимости от трансформационных изменений, которым способствует образование. На рис. показаны циклы обучения и их применение на примере управления рисками наводнений.

В одноконтурных процессах обучения изменения вносятся на основе разницы между ожидаемыми и наблюдаемыми процессами. Одноконтурное обучение направлено на повышение эффективности реализуемых практических мероприятий.

В управление наводнениями, например, когда паводковые воды угрожают разрушить существующие средства защиты от наводнений, необходима установка или корректировка высоты защитной дамбы. На рис.



показано, что одноконтурное обучение фокусируется в первую очередь на действиях. Данные обобщаются, анализируются и используются, но используемые подходы к решению задачи не изменяются.

В двухконтурном процессе обучение расширяется до определения адекватности подходов к решению имеющихся задач, предлагаемых мер или стратегии управления. Корректирующие действия предпринимаются после того, как проблема переосмыслена и изменены подходы к управлению.

Например, анализируются цели текущего управления рисками наводнений для определения, являются ли они адекватными ожидаемым изменениям гидрологических экстремальных явлений в течение конкретного периода времени.



**Рис.** Циклы итеративного обучения на примере управления рисками наводнений

**Fig.** Iterative learning cycles using the example of flood risk management

Трехконтурное обучение затрагивает основополагающие принципы отталкиваясь от существующего контекста, при этом формулируются следующие вопросы: какие меры по смягчению и адаптации к изменению климата рассматриваются органами управления; каковы затраты на них и соответствующие стратегии; как социальные структуры, культурные нормы, господствующие ценностные структуры могут быть изменены для соответствия существующему контексту и т.д.

Например, тройная петля обучения может привести к формированию новых подходов к управлению рисками наводнений и совместному управлению рисками с привлечением дополнительных участников принятия решений для преодоления культурных, институциональных, национальных и других границ для существенного снижения риска наводнений.

Использование только одноконтурного обучения может привести к дезадаптации в быстро меняющихся климатических условиях. Одноконтурное обучение опирается на перечень существующих навыков характерных для существующей обстановки. Как следствие, возникновение быстрых или неожиданных изменений может не найти мер реагирования в одноконтурном обучении.

Двухконтурное и трехконтурное обучение лучше подходит для сопоставления диапазонов смягчения и адаптации к изменениям климата. Интеграция данных видов обучения в разработку мер по адаптации к изменениям климата будет более эффективно в условиях неопределённости.

Одним из путей трансформации образовательной политики высшей школы в контексте подготовки кадров для низкоуглеродной экономики в условиях изменения климата может быть введение следующих модулей, опирающихся на межгосударственные и национальные стандарты, на цели устойчивого развития и вопросы смягчения последствий изменения климата:

- изучение терминологии и современного состояния проблемы оценки климатических изменений в мире, с учетом специфики данных изменений в России;
- изучение видов геотекстиля, его структуры и способов применения. Особенности фильтрации и дренажа, а также укрепления грунта для повышения устойчивости земляного полотна с целью адаптации к изменению климата;



- изучение видов тяги с низким уровнем выбросов углерода, способствующих достижению нулевых выбросов в железнодорожной отрасли;
- изучение систем возобновляемой энергии и их роли в сокращении выбросов парниковых газов, а также достижении нулевых выбросов;
- изучение способов и технологий поглощения парниковых газов, которые могут быть использованы в транспортной отрасли и внести вклад в достижение нулевых выбросов.

Кроме традиционных способов преподавания содержание данных модулей может быть раскрыто путем проведения тематических исследований для иллюстрации развития инженерных наук и их практического применения для решения текущих задач в условиях изменения климата.

В результате освоения данных модулей студенты должны приобретать компетенции в следующих областях:

- оценка материалов с точки зрения экономической эффективности, воздействия на окружающую среду (например, углеродный след) и долгосрочной устойчивости, на основе использования оценки жизненного цикла материала;
- оценка характеристик склонов при различных количествах осадков и проведение оценки климатических рисков;
- демонстрация знаний о влиянии тяговых приводов на потребление энергии и о том, как различные варианты тяги могут способствовать смягчению последствий изменения климата и нулевым выбросам;
- понимание требований к инженерной деятельности для содействия устойчивому развитию и способность применять количественные методы для оценки затрат и выгод, связанных со смягчением последствий изменения климата и устойчивостью систем возобновляемой энергии;
- демонстрация понимания таких концепций, как смягчение последствий изменения климата, адаптация к изменениям климата и способность эффективно применять их в инженерных проектах;
- демонстрация понимания существующей практики и её ограничений, особенно в отношении смягчения последствий изменения климата и адаптации.

Тематические исследования, включенные в изучение представленных модулей, должны основываться на четком видении системных изменений, а также акцентировать внимание инженерного образования на смягчение

и адаптацию к изменению климата. Возможна реализация цели университета по развитию кампуса и обеспечению его устойчивости. По результатам оценки эффективности преподавания указанных модулей возможно включение ключевых понятий и подходов к смягчению и адаптации к изменениям климата в другие образовательные программы, модули и преподаваемые материалы.

## **СПОСОБЫ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ПРОГНОЗЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ**

Одним из основных субъективных параметров, увеличивающих неопределенность, является то обстоятельство, что отдельные лица и/или группы сосредоточены на краткосрочной перспективе разрабатываемой и реализуемой деятельности и ими могут игнорироваться маловероятные события с высоким уровнем ущерба. При этом выделены следующие факторы, влияющие на неопределенность:

- недооценка риска: при наличии информации о факторах риска, происходит недооценка вероятности события, этот фактор неопределенности может быть усилен естественной изменчивостью;
- при высоких первоначальных затратах, связанных с разработкой и реализацией мер по адаптации к изменениям климата, ресурсы направляются на краткосрочные цели, а не на получение потенциальных долгосрочных преимуществ в виде снижения рисков;
- трудности в поиске оптимального соотношения между затратами и получаемыми выгодами от проведения мероприятий по адаптации и смягчению последствий изменения климата, которые требуют сравнения величины затрат с ожидаемыми выгодами в виде снижения ущерба в будущем;
- откладывание принятия решения в случае неоднозначного выбора между альтернативами;
- временные интервалы между институциональными инвестициями в снижение факторов климатического риска и выгодами от данных инвестиций являются значительными, при этом возникает «невидимость» успешного снижения риска, которая может привести к откладыванию принятия решения и, как следствие к росту неопределенности.

Одним из путей сокращения неопределённости, основанной на субъективных параметрах, является внедрение адаптивного управления в сфере профессионального образования. В соответствии с [11, 12] под адаптивным управлением понимается процесс совершенствования практики управления с учетом результатов реализации стратегий, а также прогноза изменения внешних факторов. Принципы адаптивного управления могут внести свой вклад в процессно-ориентированный подход к управлению факторами климатического риска и уже используются в устойчивом управлении природными ресурсами в условиях неопределенности [13]. Целесообразность применения адаптивного управления в сфере профессионального образования связана с возможностями организаций избегать включенности в жесткие планы мероприятий и широком использовании новой информации, подходов и способов деятельности. Таким образом, ориентация на динамично меняющиеся экологические, экономические и социальные условия создает возможности для рассмотрения и внедрения инновационных методов управления климатическими рисками, в том числе с ориентацией на долгосрочные или относительно маловероятные события.

При запросе инвестиций организациям и структурами, использующими в своей деятельности адаптивное управление необходимо учитывать вероятность неполучения продукта или экономического эффекта в краткосрочной перспективе или в существующих условиях риска. Однако, получаемое разнообразие результатов позволяет повысить устойчивость функционирования и адаптивность инвестора при изменении факторов климатического риска, особенно при нелинейном направлении развития компонентов окружающей среды.

Развитие обучения, как итеративного процесса также является одним из способов сокращения неопределённости, основанной на субъективных параметрах. Динамическое понятие адаптации требует обучения как повторяющегося процесса для повышения устойчивости и способности к адаптации не только в отдаленном будущем, но и в краткосрочной перспективе. Это обусловлено тем, что для снижения негативного воздействия факторов климатического риска на объекты инфраструктуры необходимо производить их проектирование, и внедрять меры по адаптации на стадии строительства и эксплуатации, исходя из актуальных климатических изменений.

В этой связи целесообразно рассматривать обучение как постоянный и итеративный процесс, при котором участники понимают смысл

системных изменений, участвуют в реализации мер по адаптации к изменению климата и прогнозируют будущие изменения. Таким образом, профессиональное обучение становится ключевым компонентом деятельности в условиях меняющегося климата, что приобретает особую актуальность в условиях неопределенности. В качестве основы для данного типа трансформации профессионального образования может выступать создание такого типа социального и образовательного пространства для обучения и исследований, которое поощряет конкуренцию мнений и подходов к решению актуальных задач, создает систему знаний, построенную на разделяемых участниками образовательного процесса ценностях, а также способствует инновационному и творческому подходу в разработке мер адаптации к изменениям климата.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При подготовке кадров для реализации плана адаптации к изменениям климата в области транспорта необходимо учитывать, что в ряде случаев негативным фактором влияния при оценке климатического риска может служить не само опасное природное явление, а инициируемое им природное или техногенное событие, которое, в свою очередь, воздействует на тот или иной объект транспортной инфраструктуры.

Целью трансформации образовательной политики транспортных вузов в условиях меняющегося климата должна стать подготовка кадров способных оценивать и управлять факторами климатического риска в рамках социально-экологических систем. Одним из путей трансформации образовательной политики высшей школы в контексте подготовки кадров для низкоуглеродной экономики в условиях изменения климата может быть введение ряда модулей, опирающихся на межгосударственные и национальные стандарты, цели устойчивого развития и вопросы смягчения последствий изменения климата.

Таким образом, профессиональное обучение становится ключевым компонентом деятельности в условиях меняющегося климата, что приобретает особую актуальность в условиях неопределенности. В качестве основы для данного типа трансформации профессионального образования может выступать создание такого типа социального и образовательного пространства для обучения и исследований, которое поощряет конкуренцию мнений и подходов к решению актуальных задач, создает систему знаний, построенную на разделяемых

участниками образовательного процесса ценностях, а также способствует инновационному и творческому подходу в разработке мер адаптации к изменениям климата.

**Автор заявляет,** что настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

**The author declares** that this article does not contain any studies involving human subjects.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Jorgenson S.N., Stephens J.C., White B. Environmental Education in Transition: A Critical Review of Recent Research on Climate Change and Energy Education // J. Environ. Educ. 2019. Vol. 50. P. 160–171. doi:10.1080/00958964.2019.1604478
2. Rudd J.A. From Climate Change Ignorant to Climate Change Educator // Chem. Eur. J. 2021. Vol. 27. P. 6107–6111. doi: 10.1002/chem.202004414
3. Shealy T., Katz A., Godwin A., et al. Civil Engineering Students' Beliefs about Global Warming and Misconceptions about Climate Science // J. Civ. Eng. Educ. 2021. Vol. 147. P. 04021011. doi:10.1061/(asce)ei.2643-9115.0000050
4. Milovanovic J., Shealy T., Godwin A. Senior Engineering Students in the USA Carry Misconceptions about Climate Change: Implications for Engineering Education // J. Clean. Prod. 2022. Vol. 345. P. 131129. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131129
5. IPCC. AR6 WPII Annex II Glossary. Дата обращения: 23.08.2023. Режим доступа: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Annex-II.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Annex-II.pdf)
6. Национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года. Дата обращения: 23.08.2023. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/OTrFMr1Z1sORh5NIx4gLUsdgGHyWIAqy.pdf>
7. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования. Дата обращения: 23.08.2023. Режим доступа: <https://base.garant.ru/70188902/8ef641d3b80ff01d34be16ce9bafc6e0/>
8. Axelithioti P, Fisher RS, Ferranti E, et al. What Are We Teaching Engineers about Climate Change? Presenting the MACC Evaluation of Climate Change Education // Educ. Sci. 2023. Vol. 13. P. 153. doi:10.3390/educsci13020153
9. Титова Т.С., Ахтямов Р.Г., Мещерякова Н.А. Пути совершенствования плана адаптации к изменениям климата в области транспорта // Инновационные транспортные системы и технологии. 2023. Т. 9. № 2. С. 5–18. EDN: FTBFCZ, doi: 10.17816/transsyst2023925-18
10. Lavell A, Oppenheimer M, Diop C, et al. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. P. 25–64. doi:10.1017/cbo9781139177245.004

11. Pahl-Wostl C. A conceptual framework for analyzing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes // *Global Environmental Change*. 2009. Vol. 19, N. 3. P. 354–365. doi:10.1016/j.gloenvcha.2009.06.001
12. Pahl-Wostl C., Craps M., Dewulf A., et al. Social learning and water resources management // *Ecology and Society*. 2007. Vol. 12, N. 2. P. 5. doi:10.5751/es-02037-120205
13. Medema W., McIntosh B.S., Jeffrey P.J. From premise to practice: a critical assessment of integrated water resources management and adaptive management approaches in the water sector // *Ecology and Society*. 2008. Vol. 13, N. 2. P. 29. doi:10.5751/es-02611-130229

## REFERENCES

1. Jorgenson SN, Stephens JC, White B. Environmental Education in Transition: A Critical Review of Recent Research on Climate Change and Energy Education. *J. Environ. Educ.* 2019;50:160–171. doi:10.1080/00958964.2019.1604478
2. Rudd JA. From Climate Change Ignorant to Climate Change Educator. *Chem. Eur. J.* 2021;27:6107–6111. doi: 10.1002/chem.202004414
3. Shealy T, Katz A, Godwin A, et al. Civil Engineering Students' Beliefs about Global Warming and Misconceptions about Climate Science. *J. Civ. Eng. Educ.* 2021;147:04021011. doi:10.1061/(asce)ei.2643-9115.0000050
4. Milovanovic J, Shealy T, Godwin A. Senior Engineering Students in the USA Carry Misconceptions about Climate Change: Implications for Engineering Education. *J. Clean. Prod.* 2022;345:131129. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131129
5. IPCC. AR6 WPII Annex II Glossary. [cited 28 Aug 2023] Available from: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Annex-II.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Annex-II.pdf)
6. Nacional'nyj plan meropriyatij pervogo etapa adaptacii k izmeneniyam klimata na period do 2022 goda [Internet] (In Russ.) [cited 28 Aug 2023] Available from: <http://static.government.ru/media/files/OTrFMr1Z1sORh5NIx4gLUsdgGHyWIAqy.pdf>
7. Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart srednego obshchego obrazovaniya [Internet] (In Russ.) [cited 28 Aug 2023] Available from: <https://base.garant.ru/70188902/8ef641d3b80ff01d34be16ce9bafc6e0/>
8. Axelithioti P, Fisher RS, Ferranti E, et al. What Are We Teaching Engineers about Climate Change? Presenting the MACC Evaluation of Climate Change Education. *Educ. Sci.* 2023;13:153. doi:10.3390/educsci13020153
9. Titova TS, Akhtyamov RG, Mescheriakova NA. Ways to improve climate change adaptation plan of the transport. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2023;9(2):5–18. (Russ.) EDN: FTBFCZ, doi: 10.17816/transsyst2023925-18
10. Lavell A, Oppenheimer M, Diop C, et al. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Cambridge: Cambridge University Press; 2012:25–64. doi:10.1017/cbo9781139177245.004
11. Pahl-Wostl C. A conceptual framework for analyzing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*. 2009;19(3):354–365. doi:10.1016/j.gloenvcha.2009.06.001



12. Pahl-Wostl C, Craps M, Dewulf A, et al. Social learning and water resources management. *Ecology and Society*. 2007;12(2):5. doi:10.5751/es-02037-120205
13. Medema W, McIntosh BS, Jeffrey PJ. From premise to practice: a critical assessment of integrated water resources management and adaptive management approaches in the water sector. *Ecology and Society*. 2008;13(2):29. doi:10.5751/es-02611-130229

**Сведения об авторе:**

**Ахтямов Расул Гумерович**, кандидат технических наук, доцент;  
eLibrary SPIN: 2812-3782; ORCID: 0000-0001-8732-219X;  
E-mail: ahtamov\_zchs@mail.ru

**Information about the author:**

**Rasul Akhtyamov**, Candidate of Sciences in Engineering;  
eLibrary SPIN: 2812-3782; ORCID: 0000-0001-8732-219X;  
E-mail: ahtamov\_zchs@mail.ru