

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

Ж. А. Мингалева¹

Пермский национальный

исследовательский политехнический университет (Пермь, Россия)

УДК 678.8:330.341.1

РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ «ЗЕЛеноЙ» ЭКОНОМИКИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ГОРОДОВ²

Статья посвящена обзору возможностей современных научных, технических и технологических решений в достижении целей устойчивого развития, реализуемых ООН. Статья подготовлена на основе анализа вопросов, поднятых в процессе онлайн-дискуссии «Зеленые города и зеленая экономика: решения академических кругов» (Green Cities and Economies: Solutions from Academia), проведенной 21 июля 2020 г. на платформе ООН. В статье представлены аналитические материалы, раскрывающие перспективы применения в деятельности по созданию экологически чистых городов современных научных и технологических достижений. Определены возможности и целесообразность применения в борьбе с городским шумом перспективных композиционных материалов и многофункциональных нанопокровов. Отмечены преимущества специальных шумоизоляционных панелей, созданных на основе композиционных материалов и нанопокровов, для снижения отрицательных последствий городского шума. Сделан вывод о необходимости усиления участия академических кругов в достижении целей устойчивого развития и практического использования научных открытий в практике создания «зеленых» городов.

Ключевые слова: экологически чистые города, «зеленая» экономика, цели устойчивого развития ООН, инновационные технологии, шумоизоляция, композиционные материалы.

Цитировать статью: Мингалева Ж. А. Роль современных технологий в развитии «зеленой» экономики и экологически чистых городов // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. — 2020. — № 5. — С. 259–270.

¹ Мингалева Жанна Аркадьевна — д.э.н., профессор кафедры экономики и управления промышленным производством, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; e-mail: mingal1@pstu.ru, ORCID: 0000-0001-7674-7846.

² Обзор подготовлен в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России ФГБОУ ВО ПНИПУ (тема № FSNM-2020-0026).

Zh. A. Mingaleva

Perm National Research Polytechnic University (Perm, Russia)

JEL: Q530, O320

THE ROLE OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF A “GREEN” ECONOMY AND CLEAN CITIES¹

The article is devoted to an overview of the possibilities of modern scientific, technical and technological solutions in achieving the goals of sustainable development, implemented by the UN. The article was prepared on the basis of an analysis of the issues raised during the online discussion “Green Cities and Economies: Solutions from Academia”, held on July 21, 2020 in the framework of the 75th anniversary of the United Nations. The article presents analytical materials that reveal the prospects for using modern scientific and technological achievements in the creation of ecologically clean cities. Possibilities and feasibility of using advanced composite materials and multifunctional nanocoatings in the fight against urban noise have been determined. The advantages of special noise-insulating panels based on composite materials and nanocoatings to reduce the negative effects of city noise are noted. It is concluded that it is necessary to strengthen the participation of the academic community in achieving the goals of sustainable development and the practical use of scientific discoveries in the practice of creating “green” cities.

Keywords: UN Sustainable Development Goals, clean cities, green economy, innovative technologies, noise insulation, composite materials

To cite this document: *Mingaleva Zh. A.* (2020) The role of modern technologies in the development of a “green” economy and clean cities. *Moscow University Economic Bulletin*, (5), 259–270.

Введение

21 июля 2020 г. в рамках комплекса мероприятий, посвященных 75-летию деятельности Организации Объединенных Наций (ООН75), состоялась международная онлайн-диалог на тему «Зеленые города и зеленая экономика: решения академических кругов» (Green Cities and Economies: Solutions from Academia) [Green Cities and Economies..., 2020]². Основная цель дискуссии заключалась в обсуждении комплекса вопросов, связанных с участием международных организаций, органов государственной власти и управления, представителей научных и образовательных

¹ The review was prepared in the course of fulfilling the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation to Perm National Research Polytechnic University (topic № FSNM-2020-0026).

² Автор статьи принял участие в работе данного вебинара в качестве одного из шести основных спикеров.

кругов, а также разнообразных субъектов общества в реализации целей устойчивого развития ООН¹. Онлайн-диалог проводился подразделением ООН, специализирующимся на взаимодействии с академическими кругами (ЮНАИ) (United Nations Academic Impact — UNAИ). Открыл онлайн-диалог Владимир Мошкало, руководитель представительства Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в России, с сообщением о деятельности ЮНЕП в прошедшие годы и о задачах ЮНЕП на перспективу.

Спектр обсужденных в ходе онлайн-диалога проблем охватывал широкий перечень вопросов, включающий оценку национальных и международных возможностей в достижении задачи создания «зеленых» городов, характеристику перспективных направлений стимулирования развития экологически чистых городских территорий, анализ препятствий и сложностей в развитии «зеленой» экономики и «зеленых» городов, с которыми до сих пор сталкивается общество в попытках их создания, а также целый ряд других актуальных вопросов в области устойчивого развития и «зеленого» строительства.

Стержневым направлением дискуссии был заявлен вопрос о том, каким образом академические (научные и образовательные) круги могут помочь в решении этих проблем, каким образом можно обеспечить более полную и комплексную взаимосвязь между высшими учебными заведениями, местными органами власти, частным сектором, обществом, другими организациями и заинтересованными лицами для достижения целей и задач устойчивого развития. Ответы на этот вопрос определяют будущую траекторию развития и планирования действий в области устойчивых «зеленых» городов, перспективы создания «зеленой» экономики, достижения баланса и снятия противоречий между природой и производством, возможность обеспечения жизни будущих поколений в экологически чистом и богатом ресурсами мире.

Углубленный анализ вопросов, которые были заданы спикерам в ходе дискуссии, показывает, что существенная часть ответов на поставленные вопросы лежит в научной области, причем в области фундаментальных, научно-технических и технологических решений. В первую очередь это касается поиска путей решения задачи создания и внедрения новых технологий, обеспечивающих экологическую безопасность производства и эксплуатации готовых изделий, а также безопасную и эффективную утилизацию отходов и отработанных изделий. Так, отвечая на вопрос участников дискуссии о том, как можно достичь баланса между растущим потреблением общества и формированием «зеленой» экономики, спикеры отметили важность современных технологий производства, ко-

¹ Заявленная тема онлайн-диалога соответствует цели номер 11 «Устойчивые города и населенные пункты», а также ряду взаимосвязанных целей.

торые должны быть экологически безопасными, ресурсосберегающими и природоподобными. И если о первых двух видах технологий речь идет уже давно, то создание природоподобных технологий является актуальной постановкой подхода к решению задачи снижения техногенной нагрузки на окружающую среду, а в будущем — сведения к нулю конфликта между природой и производством.

Высокую значимость природоподобных технологий и природоохран-ных практик неоднократно подчеркивал в своем докладе Сергей Коротков, директор Центра международного промышленного сотрудничества ЮНИДО в Российской Федерации, который отметил, что крупным источником загрязнения окружающей среды, вызывающим наибольшие нарекания и усиленное внимание со стороны всех заинтересованных в решении экологических проблем сторон, является промышленность. Сергей Коротков рассказал о мероприятиях и действиях ЮНИДО¹ и других связанных с ней организаций, направленных на широкое распространение в мире энергоэффективных и «зеленых» технологий, на трансферт природоохранных технологий и лучших природоохранных практик в регионы с наибольшее сложной экологической нагрузкой, на внедрение технологий и методов предотвращения сбросов промышленных стоков и повышения чистоты водных ресурсов и т.д. Деятельность Центра международного промышленного сотрудничества ЮНИДО охватывает целый комплекс разнообразных направлений, предусматривающих активное участие промышленных предприятий, внедряющих экологически безопасные производственные технологии, в достижение целей и задач устойчивого развития ООН, экологической безопасности и борьбы с климатическими изменениями. К сфере внимания ЮНИДО в контексте создания экологически чистых городов и «зеленой» экономики относится также помощь в регулировании сокращения выбросов токсичных загрязнителей, реализация принципов Базельской конвенции перемещения мусора и многих других аспектов, связанных с понятием «зеленого» города.

О важности технологий наряду с необходимостью формирования у людей чувства личной ответственности перед будущими поколениями за экологическое состояние общества и широким распространением идей бережного отношения к природе и окружающей среде высказался и Рахат Сабырбеков, научный сотрудник Академии ОБСЕ в Бишкеке (Кыргызстан), а также Ольга Понизова, исполнительный директор Центра по окружающей среде и устойчивому развитию (Россия).

¹ Несмотря на то что первоначально основным фокусом деятельности ЮНИДО были слаборазвитые и развивающиеся страны, сегодня ее деятельность охватывает и контакты с развитыми странами, обладающими передовыми промышленными технологиями природосбережения и эффективными природоохранными практиками, которые следует распространять по всему миру.

И здесь научные и образовательные организации как полноправные субъекты инновационного и технологического прогресса должны принимать более активное участие в разработке, внедрении и совершенствовании энерго- и ресурсосберегающих, экологически безопасных и природоподобных технологий. Это в процессе ответов на вопросы отметили Жанна Мингалева, профессор кафедры экономики и управления промышленным производством Пермского национального исследовательского политехнического университета (Россия), поделившаяся опытом работы ученых ПНИПУ в области создания экологически чистых технологий для предприятий различных отраслей промышленности, а также природоподобных технологий, и Галимкаир Мутанов, ректор Казахского национального университета имени Аль-Фараби (Казахстан), на базе которого действует специализированный Центр УНАИ по устойчивому развитию.

Отмечая важность технологической составляющей в решении задачи создания «зеленой» экономики и экологически чистых городов, особо была подчеркнута значимость такого направления борьбы с экологическими проблемами городов (особенно крупных), как необходимость более эффективного управления промышленными и бытовыми отходами, которые в настоящее время дают огромную экологическую нагрузку на городские системы и существенно снижают качество жизни людей во многих регионах мира и России. И этом контексте помимо внедрения современных технологий утилизации мусора, начиная со стадии его отдельного сбора и заканчивая полной переработкой и использованием полученного вторичного сырья [Mingaleva et al., 2019], важным становится вопрос о разработке, производстве и применении в готовых изделиях экологически безопасных, но при этом надежных материалов, обеспечивающих как улучшение эксплуатационных свойств, долговечности и качества изделий, так и их экологическую безопасность при последующей утилизации, включая возможность полного рециклинга.

Возможности применения композиционных материалов в создании экологически чистых городов

Решение комплексной задачи создания экологически чистых городов тесно связано с поиском новых технологий и новых материалов для производства экологически чистых и безопасных изделий, используемых как для личного потребления людьми, так и в области градостроительства, благоустройства городских территорий, повышения комфортности и безопасности жителей городов, а также для решения целого комплекса других задач устойчивого развития и «зеленых» городов.

Весьма перспективным с точки зрения повышения безопасности и комфортности проживания в городской среде является разработка

новых и более широкое использование уже существующих композиционных материалов и многофункциональных нанопокровов для борьбы с городским шумом [Asdrubali, 2006], для контроля его уровня, контроля и мониторинга качества воздуха на наличие особо вредных выбросов, для снижения пожарной опасности в условиях плотной городской застройки и т.д.

Не рассматривая все преимущества композиционных материалов, выделенные в специализированных исследованиях и отчетах раньше [Arenas, Crocker, 2010; Faruk et al., 2014], отметим те их положительные и перспективные для гражданского использования свойства, которые были доказаны в процессе их промышленного производства и практического применения в авиационной и автомобильной промышленности и которые имеют непосредственное отношение к обсуждаемой теме онлайн-диалога и поставленным в его заголовке вопросам — возможностей академической среды, научных и образовательных учреждений в создании и развитии «зеленых» (экологически чистых) городов и «зеленой» экономики.

В настоящее время различные виды композитных материалов (прежде всего армированные углеродным волокном (CFRP) [Ozkan et al., 2020] и полимером, армированным стекловолокном (GFRP)), уже широко используются в различных отраслях машиностроительного производства: аэрокосмической и автомобильной промышленности, для изготовления все более широко спектра конструкций для оборудования в альтернативной энергетике (изготовление лопастей ветряных турбин), а также в сфере общественного транспорта [Taheri, Hassen, 2019].

Однако области возможностей применения композиционных материалов этим не ограничены. В последнее время все больше говорят о практической возможности и целесообразности использования композиционных материалов и многофункциональных нанопокровов в изготовлении шумоизоляционных материалов и панелей, которые могут применяться не только в деталях корпусов самолетов и автомобилей и в корпусных узлах внутреннего кожуха двигателей с элементами звукопоглощающего контура, но также для изготовления изделий и оборудования при решении проблемы звукопоглощения от крупных автомагистралей и железнодорожных путей с интенсивным движением, что особенно актуально для плотно заселенных городских территорий.

Важность данного направления исследований и практического применения новых композиционных материалов в борьбе с промышленным и городским шумом определяется тем, что в последние годы усилилась активность ВОЗ и ряда экологических и медицинских организаций по поиску новых подходов к обеспечению нормальной среды обитания в городах с точки зрения шумовой нагрузки. Как показывает статистика ВОЗ, в 2018 г. в мире насчитывалось около 466 млн человек с инвалидизирующей

потерей слуха (потерей трудоспособности) [Deafness..., 2018]. При этом, по мнению медиков, бытовой и производственный шум является основной причиной потери слуха, которую можно избежать. По оценкам специалистов ВОЗ, более 1 млрд молодых людей в возрасте от 12 до 35 лет подвержены риску потери слуха из-за воздействия шума в рекреационных условиях (таких как концерты, спортивные мероприятия, фейерверки), а также в результате использования личных аудиоустройств [Deafness..., 2018]. Более того, согласно прогнозам установлено, что если не будут приняты кардинальные меры, то к 2030 г. около 630 млн человек с ограниченными возможностями может потерять слух, а к 2050 г. их число может возрасти до 900 млн [Deafness..., 2018]. Это привело к значительному росту разработок новых технологий борьбы с шумом помимо совершенствования уже широко распространенных индивидуальных средств защиты от производственного шума [Biabani et al., 2017].

Кроме того, в настоящее время также доказано, что длительное воздействие чрезмерного уровня шума из окружающей среды вызывает у людей не только серьезные нарушения слуха (вплоть до получения инвалидности по слуху), но также приводит к усилению и развитию таких многочисленных и широко распространенных неблагоприятных последствий для здоровья городских жителей, как стресс, раздражительность, гипертония, сердечно-сосудистые заболевания, нарушение сна и целый комплекс других заболеваний [Taban, Khavanin, 2019, p. 94]. При этом негативное воздействие на население шумовой нагрузки крупного города в странах с разным уровнем социально-экономического развития и соответственно с разным уровнем борьбы с городским шумом существенно различается: так, по оценке ВОЗ, опасность возникновения различных заболеваний от чрезмерного уровня городского шума в развитых странах составляет примерно 7%, в то время как в слаборазвитых и развивающихся достигает 21% [Taban, Khavanin, 2019, p. 94]. Поэтому все более актуальной задачей становится поиск новых подходов и методов предотвращения и контроля городского шума, выявление наиболее опасных его источников и разработка методов и способов подавления разнообразных шумов.

Что касается источников шума, то доказано, что более половины общего городского шума приходится на «дорожный» шум, который, в свою очередь, складывается из шума от городских дорог и крупных автотранспортных магистралей. Поэтому разработка мер профилактики шума от шоссе, крупных автомагистралей и железных дорог становится все более актуальной в плане решения задачи улучшения качества городской среды [Zhou, Zhao, 2014, p. 525].

Одним из применяемых уже сегодня методов контроля и ограничения распространения звука является использование изоляции и звукопоглощения. Однако в состав многих применяемых сегодня синтетических изо-

ляционных и звукопоглощающих материалов входят токсичные компоненты, которые могут нанести вред здоровью людей. Поэтому все более активно ведутся исследования по созданию нетоксичных и безопасных для здоровья людей звукопоглощающих материалов. Одним из направлений таких исследований стал поиск возможностей по использованию натуральных волокон в качестве изоляторов и абсорбентов [Jayamani, Namdan, 2013; Sakamoto et al., 2011; Silva et al., 2019].

Другим направлением получения экологически безопасных, но эффективных звукопоглощающих материалов является создание новых композиционных материалов и многофункциональных нанопокровов, которые могут быть использованы для ограждающих автотрассы шумоизоляционных панелей различного типа.

Традиционно в качестве матриц полимерных композиционных материалов применяются реактопластичные смолы, однако в настоящее время актуальным становится применение так называемых термопластичных композиционных материалов [Shipunov et al., 2018]¹. Переход к данному типу связующих материалов позволяет существенно снизить себестоимость и время изготовления конструкций из термопластичных композитов. Это достигается за счет применения безавтоклавных технологий изготовления конструкций методом автоматизированной термоштамповки, которая также является экологически более безопасной, чем другие технологии получения композиционных материалов [Ablyaz et al., 2019].

Важным экологическим преимуществом армированных термопластичных материалов является то, что они не требуют специальных условий и ограничений по срокам хранения. Термопластичные композиционные материалы не токсичны и экологически безопасны, являются биологически инертными и могут быть использованы при изготовлении даже медицинских изделий, например протезов. За счет термопластичных свойств связующего компонента изделия из данных материалов можно безопасно переработать в менее нагруженные детали по истечению сроков эксплуатации. Описанные характеристики новых композиционных материалов существенно повышают целесообразность и привлекательность их использования при решении экологических и биологических задач.

Еще одним важным преимуществом применения новых композиционных материалов при изготовлении и эксплуатации шумоизоляционных панелей различного типа вдоль нагруженных автотрасс является возможность создания панелей с встроенными в них функциями диа-

¹ Первоначальное применение они получили в авиационной промышленности в целях создания более легких и надежных конструкций, а также для повышения звукоизоляции корпусов гондол и кожухов моторов.

гностики и мониторинга состояния при длительном процессе эксплуатации с помощью волоконно-оптических датчиков на брэгговских решетках [Matveenko et al., 2018]. Волоконно-оптические датчики имеют высокую степень разрешения по измеряемым параметрам, малые габариты, длительный срок эксплуатации, могут быть внедрены непосредственно в конструкцию из композиционных материалов. Следует отметить, что волоконно-оптические датчики устойчивы к воздействию агрессивных сред и электромагнитным помехам, а также могут взаимодействовать с различными иными датчиками, что позволяет их успешно применять в гражданском строительстве, при контроле состояния трубопроводов, в авиационных конструкциях [Health monitoring..., 2004]. Созданные к настоящему времени технологии¹ позволяют внедрять волоконно-оптические датчики непосредственно в структуру композиционного материала на этапе изготовления композитных конструкций. Таким образом, становится возможным изготовление композитных конструкций со встроенной системой волоконно-оптических датчиков для регистрации ее напряженно-деформированного состояния на всех этапах жизненного цикла: изготовления, хранения, испытания или эксплуатации. В НОЦ АКТ ПНИПУ разработан прототип системы мониторинга состояния конструкции, позволяющий регистрировать квазистатические и динамические нагрузки в процессе проведения механических испытаний или эксплуатации композитных конструкций. Разработанная система мониторинга включает объект мониторинга с внедренными волоконно-оптическими датчиками, интеррогатор, позволяющий получать данные с датчиков, программное обеспечение, необходимое для регистрации и обработки данных. Эти технологии могут быть эффективно использованы в городском строительстве в программах создания экологически чистых городов и снижения антропогенной нагрузки на городских жителей.

Другим направлением применения композиционных материалов в городском обустройстве является их использование для контроля за выбросами вредных веществ в атмосферу. В частности, зарубежными исследователями разработаны и предлагаются методы использования композитных материалов в области газоанализирования и контроля за выбросами этанола, сжиженного нефтяного газа и монооксида углерода (СО). Такие композиционные материалы представляют собой тонкие пленки смесей оксидов меди и цинка, получаемых термическим окислением металли-

¹ Данные технологии были разработаны, в частности, в Научно-образовательном центре авиационных композитных технологий ПНИПУ в рамках выполнения ГЗ № 11.2391.2017/ПЧ «Разработка системы мониторинга состояния конструкций из полимерных композиционных материалов для современных авиационных двигателей на основе встроенных волоконно-оптических датчиков».

ческих слоев Cu/Zn [Rambu et al., 2015, p. 9837]. Поскольку каждый из элементов (и оксид меди, и оксид цинка) по отдельности демонстрируют хорошие характеристики восприятия в отношении широкой категории газов, это позволяет их применять для одновременного контроля за большим спектром выделяемых в атмосферу вредных веществ, контролируя тем самым уровень загрязнения окружающей среды и экологической обстановки в городах с высоким уровнем промышленных выбросов.

Помимо перечисленных выше существуют и другие способы и направления использования композиционных материалов разного вида для решения комплекса задач по снижению антропогенной нагрузки на жителей городов и созданию «зеленых» городов на принципах экологической безопасности. В частности, это такое чрезвычайно важное для плотной городской застройки требование, предъявляемое к строительным, отделочным и звукоизоляционным материалам, используемым для жилищного, социально-культурного, бытового, производственного строительства, как огнеупорные и огнезащитные свойства материалов [Fatima, Mohanty, 2011].

Выводы по результатам онлайн-диалога

Прошедшая на платформе ООН дискуссия по проблеме создания «зеленых» городов и оценке роли академических кругов в решении задач достижения целей устойчивого развития, а также определения перспективных направлений участия научного сообщества в создании «зеленой» экономики показала, что у академического сообщества уже существует множество научных разработок, открытий и достижений в самых разнообразных областях фундаментальных исследований, которые могут и должны найти применение и в области улучшения среды обитания людей, и в вопросах снижения антропогенной нагрузки на городских жителей, и в достижении повышения качества их жизни.

Так, перспективные исследования по созданию композиционных материалов, получившие первоначальный запрос от авиационной промышленности (причем сначала в военном, а уже потом в гражданском самолетостроении), сегодня с успехом могут применяться при решении задачи создания «зеленого» города путем их использования в различных технологиях борьбы с городским шумом, в создании систем контроля за выбросами вредных веществ в атмосферу от наиболее опасных источников загрязнения, в повышении огнезащитных свойств материалов, а также в целом ряде других направлений улучшения экологической ситуации и создания экологически чистых городов. При этом уже разработаны современные технологии создания экологически безопасных композиционных материалов, которые сами соответствуют требованиям экологической

безопасности, составляя перспективную основу «зеленого» производства и «зеленой» экономики в целом.

Важным результатом, который должен быть вынесен по материалам дискуссии, является вывод о том, что решение задачи создания «зеленых» (экологически чистых) городов имеет в том числе и существенный технологический аспект [Vukovic et al., 2019]. Экологически чистый город означает не только «зеленый» город, т.е. не только город с большой площадью озеленения городской территории, с наличием городских лесов, садов и парков. Это также город, чистый от бытовых отходов, грязи на улицах и во дворах, мусорных свалок в городской черте и на пригородных территориях. Экологически чистый город означает и город, защищенный от промышленных и бытовых шумов, от шума и вредных выбросов от транспортных средств всех видов, заполняющих современные города, особенно мегаполисы.

В процессе онлайн-диалога и дискуссии была отмечена важность решения задачи разработки, производства и применения в готовых изделиях экологически безопасных, но при этом надежных материалов, обеспечивающих улучшение эксплуатационных свойств, долговечности и качества изделий, а также экологическую безопасность при их последующей утилизации, что позволяет решить проблему накапливаемых обществом бытовых и промышленных отходов, которые существенно загрязняют окружающую среду и городское пространство. Также нужно сосредоточить усилия на более широком внедрении в производство современных экологически безопасных материалов, которые могут и должны составить основу производства на принципах «зеленой» экономики и обеспечить решение задачи сокращения доли не утилизируемых отходов.

И в этом аспекте нужно отметить, что сегодня фундаментальные науки уже разработали способы борьбы с техногенными шумами. Осталось только более быстро и повсеместно внедрить их в обиход.

Список литературы

1. *Ablyaz T. R., Muratov K. R., Shlykov E. S., Shipunov G. S., Shakirzyanov T. V.* Electric-discharge machining of polimer composites // Russian Engineering Research. — 2019. — Vol. 39. — No. 10. — P. 898–900.
2. *Arenas J. P., Crocker M. J.* Recent trends in porous sound-absorbing materials // Sound and Vibration. — 2010. — Vol. 44. — No. 7. — P. 12–17.
3. *Asdrubali F.* Survey on the acoustical properties of new sustainable materials for noise control // EURONOISE 2006 — The 6th European Conference on Noise Control: Advanced Solutions for Noise Control. — 2006. — P. 10.
4. *Biabani A., Aliabadi M., Golmohammadi R., Farhadian M., Shahidi R.* Evaluation of noise reduction rating of current earmuffs based on field microphone in real ear (FMIRE) in workplaces // Iran Occupational Health. — 2017. — Vol. 14. — No. 4. — P. 118–127. URL: <http://ioh.iums.ac.ir/article-1-1849-en.pdf>

5. Deafness and hearing loss. Official website of the World Health Organization. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
6. *Faruk O., Bledzki A. K., Fink H.-P., Sain M.* Progress report on natural fiber reinforced composites // *Macromolecular Materials and Engineering*. — 2014. — Vol. 299. — No. 1. — P. 9–26.
7. *Fatima S., Mohanty A. R.* Acoustical and fire-retardant properties of jute composite materials // *Applied Acoustics*. — 2011. — Vol. 72. — No. 2–3. — P. 108–114.
8. Green Cities and Economies: Solutions from Academia // “75 for UN75: 75 Minutes of Conversation” Series of Online Dialogues. URL: <https://academicimpact.un.org/content/75-un75-75-minutes-conversation-series-online-dialogues>
9. Health monitoring of aerospace structures: smart sensor technologies and signal processing / Edited by W. J. Staszewski, C. Boller, G. R. Tomlinson. — John Wiley & Sons Ltd, USA, 2004. — 266 p.
10. *Jayamani E., Hamdan S.* Sound absorption coefficients natural fibre reinforced composites // *Advanced Materials Research*, — 2013. — Vol. 701. — P. 53–58.
11. *Matveenko V. P., Voronkov A. A., Kosheleva N. A., Lobanov D. S., Serovaev G. S., Spaskova E. M., Shipunov G. S., Shardakov I. N.* Measurement of strains by optical fiber BRAGG grating sensors embedded into polymer composite material // *Structural Control and Health Monitoring*. — 2018. — Vol. 25. — No. 3. — P. 2118.
12. *Mingaleva Zh., Vukovic, N., Volkova I., Salimova T.* Waste Management in Green and Smart Cities: Case Study of Russia // *Sustainability*. — 2020. — Vol. 12. — № 1. — P. 94. URL: <https://doi.org/10.3390/su12010094>
13. *Ozkan D., Gok M. S., Karaoglanli A. C.* Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Composite Materials, Their Characteristic Properties, Industrial Application Areas and Their Machinability // *Advanced Structured Materials*. — 2020. — Vol. 124. — P. 235–253.
14. *Rambu A. P., Tudorache F., Petrila I., Rusu G. G., Nica V., Dobromir M., Tascu S.* Combined effects of p–n heterojunctions and active surface areas in a composite material dedicated to gas sensing applications // *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. — 2015. — Vol. 26. — No. 12. — P. 9837–9844.
15. *Sakamoto S., Takauchi Y., Yanagimoto K., Watanabe S.* Study for sound absorbing materials of biomass tubule etc // *Journal of Environmental Engineering*. — 2011. — Vol. 6. — No. 2. — P. 352–364.
16. *Shipunov G. S., Pisarev P. V., Tihonova A. A., Alikin M. A., Golovin D. V.* Evaluation of the mechanical properties for a thermoplastic composite with a quasi-isotropic layup. AIP Conference Proceedings // *Proceedings of the Advanced Materials with Hierarchical Structure for New Technologies and Reliable Structures*, 2018. — P. 020278.
17. *Silva C. C. B. D., Terashima F. J. H., Barbieri N., Lima K. F. D.* Sound absorption coefficient assessment of sisal, coconut husk and sugar cane fibers for low frequencies based on three different methods // *Applied Acoustics*. — 2019. — Vol. 156. — P. 92–100.
18. *Taban E., Khavanin A., Ohadi A., Jafari A. J., Faridan, M.* Modelling of date palm fibre composite acoustic behaviour using differential evolution algorithm // *Iran Occupational Health*. — 2019. — Vol. 16. — No. 2. — P. 94–108.
19. *Taheri H., Hassen A. A.* Nondestructive ultrasonic inspection of composite materials: A comparative advantage of phased array ultrasonic // *Applied Sciences*, 2019. — Paper # 1628.

20. *Vukovic N., Pobedinsky V., Mityagin S., Drozhzhin A., Mingaleva Z.* A study on green economy indicators and modeling: Russian context // Sustainability. — 2019. — Vol. 11. — No. 17. — P. 4629.
21. *Zhou T., Zhao T.* Noise Influence and Prevention Treatment of Residential Buildings near Highway // Applied Mechanics and Materials. — 2014. — Vol. 587. — No. 589. — P. 525–529.