



МРНТИ 67.07.01

Научная статья

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-150-1-186-202>

Энергоэффективность в архитектуре школьных зданий: ключевой фактор устойчивого развития

С.Ш. Садыкова^{1*}, А.А. Сайлаубеков

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

(E-mail: sara.arch@mail.ru)

Аннотация. Современные образовательные учреждения вынуждены адаптироваться к изменениям в обществе и новым требованиям, предъявляемым к учебному процессу. В этой связи архитекторы и дизайнеры разрабатывают инновационные подходы к проектированию школьных зданий, стремясь создать гибкие, эффективные и экологически устойчивые пространства. В статье рассматриваются ключевые тенденции в архитектуре школьных зданий, направленные на повышение энергоэффективности и снижение воздействия на окружающую среду. Основное внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии, пассивному проектированию, интеллектуальным системам управления, а также сертификации зданий по стандартам LEED и BREEAM. Приведены примеры успешных проектов, таких, как «Начальная школа естественных наук и биоразнообразия» в Париже и культурно-образовательный центр Чоарватты, которые демонстрируют важность внедрения энергоэффективных технологий для создания комфортных и устойчивых образовательных пространств. Кроме того, рассмотрены инновационные материалы и технологии, способствующие снижению энергопотребления и созданию комфортной учебной среды. Особое внимание уделяется роли школьных зданий в формировании экологического сознания у учеников, что является важным элементом в воспитании будущих поколений. Значимость данных процессов, а именно интеграция природных ресурсов в сферу архитектуры для развития экологической и экономической устойчивости особенно подчеркивает их важность.

Ключевые слова: архитектура, искусственный интеллект, инновационные технологии, энергоэффективность.

Поступила 29.10.2024. Доработана 03.12.2024. Одобрена 24.12.2024. Доступна онлайн 31.03.2025

¹автор для корреспонденции

Введение

Современные образовательные учреждения сталкиваются с необходимостью адаптации к быстро меняющимся условиям жизни и новым требованиям к учебному процессу. Энергоэффективность в зданиях и ее влияние на окружающую среду стало одним из наиболее актуальных общественных вопросов в последние десятилетия. Во многих странах грядущее сокращение запасов ископаемых энергоносителей приводит к необходимости проведения очень жесткой политики в области энергетики и окружающей среды, в центре которой регулярно оказывается строительный сектор. [1]

В ответ на это архитекторы и дизайнеры разрабатывают инновационные подходы к проектированию школьных зданий, стремясь создать более гибкие, эффективные и безопасные пространства. Эти тенденции направлены на повышение качества образования, комфортного пребывания учеников, а также на внедрение экологически устойчивых решений. Помимо этого, развитие технологий и инновационные материалы позволяют существенно снизить энергозатраты на эксплуатацию зданий, способствуя уменьшению углеродного следа и снижению затрат на содержание учебных заведений. Такие подходы становятся важным шагом на пути к устойчивому развитию и формированию экологически осознанного поколения.

Существует мнение, что задачи энергосбережения и повышения энергоэффективности – это ответственность исключительно государства, своего рода официальная инициатива, не связанная с нашей повседневной жизнью, особенно в стране с такими богатыми ресурсами, как Казахстан. Однако такое представление ошибочно и может привести к серьезным негативным последствиям. Основные источники энергии, такие, как тепловые, атомные и гидроэлектростанции, наносят значительный ущерб окружающей среде. Каждая новая станция лишает нас и будущие поколения чистого воздуха, зелёных лугов и прозрачных рек. И этот вопрос важен не в далёкой перспективе, а уже сегодня. [2]

Казахстан в данном плане давно выпустил государственные документы, регулирующие вопросы энергоэффективности. Они позволяют создать нормативно-правовую основу для внедрения современных технологий энергосбережения и устойчивого проектирования. Данные документы, такие, как Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» [9] ориентированы на обеспечение оптимального энергопотребления в зданиях. Они обязывают проектировщиков использовать материалы с высокими теплоизоляционными характеристиками, внедрять системы автоматического управления энергией и учитывать экологические аспекты на этапе проектирования. Эти меры стимулируют переход образовательных учреждений к энергоэффективным стандартам, минимизируют затраты на эксплуатацию зданий и способствуют снижению негативного влияния на окружающую среду. Кроме того, государственная программа по «зеленой экономике» в Казахстане [10] ставит цель активно интегрировать возобновляемые источники энергии в строительный сектор, включая образовательные учреждения, что способствует формированию устойчивой и экологически безопасной инфраструктуры. Таким образом, данные нормативные акты позволяют не только сократить энергопотребление и эксплуатационные расходы,

но и повысить качество образовательной среды, делая её комфортной и экологически устойчивой.

Цель данной статьи – выявление ключевых инновационных тенденций в архитектуре школьных зданий и энергоэффективного подхода в их проектировании. Основой для обзора литературы стали статьи из данных источников: Повышение энергоэффективности во Франции: опыт A.R.I.E.L. и высшей инженерной школы Парижа (MINES-ParisTech) отражено в исследовании Балдина В.Ю., Селезневой И.С. [1]; Особенности формирования «зеленой» школы освещены в статье Азарова Е.В., Задирако И.Н., Плетнер Ю.Д., Шимутин Е.Н. «Энергоэффективная школа: как экономить деньги» [2]; Повышение эффективности с помощью программы энергоменеджмента как устойчивой практики в школах исследованы авторами: Fadi AlFaris, Adel Juaidi, Francisco Manzano-Agugliaro [3]; Принцип использования местных экологически чистых материалов и солнечных панелей показаны в проекте «Начальная школа естественных наук и биоразнообразия Chartier Dalix Architectes» [4]; Мировой опыт формирования школьных зданий на основе энергосберегающих технологий исследованы в статье Смолина С.И., Киселева О.В. [5]; Искусственный интеллект как компонент инновационного содержания общего образования: анализ мирового опыта и отечественные перспективы отражены в трудах Садыковой А.Р., Левченко И.В. [6]; Проект с использованием экологически чистых материалов и систем энергосбережения автоматизированным искусственным интеллектом показан на примере «Культурный и образовательный центр Чоарватта» архитектора Йоар Нанго» [7]; Также было рассмотрено использование искусственного интеллекта в проектировании энергоэффективных школ, и хорошим пример стал проект «Эджвудская средняя школа» (Edgewood High School), спроектированный Daniels Construction [8]; Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» [9]; План мероприятий по реализации Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» на 2021–2030 годы [10]; Энергоэффективные материалы: Обзор в журнале Buildings использование инновационных строительных материалов, таких, как биобетон, фазопереходные материалы и интегрированные в здание фотоэлектрические панели были охвачены в статье Яхья Алассаф [11]; Зеленая архитектура и энергоэффективность: Исследование в Engineering Science & Technology Journal рассматривает инновационные подходы к проектированию зданий в статье Аниекан Акпан Умох, Адедайо Адефеми и Кеннет Ифеаньи Ибекве. [12] Таким образом, освещение этой темы в трудах различных авторов подчеркивает востребованность и актуальность исследований в области инновационных энергоэффективных технологий, применяемых в проектировании и строительстве современных школьных зданий.

Методология

Методология данной статьи представляет собой процесс исследования и систематизации зарубежных научных трудов, образовательных электронных ресурсов и интернет-источников по теме энергоэффективности, «зеленой» архитектуры и инновационного подхода в проектировании школьных зданий. Объектами исследования стали статьи за последние 10 лет, относящиеся к теме энергоэффективного проектирования.

При написании данной статьи был проведен анализ существующих тенденций и технологий в области проектирования энергоэффективных школьных зданий. В качестве ключевых источников использовались научные статьи, отчеты международных организаций и примеры успешных проектов энергоэффективных школ. Особое внимание было уделено системам сертификации зданий, таким, как LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) и BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), которые устанавливают стандарты экологического и энергоэффективного проектирования.

Были изучены основные теоретические и практические работы по вопросам энергоэффективности в архитектуре учебных учреждений. Были проанализированы примеры проектов из разных стран, таких, как Франция, Германия и США, для выявления успешных решений и подходов. Также рассмотрены международные стандарты и системы сертификации, такие, как LEED и BREEAM, с целью оценки их влияния на развитие энергоэффективных школьных зданий. Эти системы были выбраны как наиболее авторитетные и применимые для проектирования экологически устойчивых объектов.

Результаты и обсуждения

Энергоэффективные школы являются важным элементом прочного экологического и экономического развития образовательных учреждений. Внедрение энергоэффективных технологий в школах повышает общественную осведомленность о необходимости заботы об окружающей среде и рационального использования природных ресурсов. Это важно для воспитания экологически сознательных граждан. Внедрение энергоэффективных принципов проектирования в архитектуру школьных зданий позволит уменьшить потребление энергии для отопления, освещения, вентиляции и работы оборудования, уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, что делает их более устойчивыми и экономичными в эксплуатации. Это крайне актуально в нынешнее время инфляции и климатических изменений по всему миру.

Изменение климата и будущее энергетических источников представляют собой серьезные вызовы для человечества. Использование человеком ископаемого топлива не только оказывает согревающий эффект на погоду, но и приводит к энергетическому дефициту. Текущие экологические проблемы коренятся в недостаточном осознании и слабости культурного отношения к взаимодействию человека и природы. Устойчивое общество может быть создано только на основе знаний и понимания, требующих преобразования образовательного сектора для внедрения практик устойчивого развития и взаимодействия с экосистемами. [3]

Проектирование энергоэффективных школ включает в себя интеграцию технологий и методов, направленных на минимизацию потребления энергии и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Один из ключевых элементов такого подхода – это использование пассивных архитектурных решений, которые оптимизируют использование солнечного света и естественной вентиляции, что, в свою очередь,

снижает потребность в электроэнергии для освещения и кондиционирования воздуха. Важным аспектом является использование возобновляемых источников энергии. Системы, такие, как солнечные панели и ветряные установки, позволяют частично или полностью удовлетворять энергетические потребности школы, минимизируя зависимость от традиционных источников энергии и уменьшая углеродный след. Кроме того, особое внимание уделяется выбору инновационных строительных материалов, которые обеспечивают высокую теплоизоляцию. Это позволяет сократить теплопотери зимой и уменьшить перегрев помещений в летний период, создавая комфортную внутреннюю среду для учебного процесса. [11] Не менее важным элементом являются умные системы управления зданием, которые позволяют эффективно регулировать освещенность, температуру и вентиляцию в зависимости от присутствия людей и внешних условий. Эти технологии помогают снизить расход энергии и оптимизировать работу инженерных систем. К зелёным технологиям в проектировании школ можно отнести использование зеленых крыш, которые не только улучшают теплоизоляцию, но и способствуют улучшению качества воздуха и снижению уровня шума. Такие элементы делают здание экологически устойчивым, вносят вклад в сохранение биоразнообразия и помогают формировать у учащихся осознанное отношение к природным ресурсам. Таким образом, комплексный подход к проектированию энергоэффективных школ способствует созданию учебных заведений, которые не только экономят ресурсы, но и создают благоприятную среду для обучения. [12]

В нынешнее время существуют международные системы сертификации зданий, которые упрощают понимание экологичного проектирования, оценивают их экологическую устойчивость и энергоэффективность, а именно LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) и BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Они используются для разработки и управления зданиями, стремящимися минимизировать вредное воздействие на окружающую среду. В проектировании учебных учреждений можно будет отталкиваться от данных систем сертификации, что упрощает понимание энергоэффективных школ и не упускает все элементы энергоэффективного проектирования (рис.1).

Сейчас есть множество примеров энергоэффективных школ, которые используют активные и пассивные системы энергосбережения. Самый популярный пример таких школ — это Начальная школа естественных наук и биоразнообразия (École Primaire des Sciences et de la Biodiversité) в Париже, Франция, спроектированный архитектурным бюро «Chartier Dalix Architectes». Начальная школа с собственной природной средой. Проект был разработан в рамках особо инновационной программы, направленной на защиту окружающей среды. Концепция здания основана на создании первичного ландшафта, текстуры и компоненты которого будут заимствованы из более широкого ландшафта, который напоминает ландшафтные горные местности. Данная школа имеет три уровня озеленения, на кровле которой находится школьный огород и сад, за которым дети ухаживают и познают окружающий мир.



Рисунок 1. Начальная школа естественных наук и биоразнообразия (École Primaire des Sciences et de la Biodiversité), Париж, Франция.

Этот проект представляет собой "ландшафт как жизненное пространство", а не просто здание. Здание состоит из двух отдельных частей: бетонные части – фасады, и части, выполненные из растений – крыша. Эта оболочка обволакивает школу, создавая общий объем с плавными контурами и гибкими линиями, открывая плавные внутренние пространства и эластичные внешние, избегая разрывов между объемами (рис.2, рис.3).



Рисунок 2. Вид на «зеленую» крышу Начальной школы естественных наук и биоразнообразия (École Primaire des Sciences et de la Biodiversité), Париж, Франция.



Рисунок 3. Вид на фрагмент фасада. Начальная школа естественных наук и биоразнообразия (École Primaire des Sciences et de la Biodiversité), Париж, Франция.

Компактное здание выходит окнами на окрестности, открывая множество перспектив. Игровые площадки – это два открытых пространства, которые взаимодействуют друг с другом, находятся на виду друг у друга, оценивая друг друга (однажды дети дошкольного возраста пойдут в начальную школу). Все здание окружено примитивной природной средой, которая действует как более или менее долгосрочный катализатор сохранения биоразнообразия в центре более крупного объекта. Действительно, это сооружение живое, поскольку его внешний вид меняется. Благодаря своей функции основы ландшафта, он представляет собой оболочку, которая будет отличаться через пять или десять лет, со всей непредсказуемостью природы, которая не обязательно появляется там, где можно было бы ожидать. [4]

Начальная школа естественных наук и биоразнообразия (École Primaire des Sciences et de la Biodiversité) в Париже, Франция, является примером инновационного устойчивого проектирования. Этот проект продемонстрировал, как можно интегрировать природные процессы в архитектуру школьных зданий и выделить среди привычных традиционных школ. В данной школе были использованы солнечные панели на крыше здания, которые позволяют экономить энергию. В здании установлены системы автоматизации, которые управляют освещением и отоплением на основе данных о присутствии людей и погодных условиях. Это было сделано для разумного энергопотребления.

После завершения строительства в школе была внедрена система мониторинга энергопотребления, которая отслеживает потребление электричества, отопления и

воды в реальном времени. Это позволяет регулировать работу систем в зависимости от фактических потребностей и минимизировать энергозатраты. С использованием программ для энергетического моделирования проводятся регулярные симуляции, которые помогают прогнозировать энергопотребление в различных климатических условиях и в зависимости от изменений в эксплуатации здания (например, при увеличении количества учащихся). Также нужно отметить про «зеленые» крыши в нашем примере начальной школы естественных наук и биоразнообразия в Париже, то его преимущество в том, что слой растительности на крыше улучшает теплоизоляцию, уменьшает перегрев здания летом и помогает поддерживать комфортную температуру в помещении, улучшает микроклимат, уменьшает потребность в кондиционировании воздуха и создает комфортную среду в здании.

Таким образом, проект начальной школы естественных наук и биоразнообразия стал образцом энергоэффективного и экологически устойчивого проектирования. Его архитектурные и инженерные решения направлены на минимизацию воздействия на окружающую среду, снижение энергопотребления и создание комфортных условий для обучения.

Снижение энергопотребления в школьных зданиях, построенных с использованием энергоэффективных технологий, можно оценить на основе различных статистических исследований и отчетов. Основные показатели касаются экономии электроэнергии, тепловой энергии и уменьшения углеродного следа. В школах, построенных с использованием энергоэффективных технологий, энергопотребление может снижаться на 20-50% по сравнению с традиционными зданиями. В Германии и Северной Европе внедрение стандартов Passivhaus в школах позволило снизить потребление энергии до 15 кВт·ч/м² в год, что почти в 10 раз меньше, чем в обычных зданиях. А в США школы, построенные по стандартам LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), показывают снижение энергопотребления по сравнению с традиционными зданиями. [5]. Эти данные показывают, что энергоэффективные технологии могут значительно сократить потребление энергии в образовательных учреждениях, снизить расходы и минимизировать загрязнение природной среды. В этом плане культурный и образовательный центр Чоарватты подчеркивает важность использования местных ресурсов для снижения экологического следа. Подобные проекты доказывают, что локальный подход к выбору материалов и технологий может существенно повысить устойчивость зданий и уменьшить их влияние на природу. Современные энергоэффективные технологии и материалы позволяют не только снизить энергозатраты, но и минимизировать воздействие на окружающую среду. Внедрение таких решений в школьных зданиях способствует созданию комфортной и экологичной среды для учащихся и персонала. В этом проекте были использованы материалы из местного камня и древесины сосны. В вестибюле и коридорах полы из полированного бетона имитируют поверхность земли снаружи здания, а элементы декора выполнены из местного камня, включая сланец и кварцит различных оттенков серого и зеленого. (рис.4).



Рисунок 4. Образовательный центр Чоарватты (Čoarvemátta Cultural and Educational Hub), Kautokeino, Norway.

Данная школа соответствует стандарту LEED и BREEM, что означает, что здание очень высокого качества, с хорошим микроклиматом в помещении и чрезвычайно низкими энергозатратами. Здание на 90% обеспечивает себя энергией для отопления и охлаждения благодаря 40 геотермальным скважинам, пробуренным на глубине около 250 метров. Скважины снабжают энергией два тепловых насоса, которые одновременно обогревают и охлаждают здание, в то время как теплообменники энергетических скважин отводят излишки тепла обратно. В самые холодные зимние дни система дополняется электрическим котлом. [7]

В школах, которые были рассмотрены в статье, использованы активные и пассивные энергосберегающие технологии. Внимание уделялось использованию солнечных панелей, систем автоматизации управления энергопотреблением, а также использованию экологически чистых материалов и «зелёных» крыш и описаны положительные воздействия их использования, воздействия на окружающую среду. Для оценки экологических преимуществ энергоэффективных школ были использованы модели и симуляции, которые позволили предсказать возможное сокращение углеродного следа и других негативных последствий на атмосферу земли. Вместе с этим, следует отметить, что в школах, использующих энергоэффективные технологии, расходы на отопление могут снизиться на 30-50% за счет улучшенной теплоизоляции, двойных окон и использования современных систем управления теплом, а именно интеллектуальные системы управления отоплением и вентиляцией. Температура в зданиях регулируется автоматически в зависимости от времени суток, погодных условий и наличия людей в помещении. Это помогает избежать перерасхода энергии на отопление или кондиционирование. Повышение энергетической эффективности позволяет напрямую снижать добычу и потребление первичной энергии, необходимых для достижения определенной цели, обеспечивать энергетическую независимость, снижать выбросы CO₂ и тем самым уменьшать остроту проблемы изменения климата и глобального повышения температуры. Таким образом, вклад энергоэффективности

является наиболее значительным и оценивается величиной до 39 % в сценариях глобального потепления. Современные энергоэффективные технологии и материалы позволяют не только снизить энергозатраты, но и минимизировать воздействие на окружающую среду. Внедрение таких решений в школьных зданиях способствует созданию комфортной и экологичной среды для учащихся и персонала. [7]

Также рассмотрим внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в школьный процесс обучения. Не секрет, что искусственный интеллект все больше развивается и внедряется практически во все сферы, включая архитектуру, дизайн, анализ данных и т.п. Актуальность искусственного интеллекта создает новые профессии, связанные с использованием ИИ, и в скором времени школьные программы будут обновлены с нынешними тенденциями использования искусственного интеллекта в робототехнике, информационных технологиях и связанных с технологиями модулей.

Важность искусственного интеллекта можно рассмотреть не только в школьной программе, а также в поддержке систем экологического энергопотребления, сокращения расходов и управления освещением, системой безопасности и вентиляции. Для безопасности школ сейчас используется ИИ в определении и анализе лиц при входе в школу, в школах с энергоэффективным энергоснабжением искусственный интеллект используется для автоматической регулировки работы вентиляции, отопления, освещения и кондиционирования воздуха, предотвращая излишние потери энергии. Все эти аспекты использования искусственного интеллекта с каждым годом дополняются и улучшаются для качественной работы и комфортного использования. [6].

Также умные управления зданиями за счет искусственного интеллекта играют важную роль в повышении энергоэффективности. Они регулируют потребление энергии в зависимости от присутствия людей и погодных условий, что помогает существенно сократить эксплуатационные расходы и повысить экологическую устойчивость сооружений. Представьте школу, которая сама регулирует температуру, управляет освещением и даже контролирует расход энергии, чтобы создать комфортную и безопасную среду для учеников и учителей. Именно так работает Edgewood High School в Мэдисоне, США – школа будущего, где искусственный интеллект (ИИ) заботится о том, чтобы здание было максимально энергоэффективным и при этом сэкономило ресурсы. (рис.5).



Рисунок 5. Edgewood High School в Мэдисоне, США.

Что делает эту школу особенной? Начнем с того, что ИИ здесь контролирует практически все процессы, связанные с энергетикой. Например, система отопления и вентиляции работает в зависимости от времени суток, погоды и количества людей в помещении. Представьте, что на улице холодный день, и до начала занятий еще несколько часов — здание не тратит лишнюю энергию, поддерживая минимальную комфортную температуру. Но как только школа начинает оживать, ИИ автоматически подстраивает температуру под нужды учеников, создавая уют и тепло. Освещение тоже работает с умом. В классе свет загорается только тогда, когда туда входят люди. А если на улице яркое солнце, система уменьшает яркость ламп, экономя электричество. И это происходит без участия человека — ИИ всё делает сам. Школа также использует солнечные панели, и здесь снова на помощь приходит ИИ. Он отслеживает прогноз погоды и определяет, сколько энергии можно накопить, чтобы потом использовать её на нужды здания. Например, лишняя энергия может быть сохранена на вечер или пасмурный день. Еще одно важное преимущество — постоянный мониторинг энергопотребления. ИИ следит за тем, как используется энергия в здании, и в реальном времени предлагает решения по ее оптимизации. Например, если где-то идет перерасход, система это сразу фиксирует и корректирует. Особенность проекта Edgewood High School заключается в том, что ИИ не просто помогает экономить энергию, но и учит этому новых учеников. Учащиеся видят, как работает умная школа, как технологии помогают заботиться об окружающей среде, и понимают, как можно жить более экологично. И в этом смысле школа становится не просто местом для обучения, но и примером того, как мы можем использовать технологии, чтобы сделать мир лучше. Edgewood High School — это пример того, как искусственный интеллект может не только сделать школу более эффективной, но и помочь формировать экологически осознанное поколение. [8]

Школы, спроектированные с использованием ИИ, становятся настоящими «умными» зданиями, которые адаптируются к изменяющимся условиям и нуждам, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду. Это не только экономически эффективно, но и помогает формировать экологически сознательных учеников, которые в будущем смогут лучше понимать и управлять ресурсами планеты.

Таким образом, ИИ становится ключевым инструментом для создания энергоэффективных школ, которые способны реагировать на изменения окружающей среды, оптимизировать свои ресурсы и предоставлять качественные условия для обучения.

В ходе анализа проектирования энергоэффективных школьных зданий было установлено, что внедрение современных технологий и подходов значительно улучшает эксплуатационные характеристики учебных учреждений, снижает затраты на энергию и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду. Рассмотренные примеры, такие, как «Начальная школа естественных наук и биоразнообразия» во Франции, демонстрируют, что активное и пассивное проектирование, а также использование экологичных строительных материалов, солнечных панелей, «зеленых» крыш и интеллектуальных систем управления позволяют достичь высокого уровня энергоэффективности.

Основные результаты статьи отражают следующие аспекты энергоэффективного проектирования школьных зданий:

- Снижение энергопотребления – использование пассивных и активных энерго-сберегающих технологий позволяет снизить энергозатраты на отопление, охлаждение и освещение до 50%, в сравнении с традиционными зданиями;

- улучшение качества среды обитания – «зеленые» крыши и фасады, а также использование натуральных материалов и эффективных изоляционных решений создают комфортные условия для обучения, улучшая микроклимат внутри учебных помещений;

- использование альтернативных источников энергии и экологически чистых материалов – в данный момент из-за климатических изменений человечество пытается внедрить возобновляемые источники энергии (солнечные панели, ветряные мельницы и т.п.) и использовать экологически чистые материалы для сокращения углеродного следа;

- внедрение искусственного интеллекта в процесс обучения и для экологического энергоснабжения – обновлённая школьная программа и разумное использование энергии за счет автоматизации энергопотребления.

Воплощение всех этих моментов позволит не только сократить энергопотребление, но и позволит воспитать новое поколение экологически сознательных граждан.

Заключение

Проектирование энергоэффективных школ становится особенно важным в данных условиях глобального потепления и сокращения мировых ресурсов. Описанные в статье примеры показывают, что использование современных технологий способствуют сокращению энергопотребления, одновременно улучшая условия для обучения и минимизируя негативное воздействие на окружающую среду. В долгосрочной перспективе использование солнечных панелей, искусственного интеллекта в автоматизации и применение экологически чистых строительных технологий делают школы не только более экологичными, но и экономически выгодными. Энергоэффективные школы обладают значительными преимуществами по сравнению с традиционными школами. Они не только позволяют существенно сократить затраты на энергию и воду, но и обеспечивают более комфортные условия для обучения, а также уменьшают нагрузку на окружающую среду. В долгосрочной перспективе такие здания становятся более выгодными и устойчивыми в эксплуатации.

Проект «Начальной школы естественных наук и биоразнообразия» в Париже, Франция, подчеркивает важность интеграции природных процессов в архитектуру. Этот проект – хороший пример гармоничного слияния зданий с природой. Хорошая энергоэффективная школа с экологическим аспектом улучшает образовательную среду и формирует осознанное отношение к окружающей среде, и данная школа к тому пример. Применение пассивных и активных энергосберегающих технологий, таких, как «зеленые» крыши и использование местных материалов, доказывают, что даже в условиях городской застройки возможно создание экологически устойчивых объектов.

Энергоэффективные школы играют важную роль в реализации принципов устойчивого развития в сфере образования и «зеленой» архитектуры. Очень важно

внедрить современные технологии и энергоэффективные архитектурные решения в проектирование школ, это позволит значительно снизить энергопотребление, улучшить качество образовательной среды и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Внедрение возобновляемых источников энергии и интеллектуальных систем управления обеспечивает более экономичную эксплуатацию зданий, делая их устойчивыми и адаптивными к современным вызовам. Описанные в статье примеры энергоэффективных школ являются отличным примером реализации энергоэффективных принципов в проектировании образовательных учреждений.

Таким образом, архитектура энергоэффективных школ не только повышает экономическую и экологическую эффективность образовательных учреждений, но и способствует воспитанию у учащихся экологической ответственности. Эти школы становятся моделью для подражания, демонстрируя, как можно сочетать функциональность и заботу об окружающей среде, что, в свою очередь, помогает формировать у молодого поколения осознанное отношение к ресурсам и устойчивому развитию.

Вклад авторов:

Садыкова С.Ш. – концепция, работа с литературными источниками, написание.

Сайлаубеков А.А. – анализ, редактирование, написание (введение), визуализация, методология, сбор информации.

Список литературы

1. Балдин В. Ю., Селезнева И. С. Повышение энергоэффективности во Франции: опыт A.R.I.E.L. и высшей инженерной школы Парижа (MINES-ParisTech). – [Электрон.ресурс] - URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/88808/1/eir_2014_1_002.pdf (дата обращения: 14.10.2024).
2. Азарова Е.В., Задирако И.Н., Плетнер Ю.Д., Шимутин Е.Н. Энергоэффективная школа: как экономить деньги? – [Электрон.ресурс] - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energoeffektivnaya-shkola-kak-ekonomit-dengi> (дата обращения: 14.10.2024).
3. Improvement of efficiency through an energy management program as a sustainable practice in schools (Повышение эффективности с помощью программы энергоменеджмента как устойчивой практики в школах) Fadi AlFaris, Adel Juaidi, Francisco Manzano-Agugliaro – [Электрон.ресурс]-URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.172> (дата обращения: 14.10.2024).
4. Primary School For Sciences And Biodiversity / Chartier Dalix Architectes (Начальная школа естественных наук и биоразнообразия / Chartier Dalix Architectes)– [Электрон. ресурс] - URL: https://www.archdaily.com/585862/primary-school-for-sciences-and-biodiversity-chartier-dalix-architectes/54b0896de58ece982700004d-chartierdalix_blg_vue_du_parvis_facade_sud-david_foessel-jpg (дата обращения: 14.10.2024).
5. Смолина С.И., Киселева О.В. Мировой опыт формирования школьных зданий на основе энергосберегающих технологий – [Электрон. ресурс] - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovoy-opyt-formirovaniya-shkolnyh-zdaniy-na-osnove-energoberegayuschih-tehnologiy?ysclid=m16fk8icgt228363214> (дата обращения: 14.10.2024).

6. Садыкова А. Р., Левченко И. В. Искусственный интеллект как компонент инновационного содержания общего образования: анализ мирового опыта и отечественные перспективы – [Электрон.ресурс] - URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyu-intellekt-kak-komponent-innovatsionnogo-soderzhaniya-obschego-obrazovaniya-analiz-mirovogo-opyta-i-otechestvennye/viewer](https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyu-intellekt-kak-komponent-innovatsionnogo-soderzhaniya-obschego-obrazovaniya-analiz-mirovogo-opyta-i-otechestvennye) (дата обращения: 14.10.2024).

7. Coarvemátta Cultural and Educational Hub / Snøhetta + 70°N arkitektur + Joar Nango (Культурный и образовательный центр Чоарватта / Снехетта + 70°северной широты, архитектор + Йоар Нанго) – [Электрон.ресурс] - URL: https://www.archdaily.com/1020438/coarvematta-cultural-and-educational-hub-snohetta?ad_medium=gallery (дата обращения: 14.10.2024).

8. Edgewood High School Alumni Hall (Зал выпускников Эджвудской средней школы) – [Электрон.ресурс] - URL: <https://www.abcwi.org/projects-of-distinct/edgewood-high-school-alumni-hall/> (дата обращения: 14.10.2024).

9. Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» – [Электрон.ресурс] – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1200000541> (дата обращения: 14.10.2024).

10. План мероприятий по реализации Концепции по переходу Республики Казахстан к "зеленой экономике" на 2021–2030 годы – [Электрон.ресурс] - URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2000000479> (дата обращения: 14.10.2024).

11. Яхья Аласаф. Энергоэффективные материалы: Обзор в журнале Buildings использование инновационных строительных материалов, таких, как биобетон, фазопереходные материалы и интегрированные в здание фотоэлектрические панели – [Электрон.ресурс] - URL: <https://doi.org/10.3390/buildings14092994> (дата обращения: 14.10.2024).

12. Аниекан Акпан Умох, Адедайо Адефем и Кеннет Ифеаньи Ибекве. Зеленая архитектура и энергоэффективность: Исследование в Engineering Science & Technology Journal рассматривает инновационные подходы к проектированию зданий – [Электрон.ресурс] - URL: <https://doi.org/10.51594/estj.v5i1.743> (дата обращения: 14.10.2024).

С.Ш. Садыкова, А.А. Сайлаубеков

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

**Мектеп ғимараттарының архитектурасындағы энергия тиімділігі:
тұрақты дамудың негізгі факторы**

Аннотация. Қазіргі білім беру мекемелері қоғамдағы өзгерістерге және оқу үдерісіне қойылатын жаңа талаптарға бейімделуге мәжбүр. Осыған байланысты сәулетшілер мен дизайнерлер икемді, тиімді және экологиялық тұрақты кеңістіктер құруды мақсат етіп, мектеп ғимараттарын жобалаудың инновациялық тәсілдерін әзірлеуде. Мақалада энергия тиімділігін арттыруға және қоршаған ортаға әсерді азайтуға бағытталған мектеп құрылысының архитектурасының негізгі тенденциялары қарастырылады. Негізгі назар жаңартылатын энергияны пайдалануға, пассивті дизайнға, интеллектуалды басқару жүйелеріне және LEED және BREEAM құрылыс сертификаттарына бағытталған. Париждегі жаратылыстану ғылымдары және биоәртүрлілік

бастауыш мектебі және Чоарватта мәдени-білім беру орталығы сияқты табысты жобалардың мысалдары келтірілген, олар жайлы және тұрақты білім беру кеңістігін құру үшін энергияны үнемдейтін технологияларды енгізудің маңыздылығын көрсетеді. Сонымен қатар, энергияны тұтынуды азайтуға және ыңғайлы оқу ортасын құруға көмектесетін инновациялық материалдар мен технологиялар қарастырылады. Болашақ ұрпақты тәрбиелеудің маңызды элементі болып табылатын оқушылардың экологиялық санасын қалыптастырудағы мектеп ғимараттарының рөліне ерекше назар аударылады. Бұл процестердің маңызы, атап айтқанда, экологиялық және экономикалық тұрақтылықты дамыту үшін табиғи ресурстарды сәулет саласына біріктіру олардың маңыздылығын ерекше атап көрсетеді.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, энергия тиімділігі, сәулет, LEED, BREEAM.

S.Sh. Sadykova, A.A. Sailaubekov
L.N. Gumilyov Eurasian National University

Energy Efficiency in School Building Architecture: A Key Factor for Sustainable Development

Abstract. Modern educational institutions are forced to adapt to changes in society and new demands placed on the learning process. In this regard, architects and designers are developing innovative approaches to the design of school buildings, striving to create flexible, efficient and environmentally sustainable spaces. The article examines key trends in the architecture of school buildings aimed at increasing energy efficiency and reducing the environmental impact. The main focus is on the use of renewable energy sources, passive design, intelligent control systems, as well as building certification according to LEED and BREEAM standards. Examples of successful projects are given, such as the Primary School of Science and Biodiversity in Paris and the Cultural and Educational Center of Choarwatta, which demonstrate the importance of implementing energy-efficient technologies to create comfortable and sustainable educational spaces. In addition, innovative materials and technologies that contribute to reducing energy consumption and creating a comfortable learning environment are considered. Particular attention is paid to the role of school buildings in forming environmental awareness in students, which is an important element in the education of future generations. The significance of these processes, namely the integration of natural resources into the field of architecture for the development of environmental and economic sustainability, particularly emphasizes their importance.

Keywords: artificial intelligence, energy efficiency, architecture, LEED, BREEAM.

References

1. Povyshenie energoeffektivnosti vo Francii: opyt A.R.I.E.L. i vysshej inzhenernoj shkoly Parizha (MINES-ParisTech) Baldin V.Yu., Selezneva I.S. – [Elektron.resurs] – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/88808/1/eir_2014_1_002.pdf (data obrasheniya: 14.10.2024)
2. Energoeffektivnaya shkola: kak ekonomit dengi Azarova Elena Vladimirovna, Zadirako Irina Nikolaevna, Pletner Yuriy Dmitrievich, Shimutina Elena Nikolaevna – [Elektron.resurs] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energoeffektivnaya-shkola-kak-ekonomit-dengi> (data obrasheniya: 14.10.2024)

3. Improvement of efficiency through an energy management program as a sustainable practice in schools Fadi AlFaris, Adel Juaidi, Francisco Manzano-Agugliaro – [Elektron.resurs] – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.172> (data obrasheniya: 14.10.2024)

4. Primary School For Sciences And Biodiversity / Chartier Dalix Architectes – [Elektron.resurs] - URL: https://www.archdaily.com/585862/primary-school-for-sciences-and-biodiversity-chartier-dalix-architectes/54b0896de58ece982700004d-chartierdalix_blg_vue_du_parvis_facade_sud-david_foessel-jpg (data obrasheniya: 14.10.2024)

5. Mirovoj opyt formirovaniya shkolnyh zdaniy na osnove energosberegayushih tehnologij Smolina S.I., Kiseleva O.V. – [Elektron.resurs] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovoy-opyt-formirovaniya-shkolnyh-zdaniy-na-osnove-energoberegayuschih-tehnologiy?ysclid=m16fk8icgt228363214>(data obrasheniya: 14.10.2024)

6. Iskusstvennyj intellekt kak komponent innovacionnogo sodержaniya obshego obrazovaniya: analiz mirovogo opyta i otechestvennye perspektivy Sadykova Albina Rifovna, Levchenko Irina Vitalevna – [Elektron.resurs] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-kak-komponent-innovacionnogo-soderzhaniya-obshego-obrazovaniya-analiz-mirovogo-opyta-i-otchestvennye/viewer> (data obrasheniya: 14.10.2024)

7. Čoarvemátta Cultural and Educational Hub / Snøhetta + 70°N arkitektur + Joar Nango – [Elektron.resurs] – URL: https://www.archdaily.com/1020438/coarvematta-cultural-and-educational-hub-snohetta?ad_medium=gallery (data obrasheniya: 14.10.2024)

8. Edgewood High School Alumni Hall (Zal vypusnikov Edzhvudskoj srednej shkoly) – [Elektron.resurs] – URL: <https://www.abcw.org/projects-of-distinct/edgewood-high-school-alumni-hall/> (data obrasheniya: 14.10.2024)

9. Zakon Respubliki Kazahstan «Ob energosberezhenii i povyshenii energoeffektivnosti» – [Elektron.resurs] – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1200000541> (data obrasheniya: 14.10.2024)

10. Plan meropriyatij po realizacii Konceptcii po perekhodu Respubliki Kazahstan k "\"zelenoj ekonomike\" na 2021-2030 gody – [Elektron.resurs] – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2000-000479> (data obrasheniya: 14.10.2024)

11. Comprehensive Review of the Advancements, Benefits, Challenges, and Design Integration of Energy-Efficient Materials for Sustainable Buildings Yahya Alassaf – [Elektron.resurs] – URL: <https://doi.org/10.3390/buildings14092994> (data obrasheniya: 14.10.2024)

12. Green architecture and energy efficiency: a review of innovative design and construction techniques Aniekan Akpan Umoh, Adedayo Adefemi, Kenneth Ifeanyi Ibewe – [Elektron.resurs] – URL: <https://doi.org/10.51594/estj.v5i1.743> (data obrasheniya: 14.10.2024)

Сведения об авторах:

Садыкова С.Ш. – автор для корреспонденции, кандидат архитектуры, ассоц. профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, 010000, Астана, Казахстан.

Сайлаубеков А.А. – бакалавр по архитектуре, магистрант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, 010000, Астана, Казахстан.

Sadykova S.Sh. – corresponding author, Candidate of Architecture, Associate professor of the Eurasian National University named after. L.N. Gumilyov, 13 Kazhymukan str, 010000, Astana, Kazakhstan.

Sailaubekov A.A. – Bachelor's degree in Architecture, Master's student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazymukan str. 13, 010000, Astana, Kazakhstan.

Садықова С.Ш. – хат-хабар авторы, сәулет ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің ассоц. профессоры, Қажымұқан көшесі 13, 010000, Астана, Қазақстан.

Сайлаубеков Ә.А. – Сәулет саласындағы бакалавр дәрежесі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің магистранты, Қажымұқан көшесі 13, 010000 Астана, Қазақстан.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).