

УДК: 72.01:502(728+725.5)

**ИНТЕГРАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ЗЕЛЁНОЙ АРХИТЕКТУРЫ В  
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЖИЛЫЕ КОМПЛЕКСЫ: РЕШЕНИЕ  
ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ И ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ БОЛЬНИЦ  
ФТИЗИАТРИИ И ПУЛЬМОНОЛОГИИ**

**Габибова Ирина Вагифовна**

PhD по архитектуре, и.о. профессора, Международный университет КИМУО в Ташкенте,  
Департамент архитектуры и городского дизайна, Ташкент, Узбекистан

E-mail: [irina.gabibova@mail.ru](mailto:irina.gabibova@mail.ru)

**Мамарасулов Мухаммадали Нормумин угли**

Студент бакалавриата, Международный университет КИМУО в Ташкенте, Департамент  
архитектуры и городского дизайна, Ташкент, Узбекистан

E-mail: [mamarasulov2003@bk.ru](mailto:mamarasulov2003@bk.ru)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20568765>

**Аннотация:** В условиях интенсивной урбанизации и изменения климата возрастает актуальность интеграции принципов зелёной архитектуры в многофункциональные жилые комплексы. Одновременно особую значимость приобретает создание безопасной и терапевтической среды в специализированных медицинских учреждениях — больницах фтизиатрии и пульмонологии, где ключевыми требованиями являются высокий уровень инфекционного контроля, качество воздуха и формирование исцеляющей обстановки для пациентов с заболеваниями органов дыхания. Цель исследования — выявить основные проектные проблемы и задачи при интеграции принципов зелёной архитектуры в многофункциональные жилые комплексы и разработать рекомендации по их адаптации для проектирования современных фтизиатрических и пульмонологических больниц. Методы исследования включают системный анализ научной литературы, нормативных документов и международного опыта, сравнительный метод, а также графоаналитический анализ проектных решений. Особое внимание уделено приёмам биофильного дизайна, естественной вентиляции, озеленению фасадов и крыш, а также энергоэффективным технологиям. В результате исследования выявлены ключевые противоречия и ограничения интеграции зелёных решений в многофункциональные комплексы, предложены архитектурно-планировочные, инженерно-технические и ландшафтные подходы их преодоления. Показано, что многие эффективные зелёные приёмы, отработанные в жилом строительстве (улучшение микроклимата, пассивная вентиляция, биофильные элементы), могут быть успешно адаптированы к специфике лечебных учреждений с учётом требований инфекционной безопасности. Выводы подтверждают высокий потенциал трансфера зелёных архитектурных решений между жилым и медицинским проектированием. Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций, которые могут быть использованы архитекторами и проектировщиками при создании устойчивых многофункциональных жилых комплексов и современных специализированных больниц, особенно в условиях аридного климата Центральной Азии.

**Ключевые слова:** зелёная архитектура, многофункциональные жилые комплексы, устойчивое проектирование, фтизиатрические больницы, пульмонологические больницы, биофильный дизайн, исцеляющая архитектура, инфекционный контроль.

**INTEGRATION OF GREEN ARCHITECTURE PRINCIPLES INTO  
MULTIFUNCTIONAL RESIDENTIAL COMPLEXES: SOLVING DESIGN TASKS  
AND APPLICATION IN THE DESIGN OF PHTHIOLOGY AND PULMONOLOGY  
HOSPITALS**

**Irina Vagifovna Gabibova**

PhD in Architecture, Acting Professor, KIMYO International University in Tashkent,  
Department of Architecture and Urban Design, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: [irina.gabibova@mail.ru](mailto:irina.gabibova@mail.ru)

**Mamarasulov Muhammadali Normumin ugli**

Undergraduate, KIMYO International University in Tashkent, Department of Architecture and  
Urban Design, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: [mamarasulov2003@bk.ru](mailto:mamarasulov2003@bk.ru)

**Abstract:** In the context of intensive urbanization and climate change, the importance of integrating green architecture principles into multifunctional residential complexes is growing. At the same time, creating a safe and therapeutic environment in specialized medical institutions—phthiology and pulmonology hospitals—is particularly important, where high levels of infection control, air quality, and the creation of a healing environment for patients with respiratory diseases are key requirements. The aim of the study is to identify the key design challenges and objectives in integrating green architecture principles into multifunctional residential complexes and to develop recommendations for their adaptation for the design of modern phthiology and pulmonology hospitals. Research methods include a systematic analysis of scientific literature, regulatory documents, and international experience, a comparative method, and a graphical analysis of design solutions. Particular attention is paid to biophilic design techniques, natural ventilation, green facades and roofs, and energy-efficient technologies. The study identified key contradictions and limitations in integrating green solutions into multifunctional complexes and proposed architectural planning, engineering, and landscape design approaches to overcome them. It was demonstrated that many effective green practices proven in residential construction (microclimate improvement, passive ventilation, biophilic elements) can be successfully adapted to the specific needs of healthcare facilities, taking into account infection safety requirements. The findings confirm the high potential for transferring green architectural solutions between residential and healthcare design. The practical significance of this work lies in the development of recommendations that can be used by architects and designers in creating sustainable multifunctional residential complexes and modern specialized hospitals, particularly in the arid climate of Central Asia.

**Keywords:** green architecture, multifunctional residential complexes, sustainable design, tuberculosis hospitals, pulmonology hospitals, biophilic design, healing architecture, infection control.

**YASHIL ARXITEKTURA TAMOYILLARINI KO'P FUNKSIYALI TURAR-JOY  
MAJMUALARIGA INTEGRATSIYA QILISH: LOYIHALASH VAZIFALARINI HAL  
ETISH HAMDA FTIZIATRIYA VA PULMONOLOGIYA SHIFOXONALARINI  
LOYIHALASHDA QO'LLASH**

**Gabibova Irina Vagifovna**

Arxitektura bo'yicha PhD, professor vazifasini bajaruvchi, Toshkent shahridagi KIMYO xalqaro universiteti, Arxitektura va shahar dizayni departamenti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: [irina.gabibova@mail.ru](mailto:irina.gabibova@mail.ru)

**Mamarasulov Muhammadali Normumin o'g'li**

Bakalavriat talabasi

Toshkent shahridagi KIMYO xalqaro universiteti, Arxitektura va shahar dizayni departamenti,  
Toshkent, O'zbekiston

E-mail: [mamarasulov2003@bk.ru](mailto:mamarasulov2003@bk.ru)

**Annotatsiya:** Intensiv urbanizatsiya va iqlim o'zgarishi sharoitida ko'p funksiyali turar-joy majmualariga yashil arxitektura tamoyillarini integratsiya qilishning ahamiyati ortib bormoqda. Shu bilan birga, ixtisoslashgan tibbiyot muassasalarida - ftiziatriya va pulmonologiya shifoxonalari xavfsiz va terapevtik muhit yaratish, ayniqsa muhimdir, bu yerda infeksiyani yuqori darajada nazorat qilish, havo sifati va nafas olish yo'llari kasalliklari bilan og'riqan bemorlar uchun shifobaxsh muhit yaratish asosiy talablar hisoblanadi. Tadqiqotning maqsadi ko'p funksiyali turar-joy majmualariga yashil arxitektura tamoyillarini integratsiya qilishdagi asosiy dizayn muammolari va maqsadlarini aniqlash va ularni zamonaviy ftiziatriya va pulmonologiya shifoxonalari loyihalash uchun moslashtirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdir. Tadqiqot usullari ilmiy adabiyotlar, me'yoriy hujjatlar va xalqaro tajribani tizimli tahlil qilish, qiyosiy usul va dizayn yechimlarining grafik tahlilini o'z ichiga oladi. Biofil dizayn texnikalari, tabiiy shamollatish, yashil jabhalar va tomlar hamda energiya tejaydigan texnologiyalarga alohida e'tibor qaratiladi. Tadqiqotda ko'p funksiyali majmualarga yashil yechimlarni integratsiya qilishdagi asosiy qarama-qarshiliklar va cheklovlar aniqlandi va ularni bartaraf etish uchun me'moriy rejalashtirish, muhandislik va landshaft dizayni yondashuvlari taklif qilindi. Turar-joy qurilishida tasdiqlangan ko'plab samarali yashil amaliyotlar (mikroiqlimni yaxshilash, passiv shamollatish, biofil elementlar) sog'liqni saqlash muassasalarining o'ziga xos ehtiyojlariga infeksiya xavfsizligi talablarini hisobga olgan holda muvaffaqiyatli moslashtirilishi mumkinligi ko'rsatildi. Topilmalar turar-joy va sog'liqni saqlash dizayni o'rtasida yashil me'moriy yechimlarni o'tkazish uchun yuqori salohiyatni tasdiqlaydi. Ushbu ishning amaliy ahamiyati me'morlar va dizaynerlar tomonidan barqaror ko'p funksiyali turar-joy majmualari va zamonaviy ixtisoslashgan shifoxonalarni yaratishda, ayniqsa Markaziy Osiyoning qurg'oqchil iqlimida foydalanishlari mumkin bo'lgan tavsiyalarni ishlab chiqishda yotadi.

**Kalit so'zlar:** yashil arxitektura, ko'p funksiyali turar-joy majmualari, barqaror dizayn, sil kasalxonalari, pulmonologiya kasalxonalari, biofil dizayn, shifobaxsh arxitektura, infeksiyani nazorat qilish.

## ВВЕДЕНИЕ

Современная урбанизация сопровождается серьёзными экологическими вызовами. Быстрый рост городов, особенно в регионах с аридным климатом, таких как Центральная Азия и Узбекистан, приводит к усилению загрязнения воздуха, дефициту зелёных территорий, перегреву городской среды и деградации природных ресурсов. По данным ООН и региональных исследований, более 20 % территории Центральной Азии уже подверглось деградации земель, а города испытывают острый дефицит качественных зелёных пространств, что напрямую влияет на микроклимат и здоровье населения.

Одним из наиболее динамично развивающихся типов городской застройки стали многофункциональные жилые комплексы, сочетающие жильё, коммерческие, офисные, рекреационные и социальные функции в едином пространстве. Такие комплексы позволяют оптимизировать использование городской территории, снижать транспортную нагрузку и

создавать комфортную среду для жителей. Однако их проектирование сталкивается с необходимостью одновременного решения задач высокой плотности застройки, энергоэффективности и интеграции природных элементов.

Параллельно особую остроту приобретает проблема проектирования специализированных медицинских учреждений — больниц фтизиатрии и пульмонологии. Пациенты с туберкулёзом и другими заболеваниями органов дыхания требуют особого подхода к архитектурной среде. Ключевыми требованиями здесь выступают строгий инфекционный контроль, обеспечение высокого качества воздуха, эффективная вентиляция, минимизация распространения аэрозольных инфекций, а также создание психоэмоционально благоприятной («исцеляющей») обстановки, способствующей выздоровлению. Традиционные подходы к проектированию таких больниц часто вступают в противоречие с современными требованиями устойчивого развития и экологичности.

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью поиска баланса между экологическими, функциональными и медико-санитарными требованиями при проектировании сложных архитектурных объектов. Интеграция принципов зелёной архитектуры (биофильный дизайн, пассивные энергосберегающие стратегии, вертикальное и горизонтальное озеленение, естественная вентиляция, использование экологичных материалов) в многофункциональные жилые комплексы открывает новые возможности, однако сопровождается значительными проектными противоречиями: конфликтом между плотностью застройки и достаточным озеленением, высокой стоимостью «зелёных» технологий, сложностями интеграции инженерных систем, а также необходимостью адаптации решений к жёстким требованиям инфекционной безопасности в лечебных учреждениях.

Цель исследования заключается в выявлении основных проектных проблем и задач при интеграции принципов зелёной архитектуры в многофункциональные жилые комплексы и разработке научно обоснованных рекомендаций по их адаптации и применению в проектировании современных больниц фтизиатрии и пульмонологии.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: Проанализировать современные принципы зелёной архитектуры и опыт их реализации в многофункциональных жилых комплексах.

Выявить ключевые проектные противоречия и ограничения интеграции зелёных решений в условиях высокой плотности застройки и аридного климата.

Изучить специфику архитектурно-планировочных требований к больницам фтизиатрического и пульмонологического профиля. Разработать подходы к трансферу и адаптации эффективных зелёных архитектурных приёмов из жилого сектора в сферу специализированного здравоохранения. Сформулировать практические рекомендации для проектировщиков с учётом региональных климатических и нормативных условий.

Объектом исследования выступают многофункциональные жилые комплексы и специализированные лечебные учреждения (больницы фтизиатрии и пульмонологии). Предметом исследования являются принципы, методы и приёмы интеграции зелёной архитектуры, а также возможности их переноса между двумя типами объектов.

Научная новизна работы состоит в установлении взаимосвязи между опытом зелёного проектирования многофункциональных жилых комплексов и задачами создания устойчивой и терапевтической среды в инфекционных и пульмонологических стационарах. Впервые проведён комплексный анализ возможностей трансфера зелёных технологий с

учётом требований инфекционного контроля. Научная новизна исследования заключается в следующем: Впервые проведён комплексный междисциплинарный анализ возможностей интеграции принципов зелёной архитектуры, отработанных в проектировании многофункциональных жилых комплексов, в сферу специализированного здравоохранения — проектирование больниц фтизиатрии и пульмонологии.

Если ранее исследования в области зелёной архитектуры преимущественно фокусировались либо на жилых и общественных зданиях, либо на общих больницах, то в настоящей работе впервые установлена и научно обоснована прямая взаимосвязь между двумя, на первый взгляд, разными типологиями объектов. Выявлены точки пересечения и механизмы трансфера архитектурно-планировочных, инженерно-технических и ландшафтных решений зелёной архитектуры из высокоурбанизированной жилой среды в среду лечебных учреждений с повышенными требованиями к инфекционному контролю и качеству воздушной среды.

Новизна работы также состоит в разработке методологического подхода к оценке применимости «зелёных» технологий в условиях строгих медико-санитарных ограничений. Автором предложена оригинальная матрица соответствия зелёных архитектурных приёмов (биофильный дизайн, естественная и гибридная вентиляция, озеленение фасадов и атриумов, использование растительных барьеров, пассивное охлаждение) требованиям инфекционной безопасности, аэродинамики воздушных потоков и психоэмоционального комфорта пациентов пульмонологического профиля.

Особую научную ценность представляет анализ адаптации зелёных решений к аридным климатическим условиям Центральной Азии. В отличие от большинства зарубежных исследований, выполненных преимущественно для умеренного и влажного климата, в работе учитываются высокая инсоляция, экстремальные температурные перепады, пылевые нагрузки и дефицит водных ресурсов, что позволяет предложить регионально-специфические архитектурные решения.

Кроме того, научная новизна проявляется в формулировании концепции «кросс-типологического трансфера» зелёных архитектурных технологий, которая может стать основой для дальнейших исследований на стыке устойчивой архитектуры, экологического дизайна и доказательной медицины (Evidence-Based Design).

Таким образом, работа вносит вклад в развитие теории и методологии современной архитектуры, расширяя границы применения принципов устойчивого и биофильного дизайна на новую, ранее недостаточно изученную типологию — специализированные инфекционные и пульмонологические стационары.

Практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций, которые могут быть использованы архитекторами, проектировщиками и заказчиками при создании современных многофункциональных жилых комплексов и специализированных больниц, особенно в условиях Центральной Азии.

Структура статьи включает обзор литературы, описание методов исследования, анализ результатов, обсуждение возможностей адаптации решений, а также выводы и практические рекомендации.

Обзор литературы. Современные принципы зелёной архитектуры. Зелёная архитектура представляет собой комплексный подход к проектированию, направленный на минимизацию негативного воздействия зданий на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла. Основными международными системами сертификации являются

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) и WELL Building Standard.

LEED акцентирует внимание на энергоэффективности, рациональном использовании воды, выборе экологичных материалов и снижении углеродного следа. BREEAM отличается более глубоким анализом жизненного цикла здания и интеграцией экологических аспектов на уровне управления проектом. WELL Building Standard, в отличие от первых двух, ориентирован прежде всего на здоровье и благополучие человека, уделяя особое внимание качеству воздуха, естественному освещению, акустическому комфорту и биофильному дизайну.

Важным направлением современной зелёной архитектуры является биофильный дизайн (biophilic design), который основан на гипотезе биофилии Э. О. Уилсона и развивается в работах С. Келлерта и Террапин Брайт Грин (Terrapin's 14 Patterns of Biophilic Design). Биофильный дизайн предполагает интеграцию природных элементов (виды на зелень, естественный свет, растения, вода, природные материалы) для снижения стресса, улучшения когнитивных функций и ускорения процессов выздоровления.

Отдельное место занимают пассивные стратегии проектирования: оптимальная ориентация здания, естественная вентиляция, солнечное затенение, тепловая масса, пассивное охлаждение и нагрев. Эти приёмы особенно актуальны в условиях аридного климата Центральной Азии, где они позволяют существенно снизить энергопотребление на кондиционирование и вентиляцию.

Интеграция зелёных технологий в многофункциональные жилые комплексы. В последние два десятилетия многофункциональные жилые комплексы стали одним из доминирующих типов городской застройки. Исследования показывают, что интеграция зелёных технологий в такие комплексы позволяет одновременно решать задачи энергоэффективности, улучшения микроклимата и повышения качества жизни жителей.

Примерами успешной реализации служат проекты с зелёными крышами и фасадами, атриумами с вертикальным озеленением, системами естественной и гибридной вентиляции, а также пассивными стратегиями. Такие решения способствуют снижению эффекта «городского теплового острова», улучшению качества воздуха и созданию рекреационных пространств внутри плотной застройки. В литературе отмечается положительное влияние биофильных элементов на психоэмоциональное состояние жителей, снижение уровня стресса и повышение социальной сплочённости.

Однако анализ существующих проектов выявляет ряд проектных противоречий: конфликт между высокой плотностью застройки и необходимостью достаточного озеленения, высокие капитальные затраты на «зелёные» технологии, сложности интеграции инженерных систем и необходимость адаптации решений к местным климатическим условиям. Особенности проектирования больниц фтизиатрии и пульмонологии. Проектирование больниц фтизиатрического и пульмонологического профиля имеет выраженную специфику, обусловленную необходимостью строгого инфекционного контроля. Основные требования включают эффективную вентиляцию (часто с преобладанием естественной или гибридной), контроль направлений воздушных потоков, изоляцию «грязных» и «чистых» зон, использование материалов с антимикробными свойствами и минимизацию распространения аэрозольных инфекций.

Особое значение придаётся качеству воздуха: высокая кратность воздухообмена, фильтрация (включая HEPA-фильтры), предотвращение рециркуляции загрязнённого

воздуха. Исторически больницы для лечения туберкулёза (санатории и фтизиатрические стационары) активно использовали принципы естественной вентиляции, обилие дневного света и открытого воздуха, что нашло отражение в работах Альвара Аалто (Paimio Sanatorium) и других пионеров «исцеляющей архитектуры».

Современные исследования подчёркивают важность *healing environment* (исцеляющей среды) — создание условий, снижающих стресс пациентов, улучшающих психоэмоциональное состояние и способствующих более быстрому выздоровлению. Ключевыми факторами здесь выступают естественное освещение, визуальные связи с природой, снижение уровня шума и создание комфортного микроклимата.

Существующие примеры пересечения зелёной архитектуры и здравоохранения. В мировой практике встречаются отдельные примеры интеграции зелёных принципов в проектирование больниц. Среди них — объекты, сертифицированные по LEED и WELL, где применяются зелёные крыши, атриумы с растениями, системы естественной вентиляции и биофильные элементы. Такие решения демонстрируют снижение энергопотребления, улучшение качества воздуха и положительное влияние на самочувствие пациентов и персонала.

Однако большинство реализованных проектов касается общих больниц или онкологических центров. Примеры специализированных фтизиатрических и пульмонологических учреждений с глубоким внедрением зелёной архитектуры остаются единичными. Чаще всего зелёные технологии применяются фрагментарно и без системного анализа их совместимости с требованиями инфекционного контроля.

Выявление пробелов в исследованиях. Несмотря на значительное количество работ, посвящённых зелёной архитектуре в жилом секторе и общим принципам устойчивого проектирования больниц, существует ряд существенных пробелов.

Во-первых, практически отсутствуют исследования, устанавливающие прямую взаимосвязь между опытом интеграции зелёных технологий в многофункциональные жилые комплексы и задачами проектирования специализированных фтизиатрических и пульмонологических больниц.

Во-вторых, недостаточно изучены механизмы кросс-типологического трансфера архитектурных решений (естественная вентиляция, биофильные элементы, пассивные стратегии) с учётом жёстких требований инфекционной безопасности и аэродинамики воздушных потоков. В-третьих, большинство исследований выполнено для умеренного или влажного климата. Адаптация зелёных решений к условиям аридного климата Центральной Азии (высокая инсоляция, пылевые нагрузки, дефицит воды, большие суточные перепады температур) изучена крайне слабо.

В-четвёртых, остаётся недостаточно проработанной методология оценки совместимости биофильных и энергоэффективных решений с требованиями доказательной медицины (*Evidence-Based Design*) в контексте респираторных заболеваний.

Настоящее исследование направлено на частичное закрытие указанных пробелов путём комплексного анализа и разработки рекомендаций по адаптации эффективных зелёных приёмов из жилого сектора к проектированию специализированных лечебных учреждений.

Современные принципы зелёной архитектуры. Зелёная архитектура представляет собой комплексный подход к проектированию, направленный на минимизацию негативного воздействия зданий на окружающую среду на протяжении всего жизненного

цикла. Основными международными системами сертификации выступают LEED, BREEAM и WELL Building Standard. Если LEED и BREEAM в первую очередь ориентированы на экологическую эффективность и ресурсосбережение, то WELL Building Standard акцентирует внимание на здоровье и благополучии человека, тесно пересекаясь с принципами биофильного дизайна.

Биофильный дизайн (biophilic design) является одним из наиболее значимых и быстро развивающихся направлений современной зелёной и устойчивой архитектуры. Концепция основана на гипотезе биофилии Эдварда О. Уилсона (1984), согласно которой у человека существует врождённая биологическая потребность в связи с природой, сформированная в ходе эволюции. Stephen Kellert, один из ведущих теоретиков биофильного дизайна, развил эту идею и предложил более 70 механизмов создания биофильного опыта в искусственной среде.

Наиболее практичным и широко применяемым инструментом сегодня является «14 Patterns of Biophilic Design» (Terrapin Bright Green, 2014, обновлённое издание 2024), разработанное William Browning, Catherine Ryan и Joseph Clancy. Эти 14 паттернов (шаблонов) разделены на три основные категории:

#### 1. Природа в пространстве (Nature in the Space)

Прямая связь с живой природой: Визуальная связь с природой (Visual Connection with Nature) — виды на зелень, воду, небо, растения. Невизуальная связь с природой (Non-Visual Connection with Nature) — звуки природы, запахи растений, тактильные ощущения (ветер, текстура натуральных материалов). Неритмичные сенсорные стимулы (Non-Rhythmic Sensory Stimuli) — изменчивые природные сигналы (лёгкий ветер, игра света и тени, шелест листьев). Переменчивость температуры и воздушных потоков (Thermal & Airflow Variability).

Присутствие воды (Presence of Water). Динамика и диффузия света (Dynamic & Diffuse Light). Связь с естественными системами (Connection with Natural Systems) — наблюдение за сменой сезонов, погодой, суточными циклами.

2. Природные аналоги и паттерны (Natural Analogues). Косвенная связь через имитацию природы: Биоморфные формы и паттерны (Biomorphic Forms & Patterns) — органические, фрактальные формы, имитирующие растения, раковины, листья. Материальные связи с природой (Material Connection with Nature) — использование натуральных материалов (дерево, камень, глина) с сохранением их естественной текстуры. Цветовые паттерны природы (Color in Nature).

3. Природа пространства (Nature of the Space). Пространственные характеристики, имитирующие природную среду: Перспектива и убежище (Prospect & Refuge) — ощущение открытого вида в сочетании с защищённым, уютным пространством. Загадочность (Mystery) — элементы, вызывающие желание исследовать пространство. Риск и опасность (Risk/Peril) — контролируемый риск (например, открытые переходы, балконы с видом вниз).

Биофильный дизайн подкрепляется принципами Stephen Kellert и Elizabeth Calabrese (2015), среди которых: повторяющееся и устойчивое взаимодействие с природой; ориентация на эволюционные адаптации человека; формирование эмоциональной привязанности к месту; поощрение позитивного взаимодействия человека и природы; интегративные и взаимодополняющие архитектурные решения.

Многочисленные эмпирические исследования подтверждают положительное влияние биофильного дизайна на снижение уровня стресса (кортизола), улучшение когнитивных функций, ускорение процессов выздоровления пациентов, повышение продуктивности и общего благополучия. Особенно значимы эти эффекты в исцеляющей архитектуре (healing environment) медицинских учреждений, где биофильные элементы способствуют снижению тревоги, улучшению качества сна и сокращению сроков пребывания пациентов в стационаре.

В контексте настоящего исследования биофильный дизайн представляет особый интерес как мост между многофункциональными жилыми комплексами и специализированными больницами фтизиатрии и пульмонологии. Приёмы естественной вентиляции, визуальной и невизуальной связи с природой, динамического освещения и биоморфных форм могут одновременно решать задачи энергоэффективности, микроклимата и создания терапевтической среды при условии их тщательной адаптации к требованиям инфекционного контроля и аридного климата.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Систематический обзор литературы (systematic literature review). Поиск источников проводился в международных базах данных Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed, а также в российских и узбекистанских электронных библиотеках (eLIBRARY.RU, CyberLeninka). Было проанализировано более 140 научных публикаций за период 2010–2026 гг. После отбора по критериям релевантности и научной значимости в финальный обзор вошли 72 источника.

Источники данных включали: Научные статьи и монографии по зелёной архитектуре, биофильному дизайну и устойчивому строительству; Международные и национальные нормативные документы (LEED v4.1, BREEAM, WELL v2, СП Республики Узбекистан, СанПиН, рекомендации ВОЗ по проектированию инфекционных больниц); Проектную документацию и реализованные объекты многофункциональных жилых комплексов и специализированных медицинских учреждений в Узбекистане (Ташкент, Самарканд) и странах Центральной Азии; Отчёты и данные по энергетическому и экологическому мониторингу существующих зданий.

Исследование носит междисциплинарный характер и объединяет методы архитектурного проектирования, экологического анализа и доказательной медицины. Для достижения поставленной цели и решения задач применялся комплексный методологический подход.

Основная методология исследования базируется на системном анализе, который позволил рассматривать многофункциональные жилые комплексы и больницы фтизиатрии и пульмонологии как сложные социально-экологические, архитектурно-планировочные и инженерно-технические системы, находящиеся в постоянном взаимодействии с окружающей средой и пользователем.

В работе были использованы следующие основные методы: Системный анализ и сравнительный метод — для выявления общих и специфических проектных проблем интеграции принципов зелёной архитектуры в разные типологии зданий, а также для сопоставления международного и регионального опыта.

Графоаналитический метод — включавший разработку схем, диаграмм, матриц и таблиц соответствия. С его помощью проводилась визуализация и оценка взаимосвязи

между зелёными архитектурными приёмами и функционально-технологическими требованиями объектов.

Метод case study (анализ конкретных случаев) — один из ключевых методов исследования. Были подробно изучены 14 реализованных или находящихся в стадии проектирования объектов: 9 многофункциональных жилых комплексов с высоким уровнем интеграции зелёной архитектуры (Сингапур, Германия, Норвегия, Россия, Узбекистан);

5 современных больниц фтизиатрического и пульмонологического профиля (Европа, Юго-Восточная Азия и Центральная Азия).

Для оценки эффективности зелёных архитектурных решений применялись методы компьютерного моделирования: BIM-моделирование (Building Information Modeling) — для создания информационных моделей объектов и интеграции различных систем; Энергетическое моделирование с использованием программного обеспечения EnergyPlus и DesignBuilder — для расчёта энергопотребления и оценки пассивных стратегий; Симуляция микроклимата городской среды и прилегающей территории (Envi-met);

CFD-моделирование (Computational Fluid Dynamics) — для анализа воздушных потоков, распределения аэрозолей, эффективности естественной и гибридной вентиляции, а также предотвращения перекрёстного загрязнения воздуха в условиях инфекционного контроля.

Критерии оценки зелёных архитектурных решений были разделены на четыре основные группы: Экологические и энергетические критерии: энергоэффективность, снижение углеродного следа, эффективность использования водных ресурсов, улучшение микроклимата. Санитарно-гигиенические и медицинские критерии: качество воздуха (концентрация CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, аэрозолей), эффективность инфекционного контроля, соответствие требованиям вентиляции и изоляции «грязных» зон.

Архитектурно-планировочные и эстетические критерии: степень интеграции биофильных элементов, визуальная и невидимая связь с природой, комфортность пространства для жителей и пациентов.

Экономические и региональные критерии: стоимость реализации и эксплуатации, адаптированность к аридному климату Центральной Азии (высокая инсоляция, пылевые бури, дефицит воды), социальная приемлемость.

Все предложенные решения оценивались с позиций Evidence-Based Design (проектирование на основе доказательств), что позволило связать архитектурные приёмы с measurable эффектами для здоровья человека.

Такой комплексный методический подход обеспечил объективность анализа и позволил разработать практически применимые рекомендации по трансферу зелёных технологий между жилым и медицинским проектированием.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе исследования были выявлены ключевые проектные проблемы интеграции принципов зелёной архитектуры в многофункциональные жилые комплексы, разработаны архитектурно-планировочные и инженерно-технические решения, а также проведён анализ эффективности конкретных приёмов с учётом их возможной адаптации для больниц фтизиатрии и пульмонологии.

Выявленные проектные проблемы и задачи. Анализ показал, что основными проектными противоречиями при интеграции зелёной архитектуры в многофункциональные жилые комплексы являются:

Конфликт между высокой плотностью застройки и необходимостью озеленения — ограниченность территории не позволяет разместить достаточное количество зелёных насаждений на уровне земли.

Высокие капитальные и эксплуатационные затраты — внедрение зелёных крыш, вертикального озеленения и сложных систем естественной вентиляции увеличивает стоимость строительства на 5–15 % по сравнению с традиционными решениями.

Сложности адаптации к аридному климату Центральной Азии — высокая инсоляция, большие суточные перепады температур, пылевые бури и дефицит водных ресурсов существенно снижают эффективность традиционных зелёных решений.

Технические ограничения — дополнительные нагрузки на конструкции от зелёных крыш и фасадов, проблемы с гидроизоляцией, дренажем и долговечностью растительных систем в условиях экстремальной жары и пыли.

Инженерные противоречия — сложность интеграции систем естественной вентиляции с требованиями энергоэффективности и контроля микроклимата в многофункциональных объектах с разными режимами эксплуатации.

Эти проблемы определяют основные задачи: разработка компактных, климатически адаптированных и экономически обоснованных зелёных решений, обеспечивающих баланс между экологичностью, комфортом и функциональностью.

Архитектурно-планировочные, конструктивные, инженерно-технические и ландшафтные решения:

Для преодоления выявленных противоречий предложены комплексные решения четырёх уровней:

Архитектурно-планировочные решения включают многоуровневое озеленение, создание внутренних атриумов и полуоткрытых пространств, оптимизацию ориентации зданий по сторонам света и формирование «зелёного каркаса» комплекса.

Конструктивные решения предусматривают использование облегчённых субстратов (например, пеностеклянного гранулята), усиление несущих конструкций в зонах зелёных крыш и применение модульных систем вертикального озеленения с минимальной нагрузкой на фасад. Инженерно-технические решения направлены на организацию гибридной вентиляции (естественной + механической с рекуперацией), системы сбора и повторного использования дождевой и конденсатной воды, а также интеллектуальное управление микроклиматом. Ландшафтные решения предполагают подбор засухоустойчивых и пылеустойчивых растений, создание многоярусных зелёных систем и интеграцию лечебных садов с терапевтическими функциями.

Анализ конкретных приёмов зелёной архитектуры: В рамках исследования подробно проанализированы следующие приёмы: Зелёные крыши Экстенсивные и полунтенсивные зелёные крыши с толщиной субстрата 8–15 см показали высокую эффективность в условиях аридного климата. Они снижают температуру поверхности кровли на 15–25 °С, уменьшают тепловую нагрузку на верхние этажи и способствуют удержанию до 70–80 % осадков. В многофункциональных комплексах рекомендуется комбинировать зелёные крыши с зонами рекреации и солнечными панелями.

Вертикальное озеленение фасадов и живые стены Модульные системы вертикального озеленения позволяют снизить температуру наружного воздуха на 0,5–0,7 °С и температуру внутри помещений на 0,6–0,8 °С. В аридных условиях наиболее эффективны системы с капельным орошением и засухоустойчивыми растениями

(суккуленты, вьющиеся виды). Вертикальное озеленение также выполняет роль пылевого барьера. Атриумы и полуоткрытые пространства Центральные атриумы с естественной вентиляцией и биофильными элементами выступают «лёгкими» комплекса. Они обеспечивают эффект дымовой тяги (термическая тяга), улучшают воздухообмен и создают визуальную связь с природой. Оптимальное соотношение высоты и ширины атриума для аридного климата составляет 1:1,5–2.

Естественная и гибридная вентиляция Системы с регулируемыми вентиляционными отверстиями, световыми фонарями и ветровыми башнями позволяют сократить энергопотребление на кондиционирование на 20–35 %. Важным условием является зонирование воздушных потоков для предотвращения перекрёстного загрязнения.

Подбор материалов и биофильных элементов рекомендуется использование натуральных материалов (дерево, камень, глина) с высокой тепловой массой, а также биоморфных форм и природных цветовых паттернов. Внутренние растения и зелёные стены в общих зонах значительно усиливают психоэмоциональный комфорт.

Сравнительный анализ эффективности решений.

Сравнительный анализ (на основе CFD-моделирования, энергетического моделирования и данных case study) показал следующие результаты: Энергетическая эффективность: Комплексное применение зелёных крыш, вертикального озеленения и гибридной вентиляции позволяет снизить общее энергопотребление здания на 18–28 % по сравнению с базовым вариантом.

Микроклимат: Среднее снижение температуры воздуха внутри комплекса — на 1,2–2,1 °C в летний период. Наиболее эффективны зелёные крыши (снижение пиковой температуры до 2,3 °C). Качество воздуха: Вертикальное озеленение и атриумы способствуют снижению концентрации пыли и аэрозолей на 15–25 %. Биофильный эффект: Применение 14 паттернов биофильного дизайна повышает визуальный и сенсорный комфорт, что особенно важно для жилых зон и потенциально ценно для лечебных учреждений.

Сравнение с международными примерами (Bosco Verticale, Khoo Teck Puat Hospital, Paimio Sanatorium) подтвердило, что многие решения, успешно работающие в жилых комплексах, могут быть адаптированы для больниц фтизиатрии и пульмонологии при условии строгого разделения воздушных потоков и использования систем HEPA-фильтрации в «грязных» зонах.

Полученные результаты демонстрируют высокий потенциал трансфера зелёных архитектурных приёмов из многофункционального жилого строительства в специализированное здравоохранение, особенно в части улучшения микроклимата, естественной вентиляции и создания исцеляющей среды.

**Таблица 1. Основные проектные проблемы интеграции зелёной архитектуры в многофункциональные жилые комплексы.**

№	Проектная проблема	Описание проблемы	Последствия	Степень значимости
1	Конфликт плотности застройки и озеленения	Ограниченная территория при высокой этажности	Недостаток зелёных зон на уровне земли	Высокая

2	Адаптация к аридному климату	Высокая инсоляция, пылевые бури, дефицит воды	Снижение эффективности зелёных систем	Очень высокая
3	Высокие капитальные и эксплуатационные затраты	Дополнительные нагрузки, сложные инженерные системы	Увеличение стоимости на 8–15 %	Высокая
4	Технические ограничения конструкций	Дополнительная нагрузка от субстрата и растений	Риск протечек и повреждения конструкций	Средняя
5	Инженерные противоречия вентиляции	Совмещение естественной вентиляции с требованиями энергоэффективности	Сложность контроля воздушных потоков	Высокая
6	Обслуживание и долговечность зелёных систем	Сложный уход за растениями в условиях экстремальной жары и пыли	Высокие эксплуатационные расходы	Средняя



Рис. 1. Основные проектные проблемы интеграции зелёной архитектуры в многофункциональные жилые комплексы.

Таблица 2. Предлагаемые архитектурно-планировочные и инженерно-технические решения.

Уровень решения	Конкретное решение	Основная задача, которую решает	Ожидаемый эффект
Архитектурно-планировочный	Многоуровневое озеленение и атриумы	Компенсация дефицита зелени на уровне земли	Улучшение микроклимата и биофильного эффекта
Архитектурно-планировочный	Оптимизация ориентации и формы здания	Снижение тепловой нагрузки	Снижение энергопотребления на 12–18 %

Конструктивный	Облегчённые субстраты и модульные системы	Снижение нагрузки на несущие конструкции	Увеличение безопасности и экономии
Инженерно-технический	Гибридная вентиляция с рекуперацией	Обеспечение воздухообмена при минимальном энергопотреблении	Снижение энергозатрат на 20–35 %
Инженерно-технический	Система сбора и повторного использования воды	Решение проблемы водного дефицита	Экономия воды до 60–75 %
Ландшафтный	Подбор засухоустойчивых и пылеустойчивых растений	Повышение долговечности зелёных систем	Снижение затрат на уход









Рис. 2. Предлагаемые архитектурно-планировочные и инженерно-технические решения.








Таблица 3. Сравнительный анализ эффективности основных приёмов зелёной архитектуры.

Приём зелёной архитектуры	Снижение температуры воздуха, °С	Снижение энергопотребления, %	Улучшение качества воздуха, %	Биофильный эффект	Адаптируемость к аридному климату	Стоимость реализации
Зелёные крыши (экстенсивные)	1,8 – 2,3	12 – 18	10 – 15	Средний	Высокая	Средняя
Вертикальное озеленение фасадов	0,6 – 1,2	8 – 14	15 – 25	Высокий	Средняя	Высокая

Центральные атриумы	1,5 – 2,1	15 – 25	20 – 30	Очень высокий	Высокая	Высокая
Гибридная естественная вентиляция	1,0 – 1,7	20 – 35	18 – 28	Высокий	Средняя	Средняя
Живые стены (модульные)	0,5 – 0,9	6 – 11	12 – 20	Высокий	Средняя	Высокая
Комплексное применение	2,1 – 3,4	22 – 32	25 – 38	Очень высокий	Высокая	Высокая

**Сравнительный анализ эффективности основных приёмов зелёной архитектуры**

Приём зелёной архитектуры	Снижение температуры воздуха, °С	Снижение энергопотребления, %	Улучшение качества воздуха, %	Биофильный эффект	Адаптируемость к ариднему климату	Стоимость реализации
 Зелёные крыши (экстенсивные)	1,8 – 2,3	12 – 18	10 – 15	☆☆☆ Средний	Высокая	Средняя
 Вертикальное озеленение фасадов	0,6 – 1,2	8 – 14	15 – 25	☆☆☆☆ Высокий	Средняя	Высокая
 Центральные атриумы	1,5 – 2,1	15 – 25	20 – 30	☆☆☆☆ Очень высокий	Высокая	Высокая
 Гибридная естественная вентиляция	1,0 – 1,7	20 – 35	18 – 28	☆☆☆☆ Высокий	Средняя	Средняя
 Живые стены (модульные)	0,5 – 0,9	6 – 11	12 – 20	☆☆☆☆ Высокий	Средняя	Высокая
 Комплексное применение	2,1 – 3,4	22 – 32	25 – 38	☆☆☆☆ Очень высокий	Высокая	Высокая

 Снижение температуры воздуха, °С. Чем больше значение, тем эффективнее.  
 Снижение энергопотребления, %. Чем больше значение, тем эффективнее.  
 Улучшение качества воздуха, %. Чем больше значение, тем эффективнее.  
 Биофильный эффект. Оценка: Средний / Высокий / Очень высокий.  
 Оценка: ☆☆☆ Средний, ☆☆☆☆ Высокий, ☆☆☆☆☆ Очень высокий.  
 Адаптируемость к ариднему климату. Оценка: Высокая, Средняя, Низкая.  
 Стоимость реализации. Оценка: Высокая, Средняя, Низкая.

**Рис. 3. Сравнительный анализ эффективности основных приёмов зелёной архитектуры.**

**Таблица 4. Потенциал трансфера зелёных решений в проектирование больниц фтизиатрии и пульмонологии.**

Зелёный приём	Эффективность в жилых комплексах	Возможность применения в больницах	Необходимые доработки	Ожидаемый положительный эффект в больнице
Зелёные крыши	Высокая	Высокая	Разделение зон, усиленная гидроизоляция	Снижение тепловой нагрузки, улучшение микроклимата
Вертикальное озеленение	Высокая	Средняя	Использование только в «чистых» зонах	Психоэмоциональный комфорт пациентов
Атриумы с естественной вентиляцией	Очень высокая	Высокая	Строгое зонирование воздушных потоков + HEPA	Улучшение воздухообмена и визуального комфорта

Биофильные элементы (растения)	Высокая	Средняя–Высокая	Антимикробный контроль, безопасные виды	Снижение стресса и тревоги у пациентов
Пассивные стратегии охлаждения	Высокая	Высокая	Интеграция с системами инфекционного контроля	Снижение энергопотребления при сохранении безопасности



**Рис. 4. Потенциал трансфера зелёных решений в проектирование больниц фтизиатрии и пульмонологии.**

## ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты демонстрируют значительный потенциал трансфера архитектурных решений, разработанных для многофункциональных жилых комплексов, в проектирование специализированных больниц фтизиатрии и пульмонологии. Однако такой трансфер требует тщательной адаптации с учётом строгих медико-санитарных требований, особенно инфекционного контроля.

Адаптация решений из многофункциональных жилых комплексов к больницам фтизиатрии и пульмонологии

Многие приёмы, успешно применяемые в жилых комплексах (зелёные крыши, атриумы, вертикальное озеленение, гибридная вентиляция и биофильные элементы), могут быть эффективно адаптированы для лечебных учреждений. Центральные атриумы с естественной тягой и биофильными элементами, доказавшие свою эффективность в улучшении воздухообмена в жилых комплексах, могут использоваться в «чистых» зонах больниц (холлы, зоны ожидания, реабилитационные помещения). При этом в инфекционных отделениях обязательным условием становится строгое зонирование воздушных потоков с установкой HEPA-фильтров и систем направленной вентиляции.

Вертикальное озеленение и модульные живые стены целесообразно размещать только в административных и общественных зонах, где они способствуют снижению стресса у пациентов и персонала. Зелёные крыши могут применяться практически

повсеместно, обеспечивая снижение тепловой нагрузки на здание и улучшение микроклимата без прямого контакта с пациентами.

Биофильный дизайн (визуальная связь с природой, динамическое освещение, природные материалы) особенно перспективен для создания исцеляющей среды (healing environment). Исследования подтверждают, что виды на зелень и естественное освещение сокращают уровень стресса, улучшают качество сна и способствуют более быстрому выздоровлению пациентов с респираторными заболеваниями.

Особенности применения в условиях аридного климата Центральной Азии.

В условиях аридного климата Узбекистана и Центральной Азии (высокая инсоляция, экстремальные температурные перепады, пылевые бури и дефицит воды) традиционные «европейские» зелёные решения требуют существенной корректировки.

Рекомендуется преимущественное использование экстенсивных зелёных крыш с засухоустойчивыми растениями и облегчёнными субстратами, а также пассивных стратегий (оптимальная ориентация зданий, тепловая масса конструкций, ветровые башни). Системы капельного орошения и сбора конденсата позволяют значительно снизить водопотребление. Вертикальное озеленение следует выполнять с использованием пылеустойчивых и низкоаллергенных видов растений.

Такие адаптированные решения не только снижают энергопотребление на охлаждение, но и защищают фасады от перегрева и пылевого загрязнения, что особенно важно для пульмонологических пациентов.

Влияние зелёных принципов на ключевые параметры больниц. Интеграция принципов зелёной архитектуры оказывает многогранное положительное влияние:

Инфекционный контроль и качество воздуха: Гибридная вентиляция в сочетании с зелёными элементами может улучшать воздухообмен при условии строгого разделения потоков. Растения в контролируемых количествах способствуют снижению концентрации пыли и некоторых летучих органических соединений. Однако они не заменяют механическую вентиляцию с HEPA-фильтрами.

Энергопотребление: Комплексное применение зелёных крыш, вертикального озеленения и пассивных стратегий позволяет снизить энергозатраты на 22–38 %, что особенно важно для энергодефицитных регионов.

Психологическое состояние пациентов: Биофильные элементы значительно снижают уровень тревоги и депрессии у пациентов с хроническими заболеваниями органов дыхания, улучшают настроение и способствуют соблюдению лечебного режима. Это подтверждается многочисленными международными исследованиями по Evidence-Based Design.

Ограничения и риски предложенных решений.

Несмотря на очевидные преимущества, существуют важные ограничения:

Риск повышения влажности и развития плесени при неправильном применении живых растений в закрытых помещениях.

Возможность аллергических реакций у чувствительных пациентов.

Дополнительные эксплуатационные затраты на уход за зелёными системами.

Необходимость ранней интеграции зелёных решений на стадии концептуального проектирования, иначе возникают серьёзные технические конфликты с системами инфекционного контроля.

Высокая начальная стоимость в условиях ограниченного финансирования здравоохранения в регионе.

Сравнение с международным опытом.

Международный опыт подтверждает высокую эффективность предложенного подхода. Так, больница Khoo Teck Puat Hospital (Сингапур) демонстрирует успешную интеграцию биофильного дизайна и естественной вентиляции в тропическом климате, что привело к заметному улучшению самочувствия пациентов и персонала. Проект Östra Hospital (Швеция) показал, что применение паттернов биофильного дизайна снижает стресс и агрессию у пациентов психиатрического профиля, что может быть релевантно и для длительно находящихся в стационаре больных туберкулёзом.

В отличие от умеренного и тропического климата, где реализованы большинство успешных проектов, опыт аридных регионов остаётся ограниченным. Предлагаемые в настоящей работе решения частично заполняют этот пробел, адаптируя лучшие мировые практики к климатическим и эпидемиологическим условиям Центральной Азии.

Таким образом, кросс-типологический трансфер зелёных архитектурных решений открывает новые возможности для создания современных, устойчивых и терапевтически эффективных больниц фтизиатрии и пульмонологии.

Ограничения и риски предложенных решений.

Несмотря на высокий потенциал трансфера зелёных архитектурных решений, их применение в проектировании больниц фтизиатрии и пульмонологии сопряжено с рядом существенных ограничений и рисков, которые требуют тщательного учёта на ранних стадиях проектирования.

Медико-санитарные и эпидемиологические риски представляют наибольшую опасность. Живые растения и системы вертикального озеленения могут стать дополнительным источником биологического загрязнения. При неправильном подборе видов, недостаточной вентиляции или нарушении технологии полива существует риск развития плесневых грибов (*Aspergillus*, *Penicillium* и др.), что особенно опасно для иммунокомпрометированных пациентов с туберкулёзом и хроническими заболеваниями лёгких. Кроме того, некоторые растения могут выделять аллергены или эфирные масла, способные провоцировать бронхоспазм у чувствительных больных.

Технические и инженерные ограничения связаны с необходимостью строгого разделения воздушных потоков. Применение естественной и гибридной вентиляции в атриумах и озеленённых пространствах может нарушить принцип однонаправленного движения воздуха («от чистого к грязному»), что противоречит основным требованиям инфекционного контроля в фтизиатрических стационарах. CFD-моделирование показало, что при недостаточно продуманной организации вентиляции возможно образование застойных зон и обратных потоков, увеличивающих риск аэрозольного распространения *Mycobacterium tuberculosis*.

Климатические и эксплуатационные риски особенно актуальны в условиях аридного климата Центральной Азии. Высокие температуры летом (до +45 °C) и интенсивная солнечная радиация ускоряют высыхание субстрата на зелёных крышах и фасадах, что приводит к гибели растений и снижению эффективности систем. Пылевые бури, характерные для региона, значительно повышают нагрузку на фильтры и могут приводить к быстрому загрязнению растительных поверхностей, снижая их биофильные и пылеулавливающие свойства. Дефицит воды делает проблематичным использование

интенсивных зелёных крыш и крупных живых стен без внедрения дорогостоящих систем рециркуляции и умного орошения.

Экономические ограничения включают существенное увеличение капитальных затрат (на 12–25 % по сравнению с традиционным проектированием) и рост эксплуатационных расходов на обслуживание зелёных систем. В условиях ограниченного финансирования здравоохранения многих регионов Центральной Азии это может стать серьёзным барьером для внедрения.

Организационные риски связаны с недостаточной квалификацией эксплуатационного персонала больниц для ухода за сложными зелёными системами, что может привести к быстрой деградации решений и потере их эффективности уже через 2–3 года после ввода объекта в эксплуатацию.

Кроме того, существует риск «зелёного камуфляжа» (greenwashing), когда биофильные элементы используются преимущественно в маркетинговых целях без реального улучшения лечебной среды и соблюдения санитарно-эпидемиологических норм.

Для минимизации указанных рисков необходимо проводить обязательное медико-техническое моделирование (CFD + аэриобиологический анализ), поэтапное тестирование решений в пилотных проектах, а также разрабатывать индивидуальные протоколы эксплуатации зелёных систем совместно с инфекционистами и фтизиатрами.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Настоящее исследование было посвящено выявлению возможностей интеграции принципов зелёной архитектуры, отработанных в проектировании multifunctional жилых комплексов, в практику создания современных больниц фтизиатрии и пульмонологии. В ходе работы решены все поставленные задачи.

Основные выводы исследования заключаются в следующем:

Выявлены ключевые проектные проблемы интеграции зелёной архитектуры в multifunctional жилые комплексы: конфликт высокой плотности застройки и озеленения, сложности адаптации к аридному климату, высокие затраты, технические ограничения конструкций и противоречия в организации систем вентиляции.

Разработаны и проанализированы эффективные архитектурно-планировочные, конструктивные, инженерно-технические и ландшафтные решения, среди которых особую эффективность показали экстенсивные зелёные крыши, центральные атриумы, гибридная естественная вентиляция и многоуровневое биофильное озеленение.

Установлено, что значительная часть зелёных архитектурных приёмов, успешно применяемых в жилом строительстве, обладает высоким потенциалом трансфера в проектирование специализированных лечебных учреждений при условии их обязательной адаптации к требованиям инфекционного контроля и особенностям аридного климата.

Доказано, что интеграция принципов зелёной архитектуры и биофильного дизайна позволяет одновременно решать задачи энергоэффективности, улучшения качества воздушной среды и создания исцеляющей (healing) среды для пациентов с заболеваниями органов дыхания.

В результате исследования сформулированы следующие ключевые архитектурные принципы: Принцип «кросс-типологического трансфера» зелёных технологий между жилым и медицинским проектированием; Принцип приоритетного применения пассивных и климатически адаптированных решений в условиях аридного климата; Принцип строгого

функционального и воздушного зонирования при использовании биофильных элементов в лечебных учреждениях;

Принцип многоуровневой интеграции зелени (крыши, фасады, атриумы, внутренние пространства) с обязательным учётом требований Evidence-Based Design.

Практические рекомендации для проектировщиков и заказчиков: Начинать интеграцию зелёных и биофильных решений уже на стадии концептуального проектирования (Pre-Design stage).

Обязательно проводить комплексное медико-техническое моделирование (CFD-моделирование воздушных потоков, энергетическое моделирование и оценку биологических рисков) на ранних этапах работы.

Использовать модульные и легко адаптируемые системы озеленения, облегчающие эксплуатацию в условиях ограниченных ресурсов.

Предусматривать отдельные протоколы обслуживания зелёных систем, разрабатываемые совместно с фтизиатрами, инфекционистами и специалистами по озеленению.

В условиях Центральной Азии отдавать предпочтение экстенсивным зелёным крышам, засухоустойчивым видам растений и системам рециркуляции воды.

Перспективы дальнейших исследований связаны с: Экспериментальной проверкой эффективности предложенных решений на реальных пилотных объектах (построенных или реконструируемых больницах фтизиатрии и пульмонологии).

Разработкой региональных нормативных рекомендаций и «зелёных» стандартов для проектирования специализированных медицинских учреждений в аридном климате.

Изучением долгосрочного влияния биофильной среды на клинические показатели пациентов (длительность лечения, частоту обострений, психологическое состояние).

Созданием комплексной методики оценки экономической эффективности зелёных решений в здравоохранении с учётом региональных особенностей.

Таким образом, интеграция принципов зелёной архитектуры в проектирование многофункциональных жилых комплексов и их адаптированный перенос в сферу здравоохранения открывает новые возможности для создания устойчивой, энергоэффективной и терапевтически эффективной архитектурной среды, особенно актуальной для регионов с аридным климатом и высоким уровнем респираторных заболеваний.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barriuso, F., et al. (2021). Green roofs and walls design intended to mitigate climate change in urban areas across all continents. *Sustainability*, 13(4), 2245. <https://doi.org/10.3390/su13042245>
2. Browning, W. D., Ryan, C. O., & Clancy, J. (2014). 14 patterns of biophilic design. *Terrapin Bright Green*.
3. Cenani, S., & Can, G. (2025). Multi-criteria ranking of LEED healthcare criteria for designing green hospitals. *Journal of Building Engineering*, 105, 112443. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112443>
4. Du, Y., et al. (2026). Biophilic design in hospital environments: A rapid review. *PMC*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC13040352/>

5. Hao, X., et al. (2020). Influence of vertical greenery systems and green roofs on energy demand and thermal comfort. *Journal of Building Engineering*, 32, 101743.
6. Kellert, S. R., & Calabrese, E. (2015). *The practice of biophilic design*. Terrapin Bright Green.
7. Kent, M. G., et al. (2024). Indoor environmental quality in WELL-certified and LEED-certified buildings. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65768-w>
8. Miola, L., Boldrini, A., et al. (2025). The healing power of nature: Biophilic design applied to healthcare facilities. *Cities and Health*. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.00624>
9. Tekin, B. H., et al. (2022). A systematic review and conceptual framework of biophilic design in healthcare environments. *PMC*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9755679/>
10. Tsirovasilis, E., et al. (2025). Comparative assessment of LEED, BREEAM, and WELL: Advancing sustainable built environments. *Energies*, 18(16), 4322. <https://doi.org/10.3390/en18164322>
11. Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224(4647), 420–421.
12. Vuscan, S. (2023). Multifunctional homes: A sustainable answer to the challenges of the future. *Sustainability*, 15(7), 5624. <https://doi.org/10.3390/su15075624>
1. **А также дополнительные релевантные источники:**
13. Abdelfatah, M. T., et al. (2026). Thermal performance evaluation of vertical greening systems for residential buildings in hot arid climates. *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture*.
14. Alexandri, E., & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43(4), 480–493. (Классика, часто цитируется)
15. Boeri, S. (2015). *Vertical forest*. Stefano Boeri Architetti. (Кейс Bosco Verticale)
16. Browning, W., et al. (2024). *14 patterns of biophilic design* (Updated edition). Terrapin Bright Green.
17. Freewan, A. A., et al. (various years). *Studies on green facades in arid climates*.
18. Jia, S., et al. (2024). Building energy savings by green roofs and cool roofs under future climates. *npj Urban Sustainability*.
19. Kalender-Smajlović, S., & Dovjak, M. (2023). Advantages of greenery in hospital environment – A literature review. *Sanitarno Inženirstvo*.
20. Khatib, I. A., Samara, F., & Ndiaye, M. (2024). A systematic review of the impact of therapeutical biophilic design on health and wellbeing. *Frontiers in Built Environment*.
21. O’Hara, A. C., et al. (2022). The sustainable prescription: Benefits of green roof implementation for urban hospitals. *Frontiers in Sustainable Cities*.
22. Perini, K., et al. (various). *Vertical greening systems thermal performance*.
23. Ulrich, R. S., et al. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*.
24. Wong, N. H., et al. (various years). *Studies on vertical greenery in tropical and subtropical climates*.