

## Ю.В. Онищенко, Г.С. Абдрасилова\*

Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

### Информация об авторах:

**Онищенко Юлия Владимировна** – магистр искусствоведческих наук, докторант PhD, ассистент профессора ФА, Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан  
<https://orcid.org/0000-0001-8749-8718>, email: [onishenko\\_julia@mail.ru](mailto:onishenko_julia@mail.ru)

**Абдрасилова Гульнара Сейдахметовна** – доктор архитектуры, академический профессор ФА, Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА)  
<https://orcid.org/0000-0002-3828-9220>, email: [g.abdrasilova@kazgasa.kz](mailto:g.abdrasilova@kazgasa.kz)

\*Автор корреспонденции: email: [g.abdrasilova@kazgasa.kz](mailto:g.abdrasilova@kazgasa.kz)

## АДАПТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ АЭРОПОРТОВ XXI ВЕКА

**Аннотация.** В статье рассматривается архитектура аэропортов, адаптированных к сложным природным и антропогенным условиям. В результате исследования выявлены методы, используемые в современных архитектурно-инженерных решениях для создания устойчивых комплексов аэропортов. В качестве эволюционных решений описаны примеры формирования искусственной суши, включения динамических структур, интеллектуальных систем управления зданиями.

**Ключевые слова:** архитектура аэропортов, адаптивность, эволюция адаптивных технологий, принципы устойчивого развития в архитектуре, углеродный след.

### Введение

В XXI веке ежегодно миллионы людей совершают перелеты на различные расстояния, аэропорты играют все большую роль в жизни потребителей – деловых людей, туристов и др. Значительно возрастают требования не только к организации перелетов, но и к предоставлению услуг в зданиях аэропортов. Поэтому неудивительно, что одними из самых репрезентативных объектов в архитектуре являются здания и комплексы аэропортов: они артикулируют имидж государства, представляют собой своеобразные «ворота» города, страны.

В техническом смысле аэропорт – это комплекс сооружений, предназначенный для вылетов, прилетов и размещения воздушных судов. Крупные международные аэропорты могут вмещать несколько аэровокзалов, грузовые терминалы и другие наземные сооружения [1]. Аэропорты – сложные технические сооружения, которые должны отвечать требованиям безопасности совершения полета для разных калибров воздушных лайнеров, учитывая комплексные проблемы на стыке антропогенных и природных факторов, связанных с общей безопасностью людей.

Несомненно, материализация всех сложных процессов, осуществляемых в зданиях аэропортов, выражается через архитектурную форму, в которой концентрируются функциональные, конструктивно-технические, художественно-образные решения. Расширение сферы воздушных связей, развитие инженерных технологий влекут за собой трансформацию архитектуры аэропортов.

Здания современных аэропортов – это симбиоз достижений прошлого и прорывных инноваций. Масштаб физических параметров аэропортов ставит их в разряд объектов среды, влияющих на экологию окружающего пространства. В статье представлен анализ проектов, реализованных в разных странах крупными компаниями в условиях, когда требовалась адаптация архитектурных решений к уникальным природно-климатическим и технологическим вызовам.

### Методы исследования

В статье использован метод критического анализа, основанный на изучении научных публикаций, графических материалов в профессиональных изданиях, позволивший сопоставить данные о реализованных проектах аэропортов в разных странах мира. Часть оригинальных материалов для исследования авторам любезно предоставлена компанией ‘Foster+Partners’ и Фондом Ренцо Пьяно.

### Результаты и обсуждение

В некоторых частях планеты люди издревле формировали среду обитания в водных ареалах: например, в Шотландии на озерах возводились хижины для больших семей [2]; в Перу индейцы на озере Титикака строили деревни на больших плотках, что позволяло им лучше защищаться от набегов воинственных инков [3]; представители древней династии Сауделер построили в Тихом океане крепость Нан-Мадол на искусственных островах [4] и т.д.

В современных условиях в странах с дефицитом территорий тоже немало примеров строительства на воде, на искусственных основаниях.

На проект аэропорта в Осацком заливе от планирования до реализации ушло 20 лет (рис. 1). Благодаря адаптации изобретений прошлого, их улучшению и развитию до самых передовых технологий на искусственном острове появился ведущий международный аэропорт, способный противостоять природным стихиям.



Рисунок 1 – Здание пассажирского терминала международного аэропорта Кансай Осака, Япония, 1988-1994. Строительная мастерская Ренцо Пиано, архитекторы – Н. Окабе, старший ответственный партнер в сотрудничестве с Nikken Sekkei Ltd., Aéroports de Paris, Japan Airport Consultants Inc. Заказчик: Kansai International Airport Co. Ltd. Графические материалы предоставлены официальным представителем архитектурного фонда Ренцо Пьяно [5]

В Японии часто бывают сильные землетрясения и тайфуны, поэтому реализация такого проекта требует адаптации архитектуры ко всем критическим условиям, включая геологические особенности (слабый грунт). К неблагоприятным природно-климатическим факторам присоединился антропогенный фактор, связанный с очень высокой плотностью населения. Когда японские специалисты решили построить первый круглосуточный аэропорт, перед инженерами встала непростая задача – не было места для аэропорта, почти вся земля была заселена. Было принято решение создать сушу там, где ее прежде не было, неподалеку от города Осака [6]. Строительство в Осацком заливе осложнялось погодными условиями, поскольку тайфуны и штормы здесь – привычное явление, а максимальная скорость ветра бывает более 50 м/с.

Амбициозный проект по строительству острова в море был бы невозможен без инженерных достижений прошлого [7]. Японские инженеры обратились к опыту проекта XII века, в котором первый инженер-гидротехник Ян Адриансун Лиуотер предложил гениальное решение, изменившее будущее Нидерландов [8]. Лиуотер использовал 42 мельницы для осушения озера в течение трех лет. В 1612 году озеро было осушено, появилась земля, пригодная для сельского хозяйства. Эти отвоеванные территории стали называть польдерами. Бемстерский польдер стал образцом не только в Нидерландах, но и во всем мире. Сегодня 50% территории Нидерландов – это отвоеванная у воды суша, защищенная насыпями и берегозащитными сооружениями протяженностью 12000 км.

Японские инженеры собирались применить технологию голландцев, но их задача была сложнее. Если голландские инженеры осушали озеро, чтобы использовать находившуюся под водой сушу, то инженеру Масаки Китоцуми и его коллегам нужно было поднять сушу, сделать ее выше, создать искусственный остров. Остров должен был располагаться в 5 км от побережья, там, где глубина моря была более 20 метров [7]. Однако самой большой проблемой был мягкий, неустойчивый грунт морского дна. Глина впитывает воду как губка: если поставить на нее тяжелый объект, она сжимается, высвобождая воду. Инженеры решили использовать песок. Откачка воды с помощью песка позволила стабилизировать грунт. Песок лежал по всей поверхности морского дна. Инженеры установили в грунт трубы, заполненные песком, затем трубы убрали, после чего остались песчаные колонны. Так были установлены миллион двадцатиметровых песчаных колонн. Для окружения участка 11-километровой стеной водолазы разместили на морском дне огромные камни, затем они насыпали камни поменьше, пока стена не стала возвышаться над поверхностью воды. Далее инженеры должны были защитить грунт от размывания, для этого они вновь обратились к изобретениям прошлого.

В 1950-е годы французский инженер Пьер Данель изобрел берегозащитную систему, которая получила название тетрапод [9]. Тетраподы отличаются по форме от обычных камней и скрепляются между собой выдвинутыми частями, поэтому даже трехметровые волны могут их только приподнять, но не могут разъединить и сдвинуть с места.

Тетраподы стали идеальным решением для проекта аэропорта Кансай. Сегодня почти 50% побережья Японии защищено тетраподами. Стена вокруг аэропорта Кансай – одно из самых протяженных ограждений с тетраподами в мире. После возведения стены, для добычи 180 миллионов кубических метров скальной породы и грунта, сравняли 3 горы и начали строительство здания аэропорта. Требовалось обеспечить соответствие сооружения самым современным требованиям, быть устойчивым во время тайфуна, шторма и даже сильнейшего землетрясения.

Архитектор Ренцо Пьяно и его японский коллега Нариаки Акабе создали по-настоящему особенное здание площадью 1700 квадратных метров. Пространство на острове было ограничено, нужно было построить одно большое здание, в котором умещались бы все службы аэропорта. За вдохновением архитекторы обратились к выдающейся работе архитектора Эрнста Загебиля – зданию аэропорта Темпельхоф в Берлине (архитектор Норман Фостер назвал Темпельхоф родителем всех аэропортов) [10]. В 1930-е годы это было самое длинное здание в мире – 1200 м. Э. Загебель использовал новую систему металлобетонных конструкций, способных выдержать колоссальную нагрузку. Затем конструкции покрыли мрамором, в результате получилось монументальное пространство – это была совершенно новая конструктивно-техническая система. Архитекторы аэропорта Кансай решили использовать эту старую концепцию в новых условиях.

Как и Темпельхоф, Кансай стал самым длинным зданием в мире. Архитекторы придумали современный стильный терминал в форме планера, где высота потолков – 13 м. Чтобы это огромное здание не рухнуло, инженеры придумали конструкцию, которая способна противостоять суровой стихии: каждая секция здания подвижна, есть звенья, которые сглаживают силу землетрясения. Во время землетрясения стены, пол, поручни движутся вперед-назад, поглощая силу землетрясения. Также была разработана особая конструкция для стеклянной стены площадью 4000 м<sup>2</sup>. Эти огромные окна тоже способны поглощать колебания земли, благодаря особой системе резиновых рам: чтобы хрупкое стекло выдержало землетрясение, инженеры сделали резиновые обрамления вокруг каждой стеклянной панели, которые способны двигаться индивидуально. Всего было установлено 5000 стеклянных панелей. Терминал строили 3 года, за это время в проекте участвовало более 10000 дизайнеров, инженеров и рабочих со всего мира. Вскоре после завершения строительства аэропорт пережил настоящие испытания: через месяц после открытия на аэропорт обрушился тайфун, а еще через пару месяцев были землетрясения. В январе 1995 года произошло землетрясение в Кобе. Погибло более 6000 человек, более 150000 зданий было разрушено, но со здания аэропорта Кансай не упала ни одна стеклянная панель [7].

С появлением концепции устойчивого развития в 1980-х годах, с каждым годом всё острее встают вопросы экологических проблем по всему миру. Современные отчеты экологов устанавливают критический срок до 2030 года: если до этого времени не внедрить радикальные шаги по переходу на возобновля-

емые источники энергии, для существенного снижения выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу, то последствия климатического коллапса будут необратимы.

Звезды мировой архитектуры Норман Фостер, Ренцо Пьяно, Мошэ Сафди всё активнее призывают реагировать на изменения климата, на личном примере показывая реализацию принципов устойчивого развития. Так, в июне 2019 года архитекторами Стивом Томпкинсом и Майклом Паулином была образована группа, которая занимается чрезвычайными ситуациями, связанными с климатом и биоразнообразием [11]. В группу Architects Declare вступили компании под руководством самых известных и востребованных архитекторов XXI века. Группа Architects Declare отслеживает «углеродный след», в том числе и таких специфических объектов, как аэропорты.

В 2021 году Компания Foster+Partners, а затем и Zaha Hadid Architects покинули группу Architects Declare. Норман Фостер так объяснил свою позицию относительно углеродного следа аэропортов: «Я искренне считаю, что мы должны решить проблему инфраструктуры мобильности. Мы должны уменьшить ее углеродный след, как и все остальное. Мы не можем уходить от этого. Мы не можем занимать лицемерную моральную позицию» [12]. По большинству оценок, на авиационную отрасль приходится 2-3% от общего объема выбросов углекислого газа, хотя ее влияние на изменение климата увеличивается за счет других факторов – таких, как водяной пар, производимый самолетами, которые также способствуют глобальному потеплению. По мнению Н. Фостера, в относительном выражении углеродный след авиаперелетов невелик и его необходимо и можно сократить, а также именно компания Foster + Partners сыграла весомую роль в снижении углеродного воздействия авиации путем проектирования экологичных терминалов аэропортов [12].

Проект «Красное море» – один из нескольких туристических объектов, разрабатываемых в Саудовской Аравии. Компания Foster+Partners также проектирует международный аэропорт для курорта Амаала, который строится примерно в 250 километрах к северу от проекта «Красное море». Терминал, вдохновленный «миражом», вызвал критику со стороны Architects Climate Action Network, что и привело к выходу Foster+Partners из экологической группы Architects Declare.

Международный аэропорт Красного моря, строительство которого планируется завершить в 2023 году, рассчитан на пропускную способность в один миллион пассажиров в год. Он будет обслуживать людей, посещающих туристический комплекс Red Sea Project, который разрабатывается неподалеку и будет включать в себя отель в форме кольца на сваях над Красным морем и курорт, построенный среди песчаных дюн Саудовской Аравии по проекту Foster+Partners. Залы ожидания вылета будут размещены в капсулах, похожих на дюны. Форму аэропорта подсказала окружающая его пустыня. Визуальные изображения демонстрируют серию из пяти дюноподобных капсул, расположенных радиально вокруг центрального пространства для высадки и посадки пассажиров (рис. 2).



Рисунок 2 – Аэропорт «Красное море», арх. бюро Foster + Partners), Умрудж, Табук, Саудовская Аравия. Материалы предоставлены официальным представителем архитектурного бюро Foster + Partners [12]

В каждой из этих капсул будет находиться зал вылета, включающий спал-салоны и рестораны. Между капсулами будут созданы пространства для первого этапа процесса прибытия, заполненные зеленью. Каждая из пяти капсул может работать независимо, как «мини-терминал», т.е. некоторые части аэропорта могут быть закрыты в периоды низкого спроса для снижения энергопотребления. «Международный аэропорт Красного моря был задуман как ворота в один из самых уникальных курортов в мире и неотъемлемая часть опыта посетителей», – сказал Жерар Эвенден, глава студии Foster+Partners, когда проект был впервые представлен в 2019 году [12]. Немаловажным для архитектуры этого сооружения является стремление авторов проекта подчеркнуть локальную идентичность, выразить культурные особенности территорий. «Вдохновленный цветами и текстурами пустынного ландшафта, дизайн стремится создать спокойное и роскошное путешествие через терминал и станет транзитным узлом для посетителей, прибывающих как по земле, так и по воздуху» [12].

В двух крыльях, простирающихся по обе стороны от основного терминала, будут располагаться вспомогательные помещения аэропорта, включая помещения для обработки багажа. По мнению студии, планировочное решение позволит уменьшить общую площадь и потребность в энергии по сравнению со стандартными отдельно стоящими вспомогательными зданиями. Студия Нормана Фостера стремится к тому, чтобы аэропорт получил рейтинг устойчивости LEED Platinum. Аэропорт будет работать на 100% за счет возобновляемых источников энергии как в ходе строительства, так и в будущем: при эксплуатации будет реализован принцип «нулевого использования одноразового пластика».

Кровля терминала будет выдвигаться от здания, создавая затенение как наземной, так и воздушной части аэропорта. Общая форма здания терминала была разработана таким образом, чтобы за счет самозатенения защитить внутреннюю среду от солнечных лучей и существенно снизить общий спрос на энергию для охлаждения здания. Большая часть остекления фасада обращена на север, что позволяет увеличить проникновение дневного света без ущерба для солнечной эффективности» [12]. Наряду с главным зданием терминала на территории комплекса строятся взлетно-посадочная полоса и выделенная полоса для гидросамолетов, а также три вертолетные площадки. Проект «Красное море», описываемый его разработчиками как «самое амбициозное в мире развитие туризма», предусматривает превращение цепочки из 90 неосвоенных островов у западного побережья Саудовской Аравии в туристский курорт.

В сентябре 2019 года завершилось строительство гигантского аэропорта в форме морской звезды в Пекине, по проекту Zaha Hadid Architects. Построено пятиэтажное здание терминала площадью 700 000 квадратных метров в международном аэропорту Пекина Даксин, который является одним из крупнейших аэропортов в мире (рис. 3).

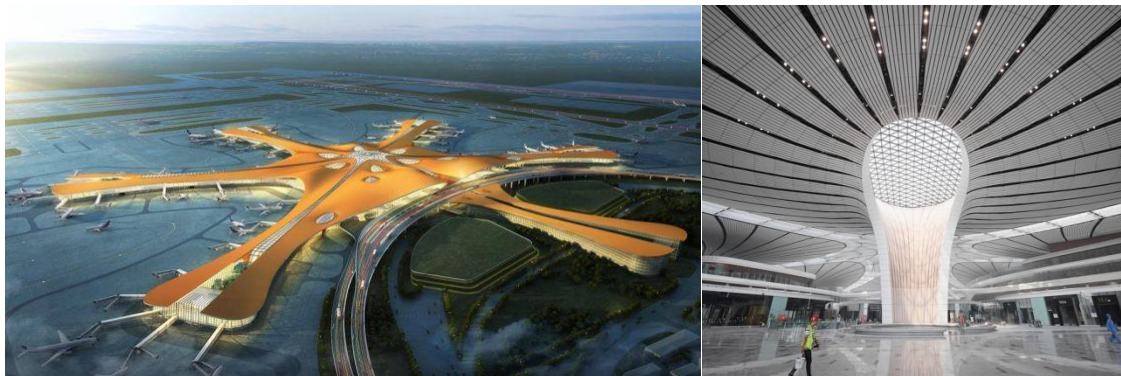


Рисунок 3 – Аэропорт Даксин, арх. бюро Zaha Hadid Architects, Пекин, 2019 г. [14]

Аэропорт расположен вокруг центрального «большого двора» с пятью опорами для самолетов, выходящими прямо наружу, что придает зданию вид морской звезды сверху. Центральное пространство естественно освещается стеклянной крышей, которую в студии называют «куполom центрального ориентированного пространства» [13].

«В соответствии с принципами традиционной китайской архитектуры, которая организует взаимосвязанные пространства вокруг центрального двора, дизайн терминала направляет всех пассажиров плавно через соответствующие зоны вылета, прилета или трансфера к большому двору в центре – многоуровневому пространству для встреч в самом сердце терминала», – отмечают авторы проекта [13]. Из центрального пространства пассажиры могут пройти на посадку из 79 посадочных выходов, каждый из которых имеет воздушные мосты, соединяющие их непосредственно с терминалом, расположенным вокруг пяти причалов для самолетов. По мнению архитекторов, это наиболее эффективная схема, позволяющая большому количеству пассажиров быстро добраться до своих самолетов: «Компактная радиальная конструкция терминала позволяет припарковать максимальное количество самолетов непосредственно у терминала на минимальном расстоянии от центра здания, обеспечивая исключительное удобство для пассажиров и гибкость в работе. Такая радиальная конфигурация обеспечивает доступ к самому дальнему выходу на посадку за время пешей прогулки, составляющее менее восьми минут» [13, 14].

Расположившись вокруг главного внутреннего двора, Zaha Hadid Architects создала ряд плавных форм, которые поддерживают крышу и служат световыми люками, проникающими в пространство.

Еще больше света в здание привносят линейные световые люки, которые тянутся по всей длине каждой из пяти авиационных опор.

Шестой рукав содержит транспортный узел площадью 80000 квадратных метров, в котором расположены станции высокоскоростного и местного железнодорожного транспорта, а также гостиница и офисы.

Аэропорт питается от солнечных батарей и имеет централизованную систему отопления с рекуперацией отработанного тепла, поддерживаемую тепловым насосом с наземными источниками. В аэропорту также имеется система сбора дождевой воды и управления водоснабжением.

Таким образом, изучение архитектуры современных международных аэропортов, позволило нам выявить и систематизировать природные и антропогенные факторы, характерные для условий дефицита территорий, землетрясений, тайфунов, жаркого климата, роста миграционной активности населения.

В результате проведенного анализа нами составлена таблица, отображающая методы адаптации архитектуры международных аэропортов к природным и антропогенным факторам (табл. 1).

Таблица 1 – Методы адаптации архитектуры международных аэропортов к природным и антропогенным факторам

<i>Объект</i>	<i>Факторы</i>	<i>Задачи</i>	<i>Пути решения</i>
Международный аэропорт Кансай, Япония, арх бюро Ренцо Пьяно, 1987-1994 гг. (Рис. 1)	<i>1. Дефицит территорий</i>	<i>Создание искусственной суши</i>	1. Миллион колонн с песком (чтобы поднять остров над уровнем моря).
	<i>2. Землетрясения, тайфуны, штормы</i>	<i>1. Сейсмозащита; 2. Устойчивость архитектурных элементов</i>	2. Насыпи из тетраподов; 3. Подвижные элементы в архитектуре здания; 4. Резиновые рамы для стекол.
Аэропорт «Красное море», арх. бюро Foster + Partners), Умлудж, Табук, Саудовская Аравия (Рис. 2).	<i>1. Загрязнение окружающей среды</i>	<i>1. Создание «зеленого здания»</i>	1. Конфигурация, уменьшающая энергопотребление; 2. Использование экологических материалов; 3. Полный отказ от одноразового пластика; 4. Формы залов ожидания для перераспределения нагрузки в периоды низкого спроса.
	<i>2. Жаркий климат</i>	<i>2. Создание тени</i>	1. Расположение остекления с северной стороны для исключения перегрева; 2. Форма крыши, создающая затенение для наземной и воздушной части аэропорта.
Аэропорт Даксин, арх. бюро Zaha Hadid Architects, Пекин, 2019 г. (Рис. 3).	<i>1. Загрязнение окружающей среды</i>	<i>1. Создание «зеленого здания»</i>	1. Компактная радиальная конструкция для экономии пространства; 2. Создание световых люков для увеличения естественного света; 3. Сбор дождевой воды; 4. Интеллектуальное управление; водоснабжением; 5. Система рекуперации.



## Заключение

Рассмотренные примеры международных аэропортов демонстрируют развитие адаптивных качеств архитектуры до инновационных прорывов в XXI веке. Аэропорты решают не только вопросы безопасности полетов и обслуживания пассажиров, но и сложные, комплексные задачи на стыке антропогенных и природных факторов, связанные с общей безопасностью людей.

В результате проведенного исследования выявлены методы, используемые в современных архитектурно-инженерных решениях, для создания устойчивых комплексов аэропортов (табл. 1): искусственная суша; подвижные элементы в архитектуре здания; архитектурная форма, способствующая экономии энергопотребления; охлаждение за счет самозатенения; ориентация по сторонам света для исключения перегрева; дополнительное естественное освещение (второй и третий свет); система рекуперации; интеллектуальное управление водоснабжением.

Архитектура аэропортов – сложная отрасль, консолидирующая обширные вопросы функциональных, конструктивно-технических и художественно-образных решений, направленных на создание комфортной, безопасной, выразительной формы. Архитектурные компании, проектирующие здания крупных международных «воздушных гаваней», нацелены также на реализацию концепции устойчивого развития, способствуя процессу оздоровления окружающей среды, непротиворечивому сосуществованию технологий, природного комплекса и социума.

## Благодарность

Авторы статьи выражают признательность компании ‘Foster+Partners’ и лично Оливии Холландс-Херст, ассистенту по связям с общественностью и PR, а также Фонду Ренцо Пьяно и представителю организации Николетт Дюранте за предоставление оригинальных материалов в процессе проведения исследования.

## Литература:

1. Свищев Г.П. (ред.) «Большая Российская Энциклопедия». – М.: Издательство Большая Российская Энциклопедия / ЦАГИ им. Н.Е.Жуковского. 1994, С. 72, 766 с.
2. Котомкин Н., «Шотландский Стоунхендж: кто построил кранноги Великобритании» журнал: Загадки истории №36, Рубрика: Невероятные артефакты сентябрь 2019, С.4, 40 с.
3. Романов О. «Острова-плоты озера Титикака: жизнь дрейфующих индейцев», база авторских публикаций [Электронный ресурс] 2017, – URL:[https://moyaplaneta.ru/reports/view/ostrovaploty\\_ozera\\_titikaka\\_zhizn\\_drejfujushhih\\_indejcev\\_32462](https://moyaplaneta.ru/reports/view/ostrovaploty_ozera_titikaka_zhizn_drejfujushhih_indejcev_32462) (дата обращения: 26.07.2022)
4. Австралия и океания. Нан-Мадол – археологическая сенсация Микронезии база авторских публикаций [Электронный ресурс] 2017, – URL:<https://archeonews.ru/nan-madol> (дата обращения: 26.07.2022)
5. Kansai International Airport, Passenger Terminal Building, Design Development Process, 1988-1991, in “Space Design”, 6, 1991, pp. 61-84.
6. Kansai International Airport Passenger Terminal Building, numero speciale di “Japan Architect”, 1994.
7. Фрирсон Э. «Ренцо Пиано — итальянский архитектор высоких технологий». Журнал DeZeen [Электрон. ресурс] – 2019. – URL:<https://www.dezeen.com/2019/11/26/renzo-piano-high-tech-architecture> (дата обращения: 25.07.2022)

8. *Омонимичные статьи по материалам голландской википедии [Электрон. ресурс] – URL:https://ru.frwiki.wiki/wiki/Jan\_Adriaanszoon\_Leeghwater (дата обращения 29.07.2022)*
9. *[Электрон. ресурс] – URL:https://superarch.ru/materialy/tetrapodyi (дата обращения 30.07.2022)*
10. *Долгова А. «Лётное поле экспериментов: что происходит с бывшим аэропортом Темпельхоф в Берлине». Журнал Strelka Mag [Электрон. ресурс] – 03.12.2018 – URL:https://strelkamag.com/ru/article/letnoe-pole-eksperimentov-cto-proiskhodit-s-byvshim-aeroportom-tempelkhof-v-berline (дата обращения 30.07.2022)*
11. *Кучинский Н. «Architects Declare обвинила известные бюро в отказе от борьбы с изменением климата». Журнал Strelka Mag [Электрон. ресурс] – 26.11.2020 –URL: https://strelkamag.com/ru/news/architects-declare-obvinila-izvestnye-byuro-v-sozdanii-pomekh-v-borbe-s-izmeneniem-klimata (дата обращения 30.07.2022)*
12. *Рейвенскрофт Т. «Начинается строительство международного аэропорта Red Sea компании Foster + Partners в Саудовской Аравии». Журнал DeZeen [Электрон. ресурс] – 26.02.2021, – URL: https://www.dezeen.com/2021/02/26/construction-begins-on-foster-partners-red-sea-airport/?li\_source=LI&li\_medium=bottom\_block\_1 (дата обращения 26.07.2022)*
13. *Рейвенскрофт Т. «В Пекине открылся гигантский аэропорт в форме морской звезды, спроектированный Zaha Hadid Architects». Журнал DeZeen [Электрон. ресурс] – 26.09.2019, – URL: https://www.dezeen.com/2019/09/26/zaha-hadid-architects-starfish-beijing-daxing-international-airport/#/ (дата обращения 26.07.2022)*
14. *Официальный сайт Zaha Hadid Architects - URL: https://www.zaha-hadid.com*

#### References:

1. *Svishchev. G.P. (ed.), The Big Russian Encyclopedia. - Moscow: Bolshaya Russkaya Encyclopedia Publishing House/N.E. Zhukovsky TsAGI. 1994, P. 72, 766 p.*
2. *Kotomkin N., "Scottish Stonehenge: who built the crannogi of Great Britain" magazine: Mysteries of History No. 36, Scope: Incredible Artefacts September 2019, P.4, 40 p.*
3. *Romanov O. "Lake Titicaca raft islands: life of drifting Indians", author's publication database [Electronic resource] 2017. - URL:https://moyaplaneta.ru/reports/view/ostrovaploty\_ozera\_titikaka\_zhizn\_drejfujushhih\_indejcev\_32462 (accessed 26.07.2022)*
4. *Australia and Oceania. Nan Madol - Micronesian archaeological sensation author's publication database [Electronic resource] 2017. - URL:https://archeonews.ru/nan-madol (accessed 26.07.2022)*
5. *Kansai International Airport, Passenger Terminal Building, Design Development Process, 1988-1991, in "Space Design", 6, 1991, pp. 61-84.*
6. *Kansai International Airport Passenger Terminal Building, numero speciale di "Japan Architect", 1994.*
7. *Frearson E. 'Renzo Piano - Italian High-Tech Architect'. DeZeen Magazine [Electronic resource] – 2019. - URL:https://www.dezeen.com/2019/11/26/renzo-piano-high-tech-architecture (accessed 25.07.2022)*
8. *Homonymous articles on Dutch wikipedia [Electronic resource] - URL: https://ru.frwiki.wiki/wiki/Jan\_Adriaanszoon\_Leeghwater (accessed 29.07.2022)*
9. *[Electronic resource] - URL:https://superarch.ru/materialy/tetrapodyi (accessed 30.07.2022)*
10. *Dolgova A. "A flying field of experiments: what happens to the former Tempelhof airport in Berlin". Strelka Mag magazine [Electronic resource] - 03.12.2018 - URL:https://strelkamag.com/ru/article/letnoe-pole-eksperimentov-cto-proiskhodit-s-byvshim-aeroportom-tempelkhof-v-berline (accessed 30.07.2022)*
11. *Kuczynski N. "Architects Declare Accused Prominent Bureaus of Refusing to Fight Climate Change". Strelka Mag Magazine [Electronic resource] - 26.11.2020 -URL: https://strelkamag.com/ru/news/architects-declare-obvinila-izvestnye-byuro-v-sozdanii-pomekh-v-borbe-s-izmeneniem-klimata (accessed 30.07.2022)*

12. Ravenscroft T. "Foster + Partners' Red Sea International Airport begins construction in Saudi Arabia". *DeZeen Magazine [Electronic resource]* - 26.02.2021. - URL: [https://www.dezeen.com/2021/02/26/construction-begins-on-foster-partners-red-sea-airport/?li\\_source=LI&li\\_medium=bottom\\_block\\_1](https://www.dezeen.com/2021/02/26/construction-begins-on-foster-partners-red-sea-airport/?li_source=LI&li_medium=bottom_block_1) (accessed 26.07.2022)
13. Ravenscroft, T. "A giant star-shaped airport designed by Zaha Hadid Architects opened in Beijing". *DeZeen Magazine [Electronic resource]* - 26.09.2019. - URL: <https://www.dezeen.com/2019/09/26/zaha-hadid-architects-starfish-beijing-daxing-international-airport/#/> (accessed 26.07.2022)
14. [Electronic resource] - URL: <https://www.zaha-hadid.com>

### Ю.В. Онищенко, Г.С. Абдрасилова\*

Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

#### Авторлар туралы ақпарат:

Онищенко Юлия Владимировна – өнертану ғылымдарының магистрі, PhD докторанты, профессор ассистенті, Сәулет факультеті, Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан  
<https://orcid.org/0000-0001-8749-8718>, email: [onishenko\\_julia@mail.ru](mailto:onishenko_julia@mail.ru)  
Абдрасилова Гүлнара Сейдахметовна – сәулет докторы, Халықаралық білім беру корпорация (ҚазБСҚА кампусы), Сәулет факультетінің академиялық профессоры, Алматы, Қазақстан  
<https://orcid.org/0000-0002-3828-9220>, email: [g.abdrasilova@kazgasa.kz](mailto:g.abdrasilova@kazgasa.kz)

## XXI ҒАСЫРДЫҢ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ӘУЕЖАЙЛАРЫНЫҢ СӘУЛЕТІНДЕГІ АДАПТИВТІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

**Аңдатпа.** Мақалада күрделі табиғи және антропогендік жағдайларға бейімделген әуежайлардың сәулеті қарастырылған. Зерттеу нәтижесінде әуежайлардың тұрақты кешендерін құру үшін заманауи сәулет-инженерлік шешімдерде қолданылатын әдістер анықталды. Объектілердің жұмыс істеуіне әсер ететін эволюциялық шешімдер ретінде жасанды жердің пайда болу мысалдары, динамикалық құрылымдарды, гимараттарды басқарудың интеллектуалды жүйелерін қосу сипатталған.

**Түйін сөздер:** әуежай сәулеті, бейімделу, бейімделу технологиясының эволюциясы, архитектурадағы тұрақты даму принциптері, көміртегі ізі.

### Y. Onishchenko, G. Abdrasilova\*

International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan

#### Information about the authors:

1. Onishchenko Yulia – Master of Arts, PhD doctoral, Assistant Professor of Architecture Faculty, International educational corporation (KazGASA campus), Almaty, Kazakhstan  
<https://orcid.org/0000-0001-8749-8718>, email: [onishenko\\_julia@mail.ru](mailto:onishenko_julia@mail.ru)  
2. Abdrasilova Gulnara – Doctor of Architecture, Acad. Prof. of Architecture Faculty, International educational corporation (KazGASA campus)  
<https://orcid.org/0000-0002-3828-9220>, email: [g.abdrasilova@kazgasa.kz](mailto:g.abdrasilova@kazgasa.kz)

## ADAPTIVE TECHNOLOGIES IN INTERNATIONAL AIRPORT ARCHITECTURE IN THE XXI CENTURY

**Abstract.** The article considers with the architecture of airports adapted to complex natural and anthropogenic conditions. The study has identified the methods used in modern architecture and engineering solutions to create sustainable airport complexes. Examples of artificial land formation, incorporation of dynamic structures and intelligent building management systems have been described as evolutionary solutions affecting the functioning of facilities.

**Keywords:** airport architecture, adaptability, evolution of adaptive technologies, principles of sustainable development in architecture, carbon footprint.