

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ

Научная статья



УДК/UDC 72.03:72.023:692.23

DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-52-64

EDN: CMJVNY

Многослойные ограждающие фасадные конструкции на основе природных строительных материалов**Елена Павловна Двойнева¹**Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
ptahalena1997@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены различные виды многослойных ограждающих конструкций зданий и сооружений на основе простых природных строительных материалов: глины, дерева, земли и соломы. Сформулированы и описаны категории слоев многослойных фасадных систем по функции конструкции. Выделены общие виды многослойных ограждающих систем и приведены примеры их применения в архитектурных проектах XXI века и в архаическом народном жилище. Проанализированы различия в устройстве схожих по способу формирования и работы систем многослойных ограждающих конструкций в новейшей архитектуре и в архитектуре архаического народного жилища. Многослойные ограждающие конструкции в работе описаны как совокупность архитектурного, структурного и технологического начала, ставшего ключевым стилистическим аспектом новейшей архитектуры. Установлена эволюция развития многослойных ограждающих конструкций от единой монолитной структуры к многослойности и обратно в единую структуру (из одной фасадной плоскости в пространство и обратно в плоскость).

Ключевые слова: архитектурные ограждающие конструкции, многослойные фасадные системы, современная архитектура, архаическое народное жилище, глина, земля, дерево, солома

Для цитирования: Двойнева Е.П. Многослойные ограждающие фасадные конструкции на основе природных строительных материалов // Architecture and Modern Information Technologies. 2025. № 3(72). С. 52-64. URL: https://marhi.ru/AMIT/2025/3kvart25/PDF/03_dvoineva.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-52-64 EDN: CMJVNY

THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE

Original article

Multilayer enclosing facade structures based on natural building materials**Elena P. Dvoineva¹**Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia
ptahalena1997@mail.ru

Abstract. The article discusses various types of multilayer enclosing structures of buildings and structures based on simple natural building materials: clay, wood, earth and straw. The categories of layers of multilayer facade systems according to the function of the structure are formulated and described. The general types of multilayer enclosing systems are highlighted and examples of their application in architectural projects of the 21st century and in archaic folk housing are

¹ © Двойнева Е.П., 2025

given. The differences in the design of systems of multilayer enclosing structures similar in the method of formation and operation in the latest architecture and in the architecture of the archaic folk dwelling are analyzed. Multilayer enclosing structures are described in the work as a combination of architectural, structural and technological principles that have become a key stylistic aspect of modern architecture. The evolution of the development of multilayer enclosing structures from a single monolithic structure to multilayered and back to a single structure (from one facade plane to space and back to the plane) has been established.

Keywords: architectural enclosing structures, multilayer facade systems, modern architecture, archaic folk dwelling, clay, earth, wood, straw

For citation: Dvoineva E.P. Multilayer enclosing facade structures based on natural building materials. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2025, no. 3(72), pp. 52-64.

Available at: https://marhi.ru/AMIT/2025/3kvart25/PDF/03_dvoineva.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-52-64 EDN: CMJVNY

Введение

Тема многослойных ограждающих конструкций в архитектуре активно развивается в конце XIX – в начале XX века. В этот период формируется тенденция к разделению фасадных систем зданий и сооружений на слои. Под слоями в настоящей статье подразумеваются элементы ограждающих конструкций архитектурного объекта, различные по функции: внешняя оболочка, выполняющая роль границы (ограждающий слой); несущий остов на основе стеновой или каркасной конструкции (конструктивный слой); теплоизоляция, звукоизоляция (представленные заполнением или пустотелой прослойкой), гидроизоляция (технический слой); облицовка фасада или орнаментальные мотивы (декоративный слой) и другие.

Такой способ построения ограждающей системы здания дает толчок к появлению уникальных видов многослойных конструкций, получивших повсеместное распространение в современной архитектуре и являющихся ее характерной чертой. Описанная выше классификация слоев предложена автором и основана на анализе избранных проектов таких архитекторов, как Жюль Сольнье, Джон Рут², Луис Генри Салливен³, Антонио Гауди⁴, Фрэнк Ллойд Райт⁵, Ле Корбюзье⁶, Луис Кан⁷, Хироми Фуджи⁸, Ренцо Пьяно⁹,

² Джон Рут и Чарльз Этвуд – авторы проекта «Рилайенс-Билдинг» в Чикаго (1894 г.). Ограждающая система объекта разделена на два слоя: внешний декоративный и ограждающий (стеновая конструкция; разработан оконными проемами до состояния каркаса; орнаментальные построения усиливают впечатление) и внутренний – конструктивный (представлен несущим каркасом).

³ Луис Генр Салливен и Данкмар Адлер – авторы «Уэнрайт-Билдинг» (1890-1891 гг.). Ограждающие конструкции представлены двумя слоями: внешним стеновым (декоративный и ограждающий) и внутренним каркасным (конструктивный).

⁴ Антонио Гауди – автор проектов «Каса-Батльо» и «Каса-Мила», где система ограждающих конструкций представлена в нижних этажах каркасом, переходящим в стеновую конструкцию.

⁵ Фрэнк Ллойд Райт – автор проекта «Дом Эннисов» в г. Лос Фелиз. Ограждающая система объекта имеет двойную структуру и образована двойной стеной и технической прослойкой между ними.

⁶ Ле Корбюзье – автор проекта «Вилла Швоб», где ограждающие конструкции представлены двумя слоями стены, между которыми техническое пространство, где расположены трубы для обеспечения теплорегуляции. Прием получает название «mur neutralisant» – нейтрализующая стена.

⁷ Луис Кан – автор проектов здания парламента в Дакке (Бангладеш) и Библиотеки академии Филлипса в Эксетере, где многослойные ограждающие конструкции формируют серию пространств, фильтрующих световой поток (техническая функция) и образующих функциональное зонирование.

⁸ Хироми Фуджи – автор проекта «Дом Тодороки», который представлен ограждающей системой на основе трехслойной модульной стены.

⁹ Ренцо Пьяно – автор проектов Центра Жоржа Помпиду в Париже и Культурного центра Жана-Мари Тжибау, в которых едва ли не впервые инженерные коммуникации вынесены на фасад во внешнюю прослойку, формирующую структуру и архитектурный облик объекта.

Норман Фостер¹⁰ и других мастеров XIX-XXI веков. В понятие «многослойные ограждающие конструкции зданий и сооружений» в данной работе включаются только фасадные системы архитектурных объектов; иные виды ограждающих конструкций, применяемые в проектировании, производстве, строительстве и ландшафтном дизайне, не рассматриваются. Далее в тексте статьи, описанное выше понятие будет использоваться в сокращенном варианте – «многослойные ограждающие конструкции» – или заменяться синонимичными терминами: «многослойная оболочка», «слоистая фасадная система», «многослойное архитектурное ограждение», «ограждающая система» – для более емкого повествования.

В архитектурных исследованиях конца XX – начала XXI века тема многослойных ограждающих конструкций тесно связана с новейшими тенденциями и направлениями, такими как энергоэффективная, «устойчивая» и «зеленая» архитектура. Стоит упомянуть следующих авторов монографий, включающих слоистые фасадные системы: Д.Х. Бейкер¹¹, М. Бауэр¹², П. Мёсле, М. Сантамурис¹³, А. Станг¹⁴, Д. Стил¹⁵, П. Сабади [1] и другие. В упомянутых выше текстах многослойные ограждающие конструкции больше описываются с технической точки зрения. Менее изученным остается архитектурный аспект. На сегодняшний день можно выделить ряд работ, фокус которых направлен именно на архитектурную составляющую многослойных оболочек и их влияние на облик здания: кандидатские диссертации А.В. Рябова [2] и И.В. Киричкова [3], статья С.А. Дектерева и М.В. Винницкого [4], литературные источники^{16;17;18;19;20} и публикации зарубежных²¹ и отечественных [5, 6] авторов. Ограждающие конструкции в различных видах народного жилища описаны К. Милето, Ф. Вегасом, Л. Гарсия Сориано, В. Кристини²². Значимую роль в структурном построении настоящего исследования сыграла диссертационная работа [7]

¹⁰ Норман Фостер – автор проектов Центра визуального искусства Сэйнсбери и Филологической библиотеки Свободного университета Берлина, где система ограждающих конструкций сформирована двойным каркасом (несущий слой) и прослойкой между с инженерными коммуникациями (технический слой) между ними.

¹¹ Baker G.H. *Design Strategies in Architecture: An Approach to the Analysis of Form*. London: Routledge, 1996. 352 p. ISBN: 978-0419161301

¹² Bauer M. *Green Building: Guidebook for Sustainable Architecture* / M. Bauer, P. Mösle, M. Schwarz. Heidelberg: Springer, 2009. С. 74-104. ISBN: 978-3642006340

¹³ *Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach* / Edited by M. Santamouris. London: Routledge, 2006. 348 p. ISBN: 9780367390518

¹⁴ Stang A. *The Green House: New Directions in Sustainable Architecture* / A. Stang, C. Hawthorne. New York: Princeton Architectural Press, 2005. 196 p. ISBN: 978-1568989501

¹⁵ Steele J. *Sustainable Architecture: Principles, Paradigms, and Case Studies*. New York: McGraw-Hill, 1997. 288 p. ISBN: 978-0070609495

¹⁶ Kengo K. *KENGO KUMA 2013-2020* / Tokyo: ADIA Editor Tokyo, 2020. 276 p. ISBN: 9784871404372

¹⁷ Jodidio P. *Kuma Kengo: Wood: Materiality of Architecture*. Tokyo: TASCHEN, 2021. 274 p. ISBN: 9784866950198

¹⁸ *Genuine Construction. Zhang Pengju's New Regionalism in Inner Mongolia* / edited by Z. Pengju. Zurich: Park Books AG, 2025. 400 p. ISBN: 978-3-03860-415-0

¹⁹ Buhe C. L. *Inner Mongolia Tourism and Culture Series: Yurts Culture*. Hohhot: Inner Mongolia People's Publishing House, 2014. 164 p. ISBN: 978-7204125272

²⁰ Коновалова Н.А. Кенго Кума. Москва: Комсомольская правда, 2018. 72 с. (Великие архитекторы; т. 46). ISBN: 978-5-4470-0174-2

²¹ *3D printing technology with natural materials: an analysis of research and applications focused on the thermal performance of buildings* / L. Carbonari, B.M. Toralles, L.I. Librelotto, M. de B. Filgueiras, T. Giglio // Conference: ENSUS 2024 - XII Encontro de Sustentabilidade em Projeto. 2024. P. 78-88. DOI: 10.29183/2596-237x.ensus2024.v12.n1.p272-280

A review on 3D printing with clay and sawdust/natural fibers: Printability, rheology, properties, and applications / B. Gyawali, R. Haghazad, P. Akula, K. Alba, V. Nasir // *Results in Engineering*. 2024. № 24(14). P. 1-27. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024012799> DOI: 10.1016/j.rineng.2024.103024 (дата обращения: 03.07.2025).

²² *Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future* / edited by C. Mileto, F. Vegas, L. García Soriano, V. Cristini. London: CRC Press, 2014. 804 p. ISBN: 978-1138026827

О.И. Явейна²³, где ограждающие элементы зданий рассматриваются как различные виды функциональных границ архитектурного объекта.

Для данной статьи в качестве объектов анализа были выбраны постройки и проекты, где представлены ограждающие конструкции на основе природных компонентов и строительных материалов, таких как глина, земля, солома. На каждый материал приводится пример его использования сначала в архаическом жилище, затем – в современной архитектуре. Стеновые и каркасные конструкции архаического народного жилища интерпретируются как первые вариации многослойных ограждающих систем зданий. Временной интервал после архаической эпохи и до середины XIX века не рассматривается, так как в этот период главенствующую роль в формообразовании фасадов получают ордерные, пластические и прочие построения, которые не являются предметом изучения в настоящем исследовании. Основные виды многослойных ограждающих систем XIX и XX веков сформулированы и описаны автором ранее в магистерской диссертации «Многослойные ограждающие конструкции в современной архитектуре»²⁴. Слоистые оболочки, стеновые и каркасные системы XXI века впервые выделяются как ключевой стилистический аспект современной архитектуры. Ограждающие конструкции анализируются посредством разбиения на функциональные слои.

Целью статьи является выявление уникальных видов многослойных ограждающих конструкций, их взаимосвязанности друг с другом и принадлежности к плоскостному (развитие в рамках одного единого слоя) или пространственному типу архитектурного ограждения в архаическом народном жилище и в постройках XXI века.

Общая типология расслоения ограждающих конструкций

В общей типологии разделения архитектурных ограждающих конструкций на функциональные слои, составленной автором статьи, выделяются несколько основных видов: полифункциональные ограждающие конструкции, ограждающие системы на основе одного слоя, многослойные ограждающие конструкции, перекрестные ограждающие системы.

Полифункциональные ограждающие конструкции сформированы единым пластом стены и предшествуют расслоению. В упомянутом выше виде фасадной системы все функции ограждения заключены в одной целостной оболочке. Единственным включением в монолитно построенную плоскость стены будут оконные, дверные и технические проемы. Данный вид ограждающих конструкций характерен для архитектурных объектов периода архаики, однако его вариации представлены и в XXI веке в фасадных панелях из инновационных мономатериалов, таких как керамзитобетон, пластик, термопластичные полимеры, и из природных строительных мономатериалов, таких как земля, солома, глина.

Ограждающие архитектурные системы на основе единого слоя образованы слиянием всех конструктивных, декоративных и технических элементов внешней оболочки архитектурного объекта в одной фасадной плоскости. При этом все эти элементы сохраняют собственные границы и выделяются в отдельные подгруппы внутри общего слоя по функции. Примером такого вида ограждающей системы является проект Шоколадной фабрики Менье архитектора Жюля Сольнье в Нуазиле (Франция), 1872 года постройки. В объекте на фасадной плоскости сочетаются стена (несущий и ограждающий слой) и каркас (конструктивный слой), включающие орнаментальные построения (декоративный слой).

Многослойные ограждающие конструкции построены на основе разделения фасадной системы архитектурного объекта на несущие, технические и декоративные слои. Под

²³ О.И. Явейн – руководитель научного направления «Структуральная архитектурология».

²⁴ Двойнева Е.П. Многослойные ограждающие конструкции в современной архитектуре: автореф. дис. ... маг. арх.: 07.04.01 / Двойнева Елена Павловна. Москва, 2023. 19 с.

многослойными понимаются внешние оболочки зданий, имеющие два и более слоя. В описываемом виде ограждающих конструкций один и тот же элемент может повторяться несколько раз и выполнять различные функции. Например, архитектурная оболочка здания может быть сформирована двойной стеной: первый ряд стеновых конструкций будет внешним, ограждающим, несущим слоем, далее будет расположена техническая прослойка и второй ряд стеновых конструкций, составляющий несущую основу объекта. Наряду с этим встречаются многослойные ограждающие системы, где один элемент выполняет сразу «пучок функций».

Наивысшей точкой развития многослойных ограждающих конструкций является период XIX и XX веков, когда в процессе технологической революции появляются новые способы строительства и материалы. До XIX века данный вид конструкций также представлен в стеновых и купольно-кровельных системах, однако не получил такой степени распространения, как в XIX-XX веках. В XXI веке процесс разделения фасадной плоскости здания на слои происходит как на микроуровне (например, ограждающие системы на основе ламинированного стекла), так и на уровне всей конструкции, как в проекте BIQ (англ. Bio Intelligent Quotient) house²⁵, где элементы инженерных коммуникаций вынесены внешним слоем на фасад.

Перекрестные ограждающие системы – новый вид слоистых архитектурных оболочек, появившийся только в XXI веке и имеющий совершенно иное формообразование слоев. Примером перекрестной системы ограждения являются архитектурные объекты, сформированные методом 3D печати. При таком способе строительства наличие слоев является особенностью метода проектирования и возведения конструкции, а не ключевым признаком устройства и работы такой ограждающей системы. Перекрестные ограждающие конструкции возвращаются к единому монолиту стены, характерному для периода архаики. Функциональные слои смещаются во внутреннюю перекрестную структуру, посредством чего возникает монолитное целостное поле архитектурного ограждения.

Ограждающие конструкции на основе природных строительных материалов в архаическом народном жилище

В архаический период обнаруживаются несколько ограждающих систем, построенных с использованием глины или грунта. Единой монолитной оболочкой на основе земли образовано архитектурное ограждение Яодуна. Данный тип архаического жилища является характерным примером полифункционального вида многослойных ограждающих конструкций, предшествующих расслоению. Все несущие, разграничивающие и иные функции заключены в едином массиве стены.

Хогана – разновидность народного жилища индейцев Навахо, где несущий конструктивный остов представлен деревянным каркасом, укрепленным снаружи прослойкой из глины. Пространство между ним и внутренней стеной заполнено землей – дополнительным слоем, защищающим от неблагоприятных погодных воздействий.

Ограждающая система абылайши сформирована на основе деревянного каркаса с внешней прослойкой из шкур. Рассматриваемый тип архаического жилища имеет простую структуру архитектурного ограждения, где разделение на слои происходит в рамках единой оболочки: внешняя теплоизоляционная прослойка и внутренний несущий конструктив.

Многослойное архитектурное ограждение вигвама представлено несущим остовом из двух слоев каркаса и промежуточной оболочки. Первый, внутренний, слой возведен из деревянных опор, формирующих куполообразную форму жилища, и является несущим. Второй, внешний, образован прутьями, прижимающими промежуточную прослойку, и используется как разграничивающий и конструктивный. Пространство между слоями

²⁵ Описание, фотографии и схемы ограждающих конструкций BIQ (англ. Bio Intelligent Quotient) house. URL: <https://www.arup.com/projects/solarleaf/> (дата обращения: 03.07.2025).

заполнено различными материалами природного происхождения, такими как кора, тростник, шкуры, трава, ткань и другое. Они образуют подобие стены-оболочки, которая выполняет функции теплоизоляции, звукоизоляции, гидроизоляции и фильтрации света. В описываемом примере превалирует каркасная система, стеновая конструкция используется только в качестве несущей оболочки.

Ограждающая система юрты сформирована двойным каркасом и мягким покрытием сверху. Как юрта, так и абылайша (походный или временный вариант юрты) имеют различные вариации устройства конструкций оболочки – на основе одного (описано выше) или двух несущих слоев. В многослойном варианте жилища два несущих слоя: первый, внутренний, образован вертикальными опорами, поддерживающими крышу; второй, внешний, представлен деревянными конструкциями из балок, поставленных крест-накрест по внутреннему периметру дома. Сверху каркас дублируется мягкой оболочкой из шкур, войлока и ткани – ограждающим, декоративным, теплоизоляционным, гидроизоляционным и звукоизоляционным слоем.

Слоистую фасадную систему Ариша образуют внешний слой несущего каркаса и внутренний слой стены из соломы, стеблей и пальмовых листьев, обеспечивающий светофильтрационную и вентиляционную функцию.

Новейшие ограждающие конструкции на основе глины

*Жилой дом TECLA. Mario Cucinella Architects*²⁶. Проект TECLA архитектурного бюро Mario Cucinella Architects реализован посредством 3D-печати (рис. 1). В качестве материала для внешних ограждающих конструкций выбрана глина, что дает ряд важных преимуществ: состав земляной смеси отвечает местным климатическим условиям и позволяет использовать строительные компоненты, полученные непосредственно на месте возведения объекта. Заполнение оболочки здания параметрически оптимизировано для баланса тепловой массы, изоляции и вентиляции в соответствии с погодными особенностями региона. Жилой дом TECLA имеет перекрестную слоистую ограждающую систему, где внешние фасадные конструкции построены послойным наложением материала, имитируя подобие каркаса. Слои 3D-печати из глины являются несущими, ограждающими и декоративными одновременно; пространство между ними – техническими пустотами.

*Башня жизни в Дакаре*²⁷, Сенегал. Архитектурное бюро BAD (Built by Associative Data). В проекте²⁸ представлена многослойная система ограждения: глиняная оболочка – лишь внешняя прослойка, выполняющая ограждающую и декоративную функции, слой несущих каркасных конструкций расположен под ней (рис. 1). В этом примере происходит совмещение двух видов ограждающих систем – перекрестной и многослойной. Однако преобладающим видом является перекрестная ограждающая система, так как именно в ней заключены все основополагающие идеи и элементы проекта.

²⁶ Описание Жилого дома TECLA на официальном сайте архитектурного бюро Mario Cucinella Architects. URL: <https://www.mcarchitects.it/en/projects/tecla-technology-and-clay> (дата обращения: 03.07.2025).

²⁷ Статья с описанием Башня жизни в Дакаре, архитектурного бюро BAD: Iype J. The Tower of Life by BAD grows as an empathetic, self-sustaining tower in Senegal // STIRworld. 2022. URL: <https://www.stirworld.com/see-features-the-tower-of-life-by-bad-grows-as-an-empathetic-self-sustaining-tower-in-senegal> (дата обращения: 03.07.2025).

²⁸ Tower of Life in Dakar, Senegal. Публикация о проекте на официальном сайте бюро Architectural Bureau BAD (Built by Associative Data). URL: <https://www.builtbyassociativedata.com/corporate/tower-of-life> (дата обращения: 03.07.2025).



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Примеры объектов новейшей архитектуры, где ограждающие конструкции сформированы на основе глины: а) жилой дом TECLA, архитектурное бюро Mario Cucinella Architects, общий вид; б) фрагмент ограждающих конструкций жилого дома TECLA; в) башня жизни в Дакаре, Сенегал, архитектурное бюро BAD, общий вид; г) фрагмент ограждающих конструкций Башни жизни в Дакаре, Сенегал

Новейшие ограждающие конструкции на основе дерева

Станция обслуживания пастбищ в степи. Архитектурное бюро Ger Atelier и архитектурное бюро Inner Mongolia Grand Architectural Design²⁹.

Китайское архитектурное бюро Inner Mongolia Grand Architectural Design разработало несколько видов фасадных систем для ряда типовых проектов, расположенных на территории Внутренней Монголии. Станция обслуживания пастбищ в степи имеет стержневую модульную систему ограждения на основе многослойного каркаса, в котором послойное наложение конструкций друг на друга применяется с целью перекрытия больших пространств. Внешняя оболочка объекта сформирована из интерьерных панелей, уложенных поверх несущего остова, теплоизоляционной и водонепроницаемой прослойки, дополнительного слоя балок и опор и облицовочного слоя. Фасадные системы, схожие по устройству с описанным выше видом ограждающих конструкций, применяются в таких типах архаического народного жилища, как абылайша (слой каркаса и техническая прослойка), вигвам (двойной каркас и техническая прослойка) и традиционная монгольская юрта (двойной каркас и двойная техническая прослойка), однако имеют более простую слоистую структуру. В проекте архитектурного бюро Inner Mongolia Grand Architectural

²⁹ Описание, фотографии и схемы ограждающих конструкций Центра сообщества пастбищ Чжэнсянбайци архитектурного бюро Inner Mongolian Grand Architecture Design и архитектурного бюро Ger Atelier. URL: <https://www.metalocus.es/en/news/modular-complex-steppe-zhengxiangbaiqi-grassland-community-center-ger-atelier> (дата обращения: 03.07.2025).

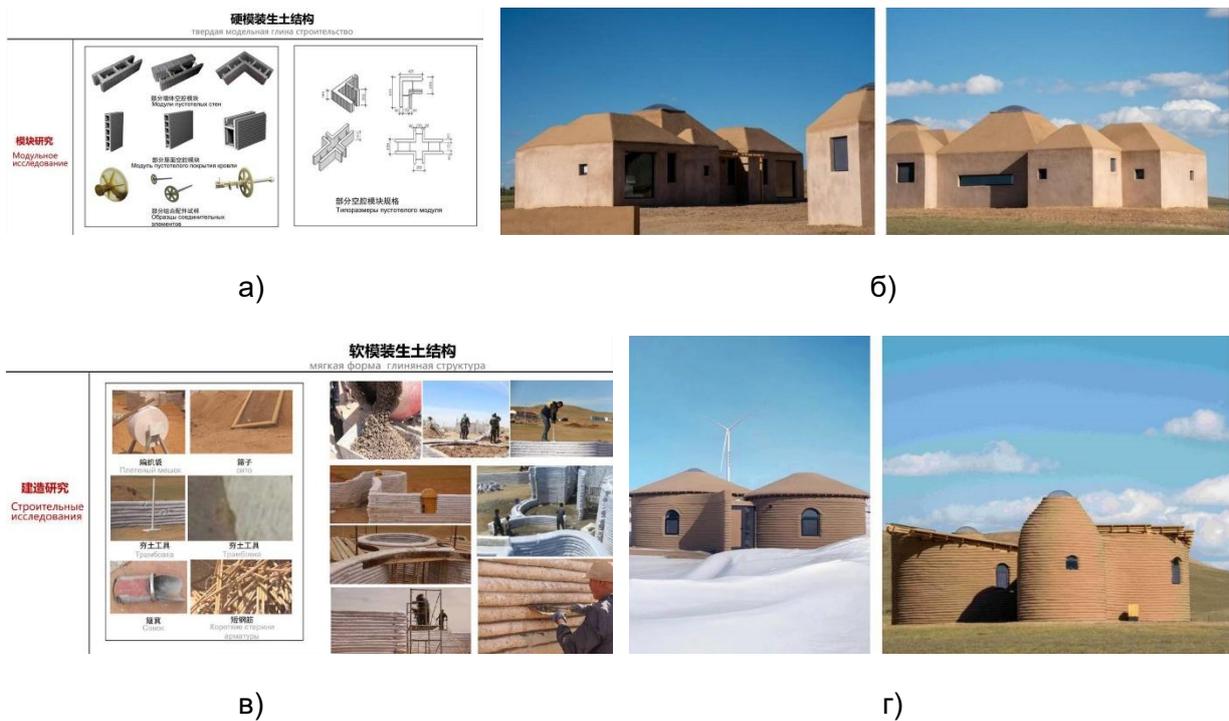


Рис. 3. Два способа формирования многослойных ограждающих конструкций из грунта в архитектурной практике китайского бюро Inner Mongolia Grand Architectural Design: а) схема устройства модульного блока, вид ограждающей системы – «Твердая структура»; б) пример объекта на основе модульного блока («Твердая структура»); в) схема устройства ограждающих конструкций на основе мешков с землей или «Мягкой формы»; г) пример объекта на основе принципа «Мягкая форма»

Еще один вид архитектурного ограждения с использованием грунта – *стена на основе спрессованной почвы*, уложенной послойно. В современной строительной практике подобные конструкции возводятся с применением технологии Rammed Earth³¹. Внешняя оболочка здания из утрамбованной земли формируется следующим образом: во временную опалубку поэтапно закладывается смесь почвы, песка, глины, извести или цемента, каждый слой утрамбовывается, затем опалубка удаляется. Получается единый массив монолитной стены, которая является и несущим, и ограждающим, и декоративным слоями, а также выполняет функцию теплоизоляции, благодаря свойству строительного материала (грунта) медленно поглощать и отдавать тепло, и звукоизоляции за счет большой толщины стен. Подобная технология в современной архитектурной практике применяется в следующих проектах: Mirikina House³² (архитектор José Cubilla), Witklipfontein Eco Lodge³³ (архитектурное бюро GLH Architects), Ovenbird House³⁴ (архитектурное бюро BAUEN), Lung Vai School³⁵ (архитектурное бюро 1+1>2 Architects),

³¹ Техники формирования ограждающих конструкций на основе технологии Rammed Earth. URL: <https://glstrammedearth.com/blog/rammed-earth-construction-techniques/> (дата обращения: 03.07.2025).

³² Mirikina House. URL: https://www.archdaily.com/997096/mirikina-house-jose-cubilla?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 03.07.2025).

³³ Witklipfontein Eco Lodge. URL: https://www.archdaily.com/935202/witklipfontein-eco-lodge-glh-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 03.07.2025).

³⁴ Ovenbird House. URL: https://www.archdaily.com/995441/ovenbird-house-bauen?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 03.07.2025).

³⁵ Lung Vai School. URL: https://www.archdaily.com/1002161/lung-vai-school-1-plus-1-2-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 03.07.2025).

Earth Farmhouse³⁶ (архитектурное бюро Studio Verge), Wood and Rammed Earth Nursery³⁷ (архитектурное бюро Atelier Régis Roudil Architectes), Innovative Lab of Architecture & Art³⁸ (архитектурное бюро CLAB) и другие объекты. Перечисленные постройки относятся к однослойным ограждающим системам со слиянием всех функциональных слоев внутри единой оболочки. Аналогом такой системы в архаический период являются ограждающие конструкции, образованные из монолитного пласта стены в народном жилище яодун.

Новейшие ограждающие конструкции на основе соломы

*Панели Agriboard на основе спрессованной соломы*³⁹. В рассматриваемом примере ограждающая система на основе спрессованной соломы представлена фасадной панелью, заполнение которой изготавливается из пшеницы и рисовых стеблей с добавлением других натуральных компонентов (рис. 4). Процесс создания данной конструкции делится на несколько этапов: измельчение материала, прессование и заполнение им каркасной основы. Ограждающая система, созданная по описанной выше технологии, обладает теплоизоляционными свойствами: благодаря своей структуре материал, с одной стороны, эффективно накапливает и удерживает тепло, а с другой – не пропускает через себя избыточное его количество при нагревании. Этот вид фасадных панелей можно охарактеризовать как однослойный, со слиянием всех функций внутри стеновой конструкции.

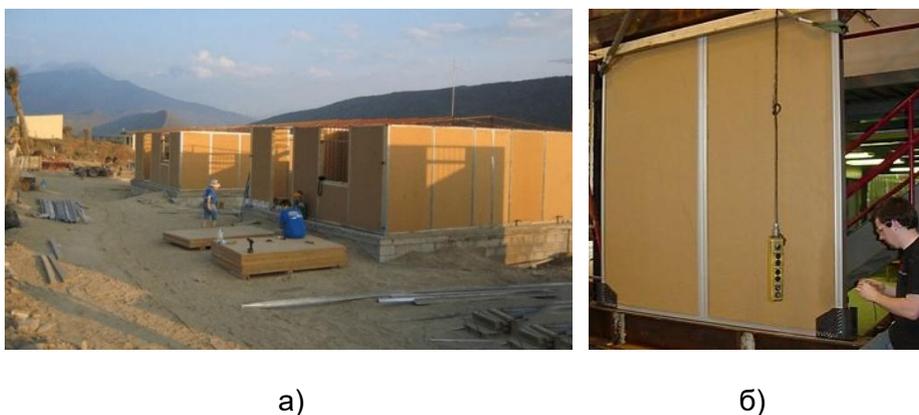


Рис. 4. Панели Agriboard на основе спрессованной соломы: а) процесс возведения объекта на основе панелей; б) общий вид панели

Торговый комплекс Юсухара маркет (Kengo Kuma & Associates). Ограждающая система здания образована тремя различными по функции слоями: внешним слоем, образованным мобильными панелями из соломы, промежуточным слоем – несущим каркасом, и внутренним слоем – стеной (рис. 5). Фасадные панели расположены с небольшим наклоном, что создает техническое пространство между конструкциями. Использование соломы как строительного материала позволяет фильтровать количество солнечного света и не допускать чрезмерного попадания влаги в помещения торгового комплекса. Панели обладают мобильностью для обеспечения притока воздуха во внутренние

³⁶ Earth Farmhouse. URL: https://www.archdaily.com/993236/earth-farmhouse-studio-verge?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 03.07.2025).

³⁷ Wood and Rammed Earth Nursery. URL: https://www.archdaily.com/996902/wood-and-rammed-earth-nursery-atelier-regis-roudil-architectes?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 03.07.2025).

³⁸ Innovative Lab of Architecture & Art. URL: https://www.archdaily.com/1029749/innovative-architecture-designs-recognized-in-a-design-award-2024-2025?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all (дата обращения: 03.07.2025).

³⁹ Официальный сайт Agriboard, производителя панелей на основе спрессованной соломы. URL: <https://www.agriboardgreenbuildingsystems.com/> (дата обращения: 03.07.2025).

пространства архитектурного объекта и вентиляции ограждающих конструкций, что является значимым фактором длительной эксплуатации соломенных и деревянных элементов. Аналогом такого вида ограждения можно считать арабское жилище – Ариш, где в систему ограждающих конструкций встроены вентиляционные шахты в качестве технического слоя. Обе системы ограждения разделены по функциям конструкции на слои.

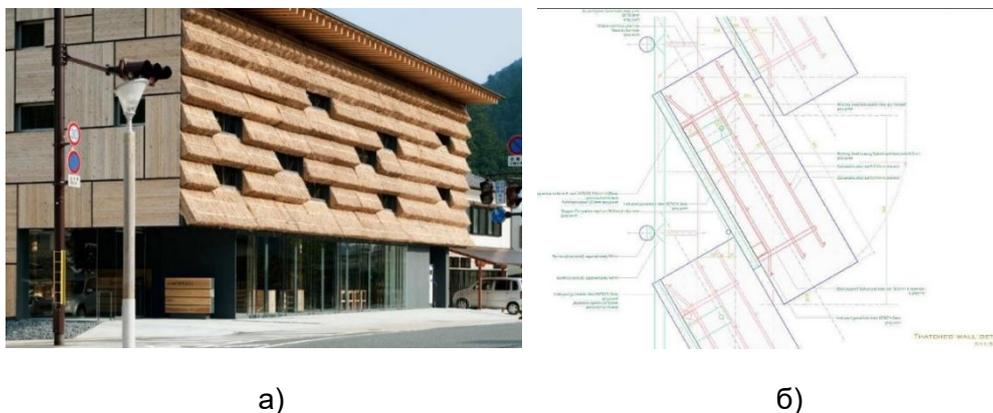


Рис. 5. Юсухара маркет, архитектурное бюро Kengo Kuma & Associates: а) общий вид; б) схема ограждающих конструкций с использованием соломы

Выводы

В рассмотренных выше примерах отображены различные векторы развития многослойных ограждающих конструкций в XXI веке на основе природных строительных материалов, таких как глина, дерево, земля и солома. В современной архитектурной практике применение многослойных фасадных систем часто становится инструментом для формирования нового, оптимизированного способа проектирования и возведения зданий. Разделение на слои внутри архитектурного ограждения происходит не по функции элементов, а по формальному признаку. Отсутствует и иерархия слоев: все компоненты ограждающей системы взаимозаменяемы и равнозначны, что совершенно меняет логику устройства многослойных оболочек. Эти принципы характерны для Жилого дома TECLA (Mario Cucinella Architects) и Башни жизни в Дакаре, где используются новые, появившиеся в XXI веке перекрестные ограждающие системы.

Некоторые виды многослойных оболочек зданий имеют аналоги, которые обнаруживаются в архаический период. Ограждающие системы в проектах архитектурного бюро Inner Mongolia Grand Architectural Design обладают схожей структурой с такими типами народного жилища, как хоган, абылайша, вигвам, юрта. В архаических архитектурных объектах встречаются многослойные фасады, которые превосходят по сложности устройства конструкции современные их вариации. Один природный строительный материал ограждающей системы служит решению всех тех же функциональных и технических задач, что и новейшие мономатериалы со сложным составом и технологией создания. И, в частности, по этой причине в строительной практике XXI века вновь нашли свое применение глина, земля, солома, дерево – одновременно и как некий архитектурный прием, и как технологическое решение. На этапе формирования народного жилища наблюдается разделение архитектурного ограждения по функции на разграничивающие, декоративные и конструктивные слои. Технические слои также применяются и в архаический период: появляются первые прослойки утепления, аналогичные современным теплоизоляционным прослойкам, наклонные стены, отступы и зазоры между конструкциями как элементы вентиляционной системы, используются шумоизоляционные или светопроводящие свойства материалов. Констатируется, что уже в народном жилище многослойность ограждающих конструкций – это сложный симбиоз архитектурного, семиотического, структурного и технического начала.

В процессе исследования выявляется закономерность распространения в тот или иной период определенных форм развития многослойного ограждения. В первых вариациях архаического народного жилища преобладают ограждающие системы на основе целостной оболочки. Разделение на слои происходит внутри единого пласта стены. Далее, по мере развития технологий проектирования и строительства, пик которого приходится на XIX и XX века, формируются фасадные, кровельные и купольные системы на основе пространственного разделения на слои. В архитектуре XXI века, несмотря на то, что виды ограждающих конструкций представлены, в том числе и многослойными вариациями, наблюдается некий возврат к исходным принципам и тяготение к плоскостному развитию ограждения как некой единой, неразделенной структуры (3D-печать, применение мономатериалов и новейших технологий, которые позволяют решать ограждающие, конструктивные, технологические и архитектурно-художественные задачи одним слоем).

Источники иллюстраций

Рис. 1 а) URL: https://www.archdaily.com/956854/round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours/60085c3363c017197d000298-round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours-image?next_project=no (дата обращения: 03.07.2025); б) URL: <https://www.archdaily.com/956854/round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours/602535eff91c81c4f20002c8-round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours-image> (дата обращения: 03.07.2025); в) URL: <https://amazingarchitecture.com/skyscrapers/bad-built-by-associative-data-designs-tower-of-life-in-dakar-senegal#images-11> (дата обращения: 03.07.2025); г) URL: <https://amazingarchitecture.com/skyscrapers/bad-built-by-associative-data-designs-tower-of-life-in-dakar-senegal#images-19> (дата обращения: 03.07.2025).

Рис. 2 а) URL: <https://www.metalocus.es/en/news/modular-complex-steppe-zhengxiangbaiqi-grassland-community-center-ger-atelier> (дата обращения: 03.07.2025); б) URL: <https://www.metalocus.es/en/news/modular-complex-steppe-zhengxiangbaiqi-grassland-community-center-ger-atelier> (дата обращения: 03.07.2025); в) слайд из презентации представителей архитектурного бюро Inner Mongolia Grand Architectural Design, проведенной в Московском архитектурном институте (государственной академии) 24.03.2025.

Рис. 3 а-г) слайд из презентации представителей архитектурного бюро Inner Mongolia Grand Architectural Design, проведенной в Московском архитектурном институте (государственной академии) 24.03.2025.

Рис. 4 а) URL: <https://www.agriboardgreenbuildingsystems.com/?lightbox=datatem-1fvjaazd> (дата обращения: 03.07.2025).

б) URL: <https://www.agriboardgreenbuildingsystems.com/post/let-s-talk-about-testing> (дата обращения: 03.07.2025).

Рис. 5 а) URL: <https://www.archdaily.com/199790/yusuhara-marche-kengo-kuma-associates/5004e39428ba0d4e8d000bdf-yusuhara-marche-kengo-kuma-associates-photo> (дата обращения: 03.07.2025); б) URL: <https://www.archdaily.com/199790/yusuhara-marche-kengo-kuma-associates/5004e39428ba0d4e8d000bdf-yusuhara-marche-kengo-kuma-associates-photo> (дата обращения: 03.07.2025).

Список источников

1. Сабади П.П. Солнечный дом. Москва: Стройиздат, 1981. 113 с.
2. Рябов А.В. Архитектурное формообразование зданий с использованием средств альтернативной энергетики: автореф. дис. ... канд. арх.: 05.23.21 / Рябов Алексей Владиславович. Москва, 2012. 27 с.
3. Киричков И.В. Складчатое формообразование в новейшей архитектуре рубежа XX – XXI веков: автореф. дис. ... канд. арх.: 2.1.11 / Киричков Игорь Владимирович. Нижний Новгород, 2024. 28 с.

4. Дектерев С.А. Инновационное технологическое оборудование в формообразовании современных зданий / С.А. Дектерев, М.В. Винницкий // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2019. №2. С. 32-37. DOI: 10.25628/UNIIP.2019.41.2.006
5. Мальцева Е.В. 3D строительная печать как инструмент формирования методики проектирования актуального современного объекта архитектуры и строительства // Жилищное строительство. 2024. № 8. С. 20-28. URL: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2024-8-20-28> (дата обращения: 03.07.2025).
6. Соловьева А.В. Применение технологии 3D-печати в архитектуре и тенденции развития данного направления в России / А.В. Соловьева, Я.П. Антонова, Т.С. Шумахер // Экономика строительства. 2024. № 6. С. 306-310. URL: <https://repository.rudn.ru/ru/records/article/record/164285/> (дата обращения: 03.07.2025).
7. Явейн О.И. Проблема пространственных границ в архитектуре: автореф. дис. ... канд. арх.: 18.00.01 / Явейн Олег Игоревич. Москва, 1982. 20 с.

References

1. Sabady P.R. *Solnechnyj dom* [The Solar House]. Moscow, 1981, 113 p.
2. Ryabov A.V. *Arhitekturnoe formoobrazovanie zdaniy s ispol'zovaniem sredstv al'ternativnoj energetiki (avtoref. kand. dis.)* [Architectural formation of buildings using alternative energy sources (Cand. Dis. Thesis)]. Moscow, 2012, 27 p.
3. Kirichkov I.V. *Skladchatoe formoobrazovanie v novejshej arhitekture rubezha XX - XXI vekov (avtoref. kand. dis.)* [Folded form-building in the newest architecture of the turn of the 20th - 21st centuries (Cand. Dis. Thesis)]. Nizhny Novgorod, 2024, 28 p.
4. Dekterev S.A., Vinnitsky M.V. [Innovative technological equipment in shaping of contemporary buildings]. Academic Bulletin of UralNIIProekt RAASN, 2019, no. 2, pp. 32-37. DOI: 10.25628/UNIIP.2019.41.2.006
5. Maltseva E.V. 3D Construction Printing as a Tool for Forming the Design Methodology of an Actual Modern Object of Architecture and Construction. Housing construction, 2024, no. 8, pp. 20-28. Available at: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2024-8-20-28>
6. Solovieva A.V., Antonova Ya.P., Schumacher T.S. Application of 3d printing technology in architecture and development trends in this area. Construction Economics, 2024, no. 6, pp. 306-310. Available at: <https://repository.rudn.ru/ru/records/article/record/164285/>
7. Yavein O.I. *Problema prostranstvennyh granic v arhitekture (avtoref. kand. dis.)* [The problem of spatial boundaries in architecture (Cand. Dis)]. Moscow, 1982, 20 p.

ОБ АВТОРЕ

Двойнева Елена Павловна

Аспирант кафедры «Советская и современная зарубежная архитектура», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
ptahalena1997@mail.ru

ABOUT THE AUTHOR

Dvoineva Elena P.

Postgraduate Student of the Department of Soviet and Modern Foreign Architecture, Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia
ptahalena1997@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.07.2025; одобрена после рецензирования 22.09.2025; принята к публикации 25.09.2025.