УДК 693.548.2

Рязанцева С.М.,
студент,
2 курс, факультет «Инженерно-строительный»
Донской Государственный Технический Университет
Россия, г. Ростов-на-Дону

ИСТОРИЯ И ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОРЫВ БЕТОНА

Аннотация: *Статья посвящена эволюции бетона – от древнейших образцов до инновационных разработок XXI века. На основе исторического анализа раскрываются ключевые этапы развития материала: от полов в неолитических поселениях и знаменитого римского бетона с эффектом самовосстановления до изобретения портландцемента, определившего современное строительство. Основное внимание уделяется инновационному материалу – биологическому бетону, разработанному в Политехническом университете Каталонии. Рассмотрены его многослойная структура, принцип работы и комплексные преимущества: способность поддерживать рост микроорганизмов, поглощение CO_2, улучшение теплоизоляции и эстетики фасадов.*

Ключевые слова: *бетон, биобетон, биологический бетон, строительные материалы, экология, живые фасады.*

Annotation: *The article is devoted to the evolution of concrete – from the oldest samples to innovative developments of the 21st century. Based on the historical analysis, the key stages of the material's development are revealed: from floors in Neolithic settlements and the famous Roman concrete with a self-healing effect to the invention of Portland cement, which defined modern construction. The focus is on an innovative material, biological concrete, developed at the Polytechnic University of Catalonia. Its multilayer structure, operating principle*

and complex advantages are considered.: the ability to support the growth of microorganisms, CO_2 absorption, improvement of thermal insulation and aesthetics of facades.

Key words: *concrete, bioconcrete, biological concrete, building materials, ecology, living walls.*

Введение

Бетон, по праву называемый основой современной цивилизации, проделал впечатляющий путь от примитивных смесей неолита до высокотехнологичного композита, который сегодня формирует внешний вид наших городов. Его история отражает развитие инженерных решений, от античных сооружений до современных небоскребов. Однако в наши дни, когда экологические вызовы становятся все более острыми, а города продолжают расти, традиционный бетон все чаще оказывается в центре внимания как часть проблемы. Его производство и применение связаны с колоссальным потреблением ресурсов и значительным негативным воздействием на окружающую среду и здоровье человека. Решением этих проблем становится переход от представления о бетоне как об инертном конструкционном материале к созданию «живых» и многофункциональных систем. Цель настоящей статьи – проанализировать историческую трансформацию бетона и всесторонне изучить новейшую разработку – биологический бетон, способный не только выдерживать нагрузки, но и активно взаимодействовать с природой, улучшая экологическую обстановку, микроклимат и эстетику городских пространств.

История

Наиболее ранний бетон археологи обнаружили при раскопках в поселке Лепенски Вир, Сербия. Его относят к 5600 году до нашей эры. Из такого бетона в одной из хижин был изготовлен пол толщиной 25 см, а замешивали его из гравия и местной извести.

Широкое использование бетон нашел в Древнем Риме, поскольку Италия – вулканическая страна, имеющая легкодоступные компоненты для изготовления бетона. Римляне использовали бетон в массовом строительстве общественных зданий и сооружений, включая Пантеон (рис. 1), купол которого до сих пор является наиболее крупным в мире выполненным из неармированного бетона [1].

Рисунок 1. Пантеон, Рим, Италия

Древнеримский бетон представлял собой композитный материал, состоящий из промытого песка, щебня в качестве наполнителя и связующего вещества. В качестве связующего использовали известь, обогащенную измельченными природными или искусственными керамическими материалами, такими как пуццолан, пемза или кирпич. Компоненты тщательно измельчали, смешивали с песком, добавляли воду до получения однородной пластичной массы, затем вводили щебень и перемешивали. Полученную смесь заливали в опалубку и уплотняли. Соотношение песка и связующего варьировалось в зависимости от назначения [2].

Исследование, опубликованное в журнале Science [3] в 2023 году, объяснило долговечность римского бетона. Установлено, что его производили «горячим методом» при высоких температурах, используя гашеную или негашеную известь. Эта технология позволяла бетону

«самовосстанавливаться»: при появлении трещин и попадании влаги известь заполняла их, повышая прочность. Ранее это ошибочно считалось признаком некачественного замеса. Открытия актуальны для современных строительных технологий.

История современного цемента началась в середине XVIII века с изобретения английского инженера Джона Смитона. Он создал цемент, способный твердеть под водой, используя для этого известняк с примесью глины. Этот материал был применен при строительстве маяка Эддистон (рис. 2) в 1759 году. Следующим важным этапом стало получение Джеймсом Паркером патента на «римский цемент» в 1796 году. Его романцемент, получаемый обжигом смеси глины и извести, считается первой в истории маркой цемента. Смешивая его в нужных пропорциях с гравием, песком и водой, получали бетон. В первой половине XIX века портландцемент, ставший основой современного строительства, был разработан благодаря усилиям множества ученых и инженеров. Джозеф Аспдин запатентовал свой вариант портландцемента в 1824 году, а Исаак Чарльз Джонсон усовершенствовал его в 1844 году. Отдельно стоит отметить изобретение цементного клинкера Луи Вика в 1817 году. Развитие производства портландцемента шло рука об руку с расширением использования цементных растворов и бетонов в строительстве [1].

Рисунок 2. Маяк Эддистон, Эдистонские скалы, Великобритания

Биологический бетон

В настоящее время строительная промышленность стремительно развивается и растет. В России ежегодно строят огромное количество зданий. В 2024 году было введено 170,8 млн м2 жилой и нежилой недвижимости [4]. Не секрет, что строительство негативно воздействует на окружающую среду. Каждый этап строительства требует много ресурсов, в том числе воды, энергии и материалов, и выделяет большое количество отходов и загрязнений.

Осуществление строительных проектов в населенных пунктах неизбежно влияет на жизнь тех, кто там проживает. Отходы, пыль, шум и другие вредные вещества нередко вызывают различные проблемы: загрязнение воздуха, заболевания дыхательных путей, негативное воздействие на биоразнообразие [5].

Несмотря на тысячелетия прогресса, современный бетон, как и его древние аналоги, остается, по сути, инертным, пассивным материалом. Задача ученых XXI века – наделить его новыми, «активными» функциями, что и привело к появлению концепции биологического бетона.

Исследователи Политехнического Университета Каталонии (Universitat Politècnica de Catalunya) разработали и запатентовали «биологический» бетон, способный поддерживать естественный рост живых организмов (рис. 3, 4). Разработанный материал имеет ряд преимуществ по сравнению с другими решениями по строительству «живых» фасадов.

Рисунок 3. Авиационный культурный центр в аэропорту Барселона-Эль-Прат	***Рисунок 4. Авиационный культурный центр в аэропорту Барселона-Эль-Прат с «живым» фасадом, компьютерная графика***

Внимание было сфокусировано на двух материалах на основе цемента: газобетон на основе портландцемента с уровнем pH около 8 и бетон, где цементирующим материалом является композит на основе фосфата магния – фосфат-цемент, имеющий более кислую среду.

Помимо регулирования pH, для получения биобетона были изменены и другие параметры материала, включая его пористость и шероховатость. Снижение pH (повышение кислотности) и создание особой микрошероховатой поверхности необходимы для создания благоприятных условий для колонизации материала мхами и лишайниками, которые плохо приживаются на щелочной поверхности обычного бетона. В результате был разработан многослойный панельный элемент, состоящий из трех функциональных слоев. Первый слой, контактирующий со стеной, обеспечивает водонепроницаемость, предотвращая повреждения от влаги. Средний слой предназначен для жизнедеятельности биологических организмов и обладает способностью абсорбировать влагу из окружающей среды. Он обладает капиллярной структурой, которая не только удерживает влагу из дождя и тумана, но и постепенно отдает ее микроорганизмам, обеспечивая их жизнедеятельность без дополнительного полива. Внешний слой выполняет функцию обратной гидроизоляции, позволяя воде проникать внутрь и удерживая ее в структуре панели.

Команда ученых разработала инновационный материал, который предлагает комплексные решения для строительства, охватывая экологические, эстетические и теплотехнические аспекты. Одной из ключевых особенностей является его способность к поглощению углекислого газа за счет биологического компонента, что обеспечивает положительный экологический эффект. Помимо этого, панели из биобетона служат эффективным теплоизолятором, помогая поддерживать оптимальную температуру внутри зданий. Их универсальность проявляется и в дизайне: панели могут быть выполнены в различных цветовых решениях и с разнообразными узорами, а также допускают избирательное заселение микроорганизмами для создания уникальных визуальных эффектов. Новый материал открывает возможности и для ландшафтного строительства, позволяя органично интегрировать сооружения в природный ландшафт.

Заключение

Проведенный анализ демонстрирует впечатляющую трансформацию бетона: от его первоначального, практического использования в древние времена до статуса высокотехнологичного материала, способного решать современные комплексные задачи. В то время как древнеримский бетон славился своей долговечностью, а появление портландцемента ознаменовало начало эпохи массового строительства, биобетон открывает совершенно новую главу. Этот инновационный материал объединяет последние достижения в науке о материалах с принципами биофильного дизайна, превращая здания из статичных сооружений в живые, взаимодействующие элементы экосистемы.

Разработанный каталонскими учеными многослойный материал, способный поддерживать рост биологических организмов, демонстрирует практический путь к снижению углеродного следа строительства, естественной терморегуляции зданий и повышению биоразнообразия в городах. Таким образом, биобетон выходит за рамки простого строительного

элемента, представляя собой новую философию устойчивого развития, где технологии гармонично сочетаются с природой. Его применение позволит строить более экологичные, красивые и комфортные города будущего.

Использованные источники:

1. Свободная интернет-энциклопедия «Википедия»: Бетон [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Бетон
2. Свободная интернет-энциклопедия «Википедия»: Римский бетон [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Римский_бетон
3. Журнал Science Advances [Электронный ресурс] URL: https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.add1602
4. Свободная интернет-энциклопедия «Википедия»: Строительство в России [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Строительство_в_России
5. Сайт ООО «Центр экспертизы и проектирования» [Электронный ресурс] URL: https://cepspb.ru/poleznaya-informaciya/negativnoe-vozdejstvie-stroitelstva-na-okruzhayushhuyu-sredu.html