

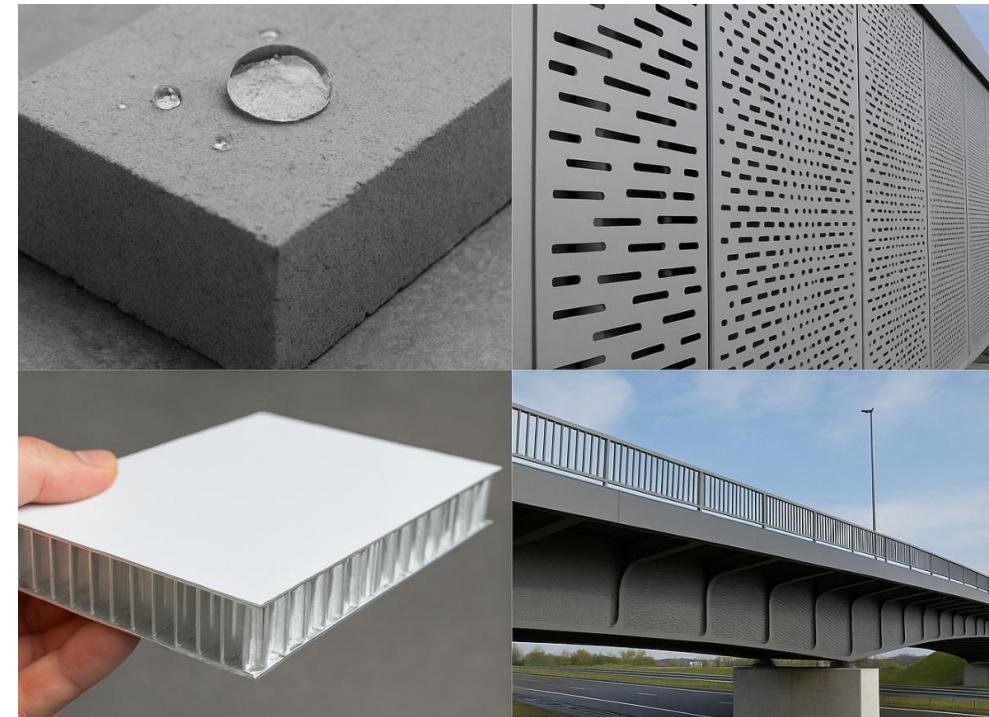
Лекция-10

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ИНФРАСТРУКТУРЫ

СУПЕРГИДРОФОБНЫЕ, КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ, ЛЁГКИЕ КОМПОЗИТЫ

**PHY2782 - Современные проблемы наук о
материалах и процессах**

Преподаватель: Керимкулова Алмагуль Рыскуловна





Введение

- Современная строительная отрасль переживает этап глубоких технологических преобразований, связанных с внедрением инновационных материалов и высокоэффективных конструкционных решений. Требования к долговечности, энергоэффективности и экологической устойчивости инженерных сооружений постоянно возрастают, что делает развитие **новых поколений строительных материалов** стратегически важным направлением научных исследований.
- Особое внимание уделяется созданию материалов с **низкой плотностью, высокой прочностью, устойчивостью к воздействию влаги, агрессивных сред и температурных колебаний**. Ведущими тенденциями являются применение **лёгких композитов**, разработка **супергидрофобных и коррозионностойких покрытий**, а также использование **нанотехнологий** для модификации поверхности и структуры веществ.
- Эти инновационные решения обеспечивают не только повышение эксплуатационных характеристик зданий и инфраструктурных объектов, но и снижение их углеродного следа, увеличение срока службы и сокращение затрат на обслуживание. Таким образом, развитие современных материалов становится основой **устойчивого и «умного» строительства XXI века**.

Роль материаловедения в строительной отрасли

- Материаловедение играет ключевую роль в развитии современной строительной отрасли, определяя качество, надёжность и долговечность инфраструктурных объектов. Именно знания о структуре, свойствах и поведении материалов под действием внешних факторов позволяют создавать инновационные решения, отвечающие требованиям устойчивого и энергоэффективного строительства.
- Современные достижения материаловедения позволяют проектировать вещества **с заданными физико-химическими характеристиками**, которые обеспечивают оптимальное соотношение прочности, плотности и долговечности при минимальной массе конструкции. Благодаря этому разрабатываются **лёгкие композиты, супергидрофобные покрытия и антакоррозионные системы**, значительно повышающие срок службы зданий и инженерных сооружений.
- Кроме того, материалы нового поколения позволяют реализовать концепцию **«умного строительства» (Smart Construction)**, где используется комбинация инновационных материалов, цифрового проектирования и устойчивых технологий. Это обеспечивает не только безопасность и экономичность, но и экологическую ответственность строительства, что особенно актуально для современной урбанизированной среды.



Классификация современных строительных материалов

Современные строительные материалы представляют собой широкий спектр веществ и композиций, различающихся по происхождению, структуре и функциональному назначению. Их классификация основывается на **химическом составе, физико-механических свойствах, технологии получения и области применения**.

Основные категории современных материалов для строительства и инфраструктуры включают:

Традиционные материалы — природные и минеральные (бетон, цемент, стекло, кирпич, сталь), составляющие основу большинства строительных конструкций.

Модифицированные материалы — улучшенные за счёт добавления пластификаторов, нанодобавок и полимерных связующих (высокопрочные бетоны, фибробетоны, армированные смеси).

Композитные материалы — многокомпонентные системы, объединяющие лёгкость, прочность и устойчивость (углеродные, стеклянные, базальтовые композиты).

Функциональные покрытия — тонкие слои с особыми свойствами: антакоррозионные, термостойкие, супергидрофобные, шумопоглощающие.

Интеллектуальные и адаптивные материалы — системы, способные реагировать на внешние воздействия (самовосстанавливающиеся бетоны, терморегулирующие панели).

Эта классификация отражает переход от использования традиционных минеральных материалов к **инженерным и наноструктурированным системам**, способным обеспечить долговечность, энергоэффективность и экологическую устойчивость строительных объектов.



Бетон

- Прочность



Компопокритие

- Супергидрофобность



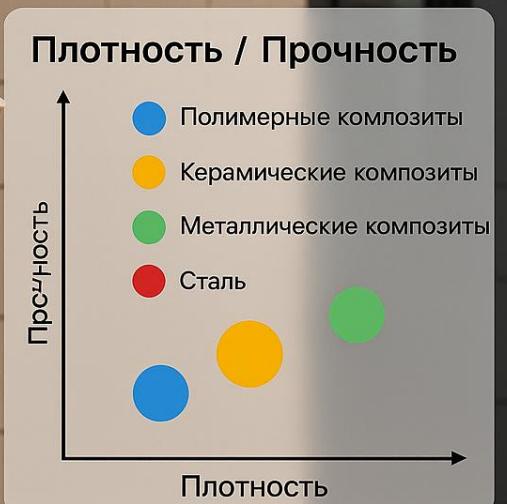
Композит

- Лёгкущее конструкции



Самовосстановление

- Защита от влаги



Лёгкие композитные материалы

- Лёгкие композитные материалы представляют собой многокомпонентные системы, сочетающие в себе **высокую прочность, низкую плотность и устойчивость к внешним воздействиям**. Они состоят из прочной армирующей фазы (волокна, нити, частицы) и связующей матрицы (полимерной, металлической или керамической природы).
- Основное преимущество лёгких композитов заключается в их **высоком удельном показателе прочности** — соотношении прочности к массе, что делает их незаменимыми в строительстве мостов, купольных сооружений, несущих панелей и фасадных систем.
- В зависимости от типа матрицы выделяют:
- Полимерные композиты (FRP)** — наиболее распространённые материалы в строительстве. Они сочетают малый вес, коррозионную стойкость и простоту формования (например, углеродные и стеклопластики).
- Металлические композиты (MMC)** — отличаются повышенной несущей способностью и термостойкостью, применяются в ответственных конструкциях.
- Керамические композиты (CMC)** — обеспечивают высокую жаропрочность и стойкость к эрозии, используются в инженерных покрытиях и огнеупорных панелях.
- В строительстве лёгкие композиты позволяют **сократить массу конструкций на 30–50%**, уменьшить нагрузку на фундамент, повысить сейсмоустойчивость зданий и продлить срок службы сооружений. Благодаря высокой химической и климатической стойкости, они широко применяются при **воздведении мостов, фасадов, резервуаров, градирен и дорожных конструкций**.

Волокнистые и полимерные композиты

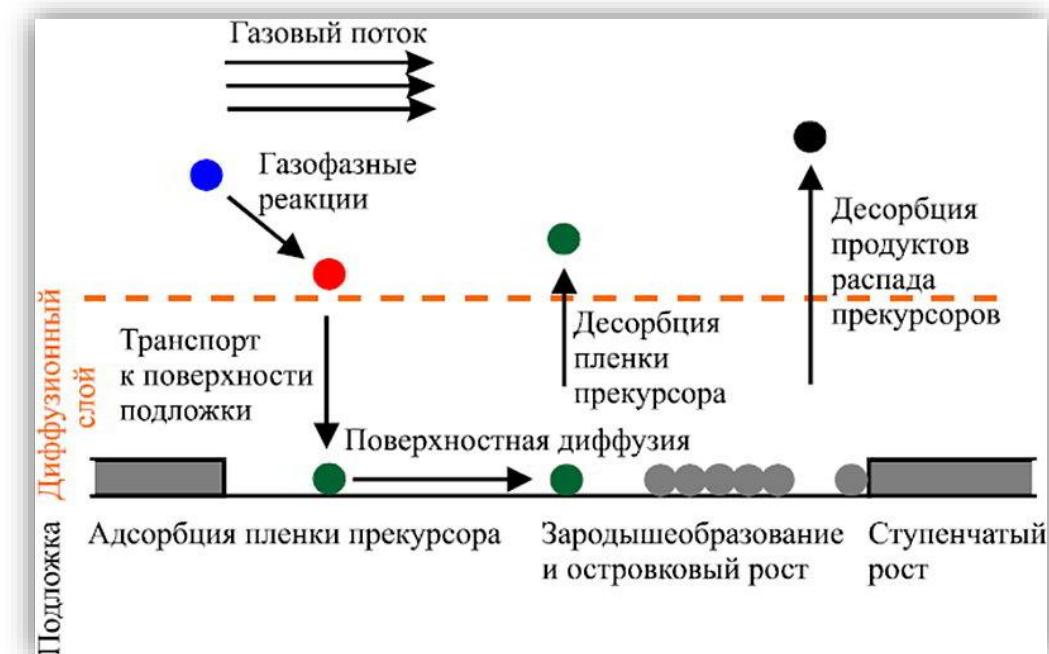
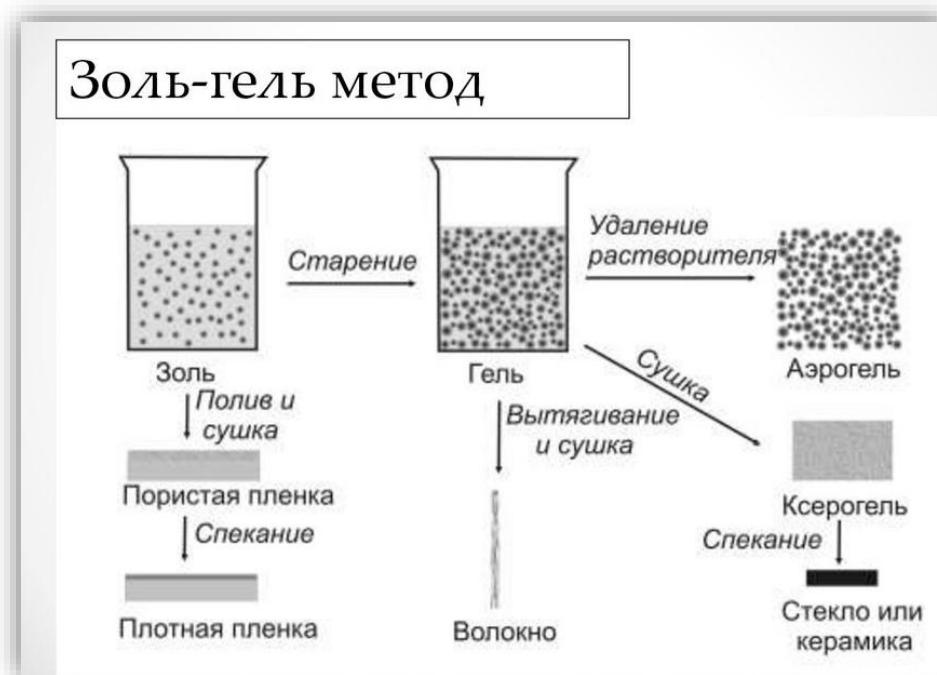
Тип волокна / композита	Основные свойства	Преимущества в строительстве	Примеры применения
Стекловолокно	Средняя прочность, высокая стойкость к влаге и химическим воздействиям	Низкая стоимость, малый вес, хорошие изоляционные свойства	Фасадные панели, оконные профили, армирование бетонных конструкций
Углеродное волокно	Очень высокая прочность и модуль упругости, малая масса	Повышает несущую способность без утяжеления конструкции	Усиление мостов, колонн, балок, железобетонных сооружений
Базальтовое волокно	Термостойкость до 700 °C, устойчивость к агрессивным средам	Экологичность, долговечность, пожаробезопасность	Дорожные покрытия, опоры, элементы тоннелей и мостов
Арамидное волокно	Высокая ударная вязкость, устойчивость к вибрациям и усталости	Повышает надёжность при динамических нагрузках	Защитные оболочки, виброзащитные конструкции
Полимерные композиты	Сочетание лёгкости, прочности и коррозионной стойкости	Простота монтажа, долговечность, низкие эксплуатационные затраты	Мостовые пролёты, панели, резервуары, элементы фасадов

Супергидрофобные материалы: принципы и примеры

Тип материала / покрытия	Основной принцип действия	Ключевые свойства	Применение в строительстве и инфраструктуре
Наноструктурированные покрытия	Формирование микронанорельефа на поверхности, уменьшающего площадь смачивания	Угол смачивания более 150°, самоочищающая способность	Фасадные панели, кровельные покрытия, элементы мостов
Фторполимерные материалы	Низкая поверхностная энергия, отталкивание воды и загрязнений	Гидрофобность, стойкость к ультрафиолету и химии	Наружные отделочные материалы, защитные плёнки и краски
Кремнийорганические соединения	Реакция с поверхностью с образованием водоотталкивающего слоя	Влагостойкость, паропроницаемость, долговечность	Гидроизоляция бетона, камня и кирпича
Металлооксидные наноплёнки (TiO_2 , SiO_2)	Фотоактивные свойства и наноструктура создают эффект самоочищения	Устойчивость к загрязнению, антибактериальные свойства	Окна, фасады, тоннельные покрытия, общественные сооружения
Комбинированные покрытия	Сочетание текстурирования поверхности и химической модификации	Долговечность, высокая износостойкость и защита от влаги	Мостовые конструкции, облицовочные панели, дорожные элементы

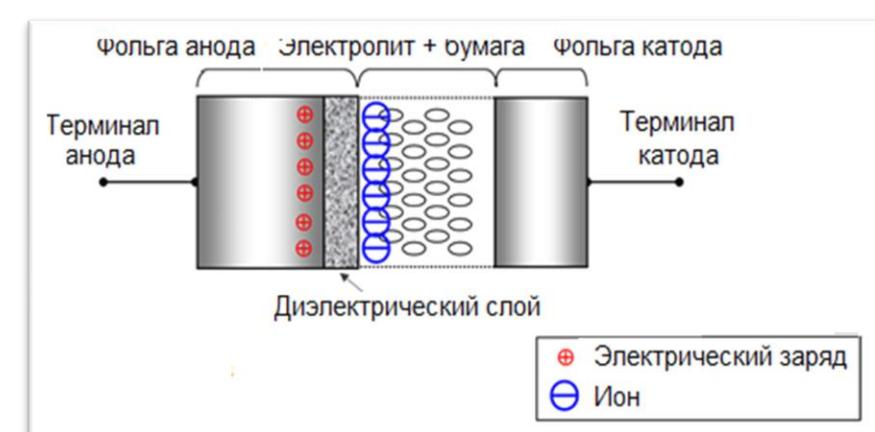
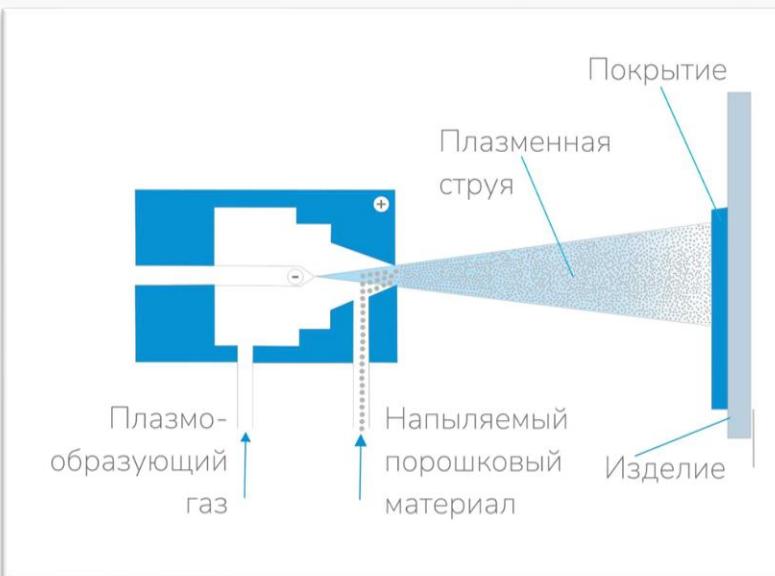
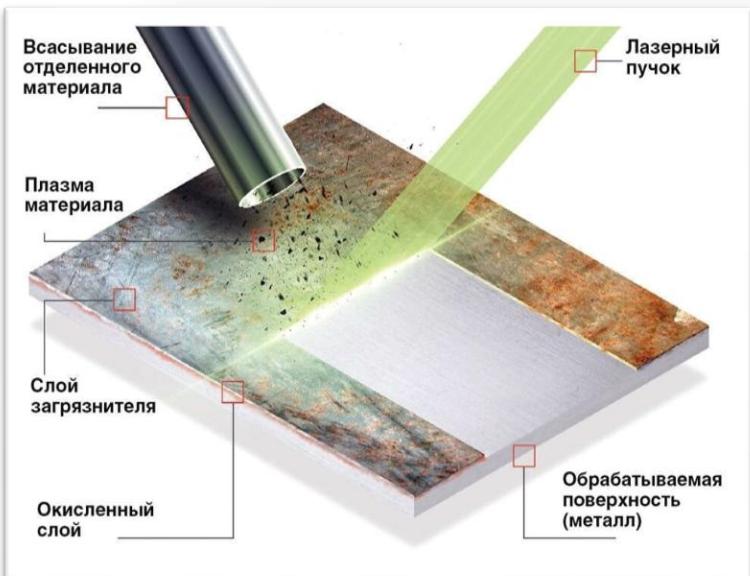
Физико-химические методы (1-2)

№	Метод получения	Принцип действия	Преимущества	Применение
1	Химическое осаждение из паровой фазы	Образование нанорельефа и равномерного гидрофобного слоя на поверхности	Высокая адгезия, точность толщины, долговечность	Металлические и стеклянные конструкции, фасады зданий
2	Сол-гель метод	Формирование оксидной сетки с гидрофобными группами при низких температурах	Простота процесса, возможность нанесения на пористые материалы	Бетон, кирпич, керамика, природный камень



Физико-механические методы (3–5)

№	Метод получения	Принцип действия	Преимущества	Применение
3	Лазерная обработка поверхности	Микротекстурирование, создание рельефа с эффектом "лотоса"	Высокая точность, износостойкость, долговечность	Металл, пластик, инженерные панели
4	Плазменное напыление	Модификация поверхности с внедрением фторсодержащих частиц	Прочное сцепление с основой, устойчивость к химии и УФ	Кровельные материалы, трубопроводы, облицовка
5	Электрохимическое травление	Создание пористой структуры и нанорельефа на металле	Контроль шероховатости и угла смачивания	Арматура, резервуары, мостовые конструкции



Коррозионностойкие материалы и антакоррозионные технологии

Коррозия — одна из главных причин разрушения строительных и инженерных конструкций, сокращающая срок их службы и повышающая эксплуатационные затраты.

Современные антакоррозионные материалы и технологии направлены на **предотвращение окисления металлов**, создание **пассивных защитных плёнок и изоляцию поверхности** от влаги и агрессивных сред.

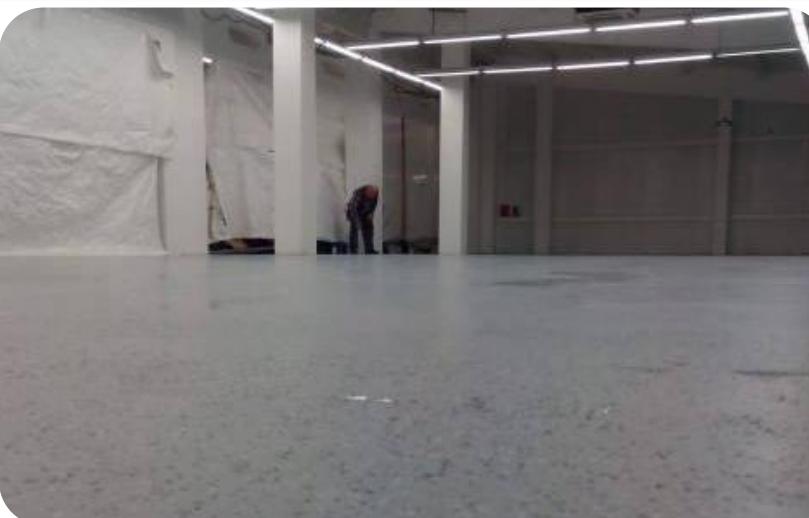
Типы материалов и принципы защиты (1–2)

№	Тип материала / технологии	Принцип действия	Преимущества	Применение
1	Нержавеющие стали и сплавы	Образование пассивной оксидной плёнки при содержании хрома более 12%	Высокая химическая стойкость, долговечность, минимальное обслуживание	Трубопроводы, резервуары, мостовые конструкции
2	Алюминиевые и титановые сплавы	Самопассивация поверхности за счёт плотной оксидной плёнки	Лёгкость, термостойкость, устойчивость к морской среде	Конструкции мостов, фасадов, транспортная инфраструктура



Защитные покрытия и нанотехнологии (3–5)

№	Тип покрытия / метода	Принцип защиты	Преимущества	Применение
3	Цинковые и алюминиевые покрытия	Катодная и барьерная защита металла от влаги	Простота нанесения, ремонтопригодность, низкая стоимость	Металлоконструкции, кровля, арматура
4	Полимерные и эпоксидные покрытия	Изоляция поверхности от кислорода и воды	Гибкость, устойчивость к химии и ультрафиолету	Стальные резервуары, фасады, бетонные элементы
5	Наноструктурированные покрытия (TiO_2 , графен, SiO_2)	Создание плотной наноплёнки с самоочищающими и гидрофобными свойствами	Повышенная стойкость к коррозии, износу и загрязнению	Современные мосты, инженерные сооружения, тоннели



Нанотехнологии в защите строительных конструкций

- Применение нанотехнологий в строительной отрасли открывает новые возможности для повышения **долговечности, коррозионной стойкости и влагонепроницаемости** конструкций. Наноматериалы позволяют создавать покрытия и композиты с уникальными физико-химическими свойствами, обеспечивая **активную защиту поверхности на молекулярном уровне**.

№	Направление	Принцип действия	Результат / Эффект	Примеры применения
1	Нанопокрытия на основе TiO₂ и SiO₂	Формирование самоочищающихся и гидрофобных поверхностей	Уменьшение загрязнения, защита от влаги и ультрафиолета	Фасады, стеклянные поверхности, мостовые элементы
2	Наночастицы ZnO, Al₂O₃, графена	Создание барьераного слоя против окисления и трещинообразования	Повышение анткоррозионной и механической стойкости	Металлоконструкции, резервуары, кровельные материалы
3	Наноструктурированные бетоны	Модификация цементной матрицы наночастицами SiO ₂ и Fe ₂ O ₃	Повышение плотности, морозостойкости и водонепроницаемости	Фундаменты, мостовые опоры, гидротехнические сооружения
4	Нанокомпозиты на основе полимеров	Введениеnanoфаз (глины, углерода) в полимерную основу	Повышенная прочность, износстойкость, гибкость	Полимерные панели, покрытия полов, фасады
5	Нанокапсулированные ингибиторы коррозии	Локализованное высвобождение активных веществ при появлении дефектов	Самовосстановление покрытия, продление срока службы	Антикоррозионные краски и лакокрасочные материалы

Энергоэффективные и «умные» материалы для инфраструктуры

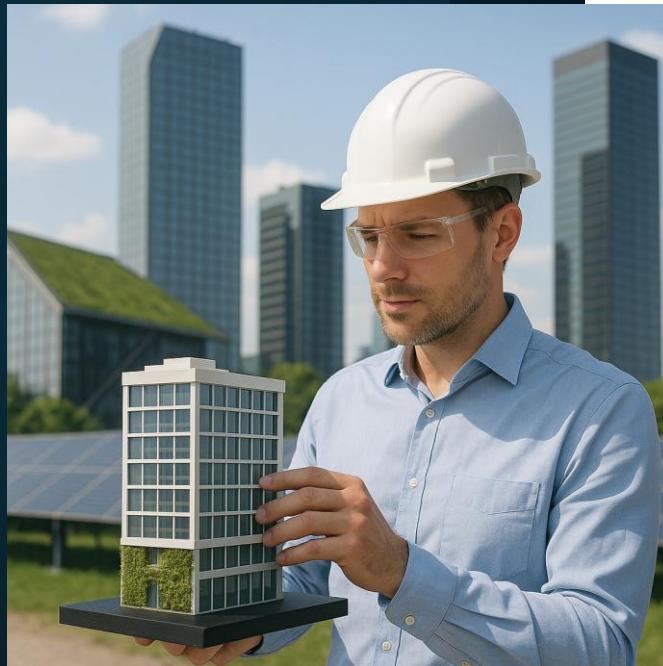
- Современное развитие инфраструктуры направлено на создание **устойчивых, энергосберегающих и адаптивных систем**, способных реагировать на изменения окружающей среды и снижать эксплуатационные затраты. Ведущую роль в этом процессе играют энергоэффективные и интеллектуальные (умные) материалы, объединяющие в себе **механическую прочность, термостабильность и функциональную активность**.
- **Энергоэффективные материалы** применяются для уменьшения теплопотерь, регулирования микроклимата и накопления тепловой энергии. К ним относятся фазопеременные соединения, аккумулирующие тепло при изменении агрегатного состояния, теплоотражающие краски, теплоизоляционные композиты и вакуумные панели. Эти материалы обеспечивают **экономию энергоресурсов до 30–40%** и повышают комфорт в зданиях.
- **Интеллектуальные (“умные”) материалы** обладают способностью **изменять свои свойства** под воздействием температуры, освещения, давления или электрического поля. Наиболее перспективными являются:
 - **электрохромные стёкла**, которые регулируют освещённость и прозрачность помещений;
 - **саморегулирующиеся полимеры**, изменяющие структуру при нагреве или охлаждении;
 - **биомиметические материалы**, имитирующие природные механизмы самоочищения (эффект лотоса).
- Применение таких технологий позволяет формировать концепцию **«умных зданий»** и **«умных городов»**, где материалы становятся активным элементом системы управления энергией и микроклиматом. Это способствует **повышению устойчивости инфраструктуры, снижению углеродного следа** и переходу к энергоэффективной архитектуре нового поколения.

Примеры применения в современном строительстве

- Современные материалы нового поколения активно внедряются в различные направления строительной отрасли и инфраструктурного проектирования. Их применение обеспечивает **повышение долговечности, энергоэффективности и экологической устойчивости** объектов, а также снижает эксплуатационные затраты.
- Одним из наиболее перспективных направлений является использование **лёгких композитов и наномодифицированных бетонов** при возведении мостовых и транспортных сооружений. Такие конструкции отличаются меньшей массой, высокой несущей способностью и стойкостью к вибрационным и климатическим нагрузкам.
- Супергидрофобные покрытия** нашли применение в фасадных системах, кровлях и облицовочных материалах. Благодаря микронано-рельефу их поверхности, вода и загрязнения не задерживаются, что способствует **самоочищению и защите от коррозии**.
- В условиях повышенной влажности и агрессивных сред применяются **антикоррозионные полимерные и нанопокрытия**, обеспечивающие защиту металлических опор, резервуаров и инженерных коммуникаций. Использование **титановых и алюминиевых сплавов** в архитектурных элементах позволяет снизить вес конструкций и повысить их декоративность.
- В «умных» зданиях активно применяются **электрохромные стёкла и фазопеременные материалы**, которые регулируют освещённость и температуру, что обеспечивает **до 40% экономии энергии** на кондиционирование и отопление.



Перспективы развития инновационных строительных материалов



- Развитие строительной отрасли в XXI веке тесно связано с внедрением **инновационных, экологически безопасных и функционально активных материалов**. Главная тенденция — переход от традиционных конструкционных решений к **высокотехнологичным композитам, наноструктурированным покрытиям и интеллектуальным системам**, обеспечивающим устойчивое развитие инфраструктуры.
- Одним из приоритетных направлений является **цифровизация проектирования и материаловедения**, которая позволяет моделировать структуру и свойства материалов на атомном уровне. Использование методов компьютерного моделирования и искусственного интеллекта ускоряет разработку новых составов бетонов, композитов и защитных покрытий с заранее заданными характеристиками.
- Особое внимание уделяется созданию **“умных” и самовосстанавливающихся материалов**, способных реагировать на внешние воздействия и восстанавливать свои свойства после повреждений. Такие системы обеспечат значительное снижение эксплуатационных затрат и продление срока службы конструкций.
- Большой потенциал имеют **нанотехнологии и биомиметические подходы**, основанные на имитации природных структур — например, принципов самоочищения, адаптации к влаге и температуре. Они открывают путь к разработке **супергидрофобных, антикоррозионных и энергоактивных покрытий нового поколения**.
- В перспективе развитие строительных материалов будет определяться концепцией **устойчивого и ресурсосберегающего строительства**, где приоритетами станут:
 - минимизация углеродного следа,
 - возможность вторичной переработки,
 - снижение энергопотребления,
 - интеграция «зелёных» технологий.
- Таким образом, инновационные материалы становятся основой **“умной” архитектуры будущего**, где высокие технологии, экология и функциональность объединяются для создания долговечных и безопасных инфраструктурных систем.

Заключение



Современные материалы для строительной отрасли и инфраструктуры становятся основой **устойчивого и энергоэффективного развития**.

Их внедрение обеспечивает не только повышение прочности и долговечности конструкций, но и сокращение энергопотребления, улучшение экологической безопасности и снижение эксплуатационных затрат.



Использование **лёгких композитов, супергидрофобных и коррозионностойких покрытий** формирует новое поколение строительных систем, способных **саморегулироваться и адаптироваться** к внешним условиям.

Нанотехнологии и интеллектуальные решения превращают строительные объекты в активные элементы «умной» инфраструктуры.



В будущем развитие отрасли будет определяться **цифровизацией, использованием искусственного интеллекта и принципами «зелёных» технологий**, направленных на создание экологически безопасных и функциональных материалов.

Таким образом, инновационные материалы становятся ключевым фактором формирования **устойчивого, энергоэффективного и интеллектуального строительства XXI века**.

Список литературы

- Кузнецов В. Н., Смирнов Ю. И. *Наноматериалы и нанотехнологии: Учебное пособие*. — М.: МИСиС, 2020. — 328 с.
- Гусев А. И., Кудинов В. А. *Современные строительные материалы и технологии*. — М.: Техносфера, 2019. — 412 с.
- Жуматаев А. Б., Касымов Р. Н. *Инновационные материалы в строительстве*. — Алматы: Казахский университет, 2021. — 298 с.
- Ashby M. F., Jones D. R. H. *Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures, Processing and Design*. — Elsevier, 2019. — 450 p.
- Suryanarayana C., Norton M. G. *Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications*. — Cambridge University Press, 2017. — 500 p.
- *Journal of Building Engineering*. — Elsevier, 2023. — Vol. 80.
- *Construction and Building Materials: Advanced Functional Composites and Coatings*. — Elsevier, 2022.
- *Green and Smart Infrastructure Materials Reports*. — Springer, 2023.