

НОВІ БІОРЕЦЕПТИВНІ ДОЛОМІТОВІ БУДІВЕЛЬНИ МАТЕРІАЛИ, ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ БІОБЕТОНІВ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСЬКИХ СПОРУД

Екологічне будівництво набуває все більшої популярності у світі за останні декілька десятиріч. Забруднення повітря у великих містах - це проблема, якою займається сучасне будівництво. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) та інших організацій, одним з параметрів, що впливають на якість життя суспільства, є площа зелених зон на душу населення. Мінімальне значення, прийняте ВООЗ, становить 10 м² зелених насаджень на одного мешканця, але, нажаль, це значення не досягається у переважній більшості урбанізованих регіонів сучасного світу. З метою збільшення зелених насаджень з'явилися системи гідропоніки, зелені дахи, фасади та багато інших складних та дорогих систем, що здатні покращити екологічний стан у містах.

Отже, рішення проблеми збільшення міських зелених насаджень полягає в їх розміщенні на поверхні будівельних конструкцій. У цьому напрямку було розроблено безліч різних технологій, що включають рослинність як оболонку будівлі, такі як зелені стіни або зелені дахи. Однак системи, розроблені до цього часу, мають низку недоліків з погляду розміру витрат на облаштування та обслуговування, низьку інтеграцію зі структурою будівлі, додаткові навантаження на конструкції, обмеження в їх використанні при відновленні та інші. Таким чином, сучасні підходи пропонують нову концепцію рослинної оболонки, в якій деякі з вищезгаданих обмежень можуть бути успішно подолані.

У 1995 році О. Guillitte в [1] вперше запропонував нову концепцію в області екологічних досліджень будівельних матеріалів, яка визначає біорецептивність як властивість матеріалу бути колонізованим живими організмами. Багато будівельних матеріалів схильні до колонізації живими організмами. Ця колонізація викликає зміну кольору і хімічних або фізичних властивостей матеріалів. З кінця 60-х років ці зміни були згруповані під термінами «біодеградація» або «біопошкодження». Останнє, зазвичай, використовується, головним чином, у зв'язку з деградацією матеріалів: у

багатьох спеціалізованих словниках відсутнє слово «біодеградація», яке більш широко застосовується до біологічної деградації речовин або чітко визначених хімічних сполук. Але насправді вторгнення живих організмів в матеріал не обов'язково призводить до фізичної та хімічної деградації, а лише до оборотних змін кольору, які сприймаються по-різному, в залежності від типу конструкції, розташування і людини, що їх вивчає.

Якщо рослини здатні вирости в паростки і вижити протягом деякого часу, можна, вважати, що матеріал є біорецептивним для вищих рослин. Отже, біорецептивність також може бути визначена як сукупність властивостей матеріалу, які сприяють створенню, закріпленню і розвитку флори і/або фауни. Наприклад, в кам'янистих матеріалах це стосується, головним чином, таких властивостей як шорсткість, пористість, вологість і хімічний склад поверхневого шару. Якщо матеріал ще не піддавався колонізації, біорецептивність буде виявлятися тільки у разі появи перших колонізуючих організмів. Допоки властивості матеріалу залишаються дуже наближеними або ідентичними властивостям його вихідного стану, пропонується використовувати термін «первинна біорецептивність» для позначення початкового потенціалу колонізації, характеристики цих властивостей можуть змінюватися з плином часу під дією колонізатора.

Надалі термін «біорецептивність» буде визначатися як здатність матеріалу (або будь-якого іншого неживого об'єкта) бути колонізованим однією або декількома групами живих організмів без необхідності будь-якого біопшкодження. Слово «колонізувати» важливо, оскільки воно вказує на те, що умови для заселення, розвитку і примноження повинні бути виконані і виключають здатність матеріалу приймати живі організми в найкоротший та випадковий час. Це означає, що між матеріалом і колонізуючими організмами існує екологічний зв'язок [1].

Як було зазначено вище, в кам'янистих матеріалах головними біорецептивними властивостями є шорсткість, пористість і хімічний склад поверхневого шару, який визначає рН. Таким чином, ці три властивості визначають біорецептивність кам'янистого матеріалу. Роль шорсткості та пористості відображені у праці S. Manso [2]. Згідно з її дослідженнями, перша стадія природної колонізації заснована на присутності живих організмів у навколишньому середовищі. У цьому випадку необхідний контакт між ними та поверхнею матеріалу, шорсткість якої відіграє важливу роль. Шорсткість матеріалу також важлива для накопичення поживних речовин (наприклад, пилу, що транспортується вітром або краплями води). Після досягнення контакту розвиток живих організмів залежить від кліматичних умов.

Вітер є носієм пилу та інших поживних речовин з навколишнього середовища, які б утримувалися на поверхні матеріалу завдяки вищезазначеній шорсткості. Окрім того, вода також необхідна для розвитку організмів, і це, головним чином, залежить від пористості матеріалу, яка визначатиме вологість матеріалу за рахунок утримання води. Таким чином, рівна або щільна поверхня ускладнює прикріплення організмів, і, як наслідок, виникають проблеми з поживними речовинами і водою для організмів. Отже, пористість і шорсткість - дві найважливіші фізичні властивості матеріалу. Можна визначити дві різні групи пор залежно від їх розміру, що є мікропористістю та макропористістю. Мікропористість може бути змінена за допомогою використання різних співвідношень води до цементу, тоді як макропористість може бути змінена шляхом зміни розміру агрегатів та вмісту цементної пасти.

Роль рН у біорецептивності відображена у праці S. Manso та A. Aguado [3]. Відповідно до їх досліджень вимірювання рН дає необхідну інформацію про стан як живих, так й інертних систем. Що стосується інертних систем, це важливо для вивчення цементних матеріалів. Наприклад, рН має значення при дослідженні процесів твердіння гідралічних в'язучих речовин у цементних матеріалах з низьким рівнем рН та гідралічних сполук як доповнення до інших тестів у діагностиці таких патологій, як декальцифікація. Гідратація цементних матеріалів передбачає послідовність хімічних реакцій між твердими компонентами цементу та водою. Діапазон рН, протягом якого гелі CSH залишаються стабільними, становить від 10,18 до 12,48. Тому рН відіграє ключову роль у хімічній кінетиці цих реакцій і надає важливу інформацію при вивченні їх еволюції під час процесів твердіння. При високому рН, що становить близько 12 і 13, неорганічні забруднювачі осаджуються як нерозчинні гідроксиди, оскільки мінімальна розчинність цих гідроксидів становить від 8 до 11. Однак високоосновні системи не підходять для органічних забруднень, оскільки найбільш ефективний метод їх фіксації вимагає наявності мікроорганізмів, які можуть рости та виживати в межах рН від 5,5 до 8,5, що потрібно для процесів біодеградації. У разі використання портландцементу як матеріалу для виготовлення біопанелей, він утворює високий рН, що робить його непридатним для виживання та підтримки живих організмів.

Ще однією проблемою є підбір живих організмів для зеленого будівництва. Використання дерев, кущів або трав є досить складним, бо вони мають кореневу систему, що руйнує будівельні матеріали, та потребують багато уваги для обслуговування. Тому уявляється вельми перспективною колонізація біорецептивних

матеріалів криптогамами, які на відміну від вищих рослин не руйнують субстрат своїм корінням.

Отже проблема покращення екологічного стану великих міст є однією з головних для сталого розвитку сучасного суспільства. Збільшення урбаністичних регіонів та одночасне зменшення зелених зон, забруднення повітря спричинене збільшенням промислових викидів вимагає нових підходів у вирішенні проблеми збільшення зелених насаджень. Тому велика увага приділяється такому нестандартному підходу вирішення цієї проблеми як озеленення покрівель та створення вертикальних зелених фасадів. Оскільки створення систем зелених фасадів з використанням гідропоніки або складних конструкційних систем є складним та дорогокоштуючим, в останнє десятиріччя набула великої популярності концепція створення біорецептивних будівельних матеріалів, які можуть слугувати безпосереднім субстратом для росту таких живих організмів як криптогами, до яких відносяться: лишайники, мохи та водорості. Біорецептивні будівельні матеріали, що використовувалися до теперішнього часу є дорогими, складними у виробництві та застосуванні і не показали значної ефективності.

Беручи до уваги усе викладене вище, метою нашої роботи є дослідження можливості створення біорецептивних будівельних матеріалів на основі доломітового в'язучого. Інноваційна властивість такого матеріалу полягає в тому, що на його основі можна створити так званий живий бетон, який виступає як природне середовище для росту та розвитку біологічних організмів, а саме певних родів мікроводоростей, лишайників або мохів. Тобто він підтримує та стимулює ріст біологічних організмів безпосередньо на власній поверхні.

Доломітові в'язучі отримують шляхом замішування каустичного доломіту розчином хлориду магнію або природного мінералу бішофіту . Отримання таких в'язучих має низку переваг у порівнянні з традиційним портландцементом: енергетичні (температура випалу каустичного доломіту майже у 2 рази менше, 700 °C та 1400 °C, відповідно); технологічні (однокомпонентність суміші та простота технології); екологічні (присутність бішофіту в матеріалі створює в приміщенні природну іонізацію, атмосферу наближену до умов морського узбережжя).

На основі доломіту Новотроїцького родовища (Донецька обл.) та розчину природного бішофіту Новоподільського родовища (Чернігівська обл.) було отримано високоміцне доломітове в'язуче, яке характеризується наступними властивостями: водоцементне співвідношення 0,42, термін тужавіння (початок 4 год. 20 хв. та кінець

5год.), границя міцності на стиск після однієї доби тверднення сягає 33 МПа, після трьох діб – 71МПа, у віці 28 діб – 96 МПа.

На основі розробленого в'язучого та кварцового Вольського піску розроблено склади доломітової цегли. Визначено, що зразки характеризуються швидким набором міцності : границя міцності на стиск після 3-х діб досягає 21,4 МПа, а кінцева міцність досягає 32,5 МПа. Водопоглинання цегли складає 13,14%. Таким чином, одержані будівельні матеріали не потребують значних енерговитрат на автоклавну обробку або випал у порівнянні з силікатною або клінкерною цеглою, відповідно.

Як зазначалося, біорецептивні властивості кам'яних матеріалів залежать від рН середовища, пористості та шорсткості. Пористість зразків доломітової цегли дорівнює біля 13 %.

Для визначення рН зразків був використаний індикаторний метод із застосуванням кислотно-основних індикаторів та універсального індикаторного паперу рН 0-12. Були застосовані наступні індикатори: фенолфталеїн, тимол синій, тимолфталеїн, алізарин жовтий. Приготування індикаторів відбувалося згідно з ГОСТ 4919.1-77.

Визначення за допомогою індикаторів здійснювалося відповідно до методики [4]. На зачищену поверхню або свіжий злам бетону за допомогою піпетки або крапельниці наносили дистильовану воду. Надлишок води видаляли фільтруючим папером. На зволожене місце піпеткою або крапельницею наносили розчин індикатору із заздалегідь відомим значенням рН, при якому відбувається його забарвлення. Зміна кольору індикатора при визначенні рН, фіксувалася візуально та за допомогою мікроскопа.

Як свідчать отримані результати, індикатор реагує з в'язучим змінюючи своє забарвлення.

Також значення рН було визначене за допомогою стрічки індикаторного паперу. Для цього на поверхню зразка було нанесено декілька крапель дистильованої води, в яку занурювали стрічку індикаторного паперу, який змінив своє забарвлення. Виходячи з кольору стрічки та кольору шкали, ми зробили висновок, що значення рН знаходиться у межах від 8 до 9. Слід зазначити, що порівняння отриманих результатів різних індикаторів, свідчить про велику збіжність. Значення рН середовища знаходиться в межах від 8,3 до 9. Цей показник наближений до значення рН субстрату, який сприяє розвитку криптогам, тобто живих організмів, які можуть бути використані для створення "зелених" фасадів.

Ще однією важливою біорецептивною властивістю є шорсткість, завдяки якій живі організми можуть розповсюджуватися на поверхні матеріалу. В літературі не має відомостей про якісь конкретні значення шорсткості, які необхідні для біорецептивних матеріалів, відомо лише, що з одного боку шорсткість поверхні повинна бути такою, щоби організм міг закріпитися на ній, а з іншого боку – не такою великою, щоб перешкоджати розповсюдженню організмів по поверхні. Шорсткість доломітової цегли вивчалася за допомогою мікроскопу. Виявлено, що вона є достатньою для закріплення та розвитку нижнього коркового шару криптогам, наприклад, ризоїдів мохів.

Внаслідок проведених досліджень виявлено, що доломітова цегла характеризується наявністю біорецептивних властивостей і може стати основою для отримання особливого типу біологічних бетонів, який сприяє росту пігментованих організмів. Такий біобетон можна використовувати для оформлення садів або парків і як екологічно раціональний спосіб гармонізації будівель з навколишнім середовищем. Застосування біобетонів має низку переваг (табл. 1).

Таблиця 1 – Переваги застосування біобетонів

Технологічні	Екологічні	Естетичні
Немає потреби в складних конструкціях із субстратом або систем гідропоніки	Біобетон поглинає вуглекислий газ, завдяки рослинному покриву	Добре поєднується з іншими видами оздоблення
Коріння рослин не руйнують будівель	Знижує вміст CO ₂ в атмосфері, виділяючи при цьому кисень	Широкі можливості для фітодизайну
Біобетон підтримує та стимулює ріст біологічних організмів безпосередньо на власній поверхні	Є біоіндикатором ступеня забруднення та екологічного стану навколишнього середовища	Можливість вибору певних ділянок на фасаді, які підлягають декоративному озелененню

Отже, в умовах щільної забудови сучасних мегаполісів біобетони можуть застосовуватися для вертикального озеленення фасадів будівель сприяючи збереженню зелених зон і відновленню деградованих територій, не займаючи додаткового простору, покращуючи міське середовище, поліпшуючи біорізноманіття, управління зливовими водами, якість повітря і зменшуючи парниковий ефект. Але

таке озеленення має не тільки екологічні аспекти, як форма терапії воно впливає на психологічний стан мешканців.

Література

1. Guillitte. O. Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies / O. Guillitte // The Science of the Total Environment 167 (1995) 215-220
2. Sandra Manso Blanco. Bioreceptivity Optimisation of Concrete Substratum to Stimulate Biological Colonisation: doctoral thesis:06.2014/ Sandra Manso Blanco.- Barcelona, 2014.- 146p.
3. Sandra Manso. A review of sample preparation and its influence on pH determination in concrete samples/ S. Manso, A. Aguado. - B. : Materiales de Construcción 2017.- Vol.- 67.-10p.
4. ОДМ 218.2.044-2014 Рекомендации по выполнению приборных и инструментальных измерений при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах. – Издан 29.07.2014.