

УДК 678.664:691.58

*Лебедев С.В., доктор хім. наук, професор,  
академік НАНУ,  
Савельєв Ю.В., доктор хім. наук, професор  
Коляда В.М., канд. техн. наук,  
Інститут хімії високомолекулярних сполук  
НАН України, Київ*

### **ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОЛІМЕРИ ТА КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА**

Нагальною проблемою сьогодення в будівництві та будівельно-ремонтній галузях є створення нових ефективних, довговічних та економічних полімерних композиційних матеріалів зі спеціальними властивостями для будівництва, ремонту та подовження експлуатаційного ресурсу нових та існуючих будівельних споруд.

З цією метою співробітниками Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України на основі фундаментальних наукових досліджень було створено нові різноманітні за хімічною природою функціональні полімерні та композиційні матеріали, що дозволило та дозволить вирішити цілу низку складних, а в ряді випадків унікальних, проблем з урахуванням потреб будівельної галузі та наявності конкурентних пропозицій закордонних фірм.

Фундаментальні дослідження науковців Інституту в галузі хімічного полімерознавства, що є складовою сучасного матеріалознавства, є актуальними та знаходяться на передових рубежах світової науки та добре відомі вітчизняній і зарубіжній науковій спільноті. Фундаментальні дослідження властивостей рідких сумішей полімерів в області розшарування, проведені в Інституті дозволили зробити відкриття, суть якого полягає у тому, що при переході від однофазного в мікрогетерогенний двофазний стан в системі досягаються екстремальні значення фізико-хімічних параметрів: мінімум в'язкості і максимум термодинамічного потенціалу. Це явище надає можливість корінним чином змінювати структуру і властивості широко відомих полімерних матеріалів додаванням добавок в малій кількості. Розроблені алгоритми модифікації існуючих полімерних композицій малими добавками модифікаторів, за допомогою яких можна регулювати властивості композицій в широких межах. Сформульований науково-обґрунтований підхід до проблеми створення композиційних полімерних матеріалів зі спеціальними властивостями, який передбачає можливість з єдиних позицій розглядати закономірності формування структури та властивостей аморфних полімерів і полімерів, що кристалізуються, оскільки визначальним критерієм є міжмолекулярна взаємодія між частинами цілого, його залежність від міжмолекулярних відстаней і, отже, від структури надмолекулярної організації композита в цілому.

Розроблено наукові принципи створення нового покоління функціональних полімерів як покриттів, стійких до біотичних, абіотичних і техногенних деструктуючих чинників довкілля. Започаткований комплексний підхід до розробки основ системи захисту споруд, конструкцій та людини від руйнівної дії мікроорганізмів. Визначений шлях створення стійких до біокорозії полімерних матеріалів: конструювання макромолекули шляхом введення в її архітектуру елементів і фрагментів, кооперативна дія яких надає біологічної активності; регулювання надмолекулярної організації полімерів; цілеспрямований вибір модифікаторів, здатних до хімічної або фізичної взаємодії з фрагментами макроланцюга.

Розроблений метод створення полімерних матеріалів, стійких до дії ультрафіолетового опромінювання модифікуванням їх хелатним комплексом, здатним переривати гідропероксидний гомоліз та відігравати роль ультрафіолетового абсорбера.

Розроблені теоретичні та практичні аспекти принципово нового підходу до створення полімер-мінеральних композитів, в яких матричною основою (каркасом) є гетерогенні багатофазні середовища з випадковим розподіленням несучільностей (пори, капіляри, тріщини, пустоти), при будь-якому рівні вологості, а заповнювачем несучільностей матриці (каркаса) є полімерні композиції, які взаємодіють з окремими компонентами матриці, включаючи воду, і формують багатокомпонентний композит. Полімермінеральні композити в таких середовищах створюються шляхом контрольованого просочування та омонолічування каркасного середовища (грунти, вироби з бетону, цементно-піщаного розчину, цегли, деревини) високопроникними полімерними композиціями холодного твердіння під дією сил змочування чи зовнішнього тиску.

Теоретичні і експериментальні дослідження дали змогу вперше створити вітчизняну добавку електrolітів комплексної дії, що одночасно підсилює іонну силу розчину та сприяє, в період переходу від рідкого стану до колоїдного, утворенню додаткових кристалогідратів в процесі формування цементного каменю. Цей винахід дав можливість створити склад гідроізоляційної композиції, що синтезує непроникний кристалічний бар'єр у порах і капілярах бетону з метою його поновлення, та надати гідрофізичних властивостей. Вперше використання дисперсних наповнювачів з урахуванням донорноакцепторних властивостей їхньої поверхні уможливило, не змінюючи полімерну основу, отримати ряд матеріалів із різноманітними властивостями, які не були закладені в хімічній природі матриці полімеру.

Комплекс досліджень, який виконано, дав змогу об'єднати теоретичні розробки Інституту у царині створення та виробництва композиційних матеріалів із спеціальними властивостями (гідрофобні, біоцидні, вогнестійкі, високо проникаючі, з високою адгезивною міцністю та ін.) для вирішення різноманітних завдань: гідроізоляції, зміцнення фундаментів та ґрунтів, санації пошкоджених будівельних конструкцій, реставрації пам'яток архітектури.

Розширення асортименту сучасних матеріалів, що використовуються при виготовленні різних конструкцій шляхом склеювання, вимагає розробки нових високоефективних адгезивів, особливо при склеюванні неметалевих поверхонь. При цьому зростають вимоги до збереження високої стабільності їх властивостей в різних умовах: суттєвий перепад температур, агресивні середовища, вібрація, дія випромінювання різної природи та інше. Серед численних наукових розробок Інституту в цьому актуальному напрямі, що знайшли застосування у практиці – це, безперечно, **багатофункціональні клеї та клейові композити**. Перелік цих матеріалів завеликий, лише декілька прикладів.

В стислі терміни була розроблена і реалізована технологія герметизації покрівлі та бокових панелей об'єкту „Укриття” 4-го енергоблоку Чорнобильської атомної електростанції в листопаді-грудні 1986 року. Для герметизації була використана поліуретанова клейова композиція, якою насичували спеціальні пористі мати, що укладались дистанційно на щілини покрівлі; останні в процесі піноутворення та твердіння композиції повністю перекривались та склеювались.

**Клей СТИК-3-8** для склеювання і герметизації металів, гуми, поліуретанів, кераміки, пластиків, деревини, ДСП-плит, ПВХ-плівки, бетону, лінолеуму, шкіри та ін. матеріалів. **Клей СТИК-КАН** для отримання клесварних з'єднань при використанні точкового зварювання через шар клею. **Клей СТИК-8Р** для склеювання різноманітних гумових профілів ущільнювачів.

Для комплексного вирішення проблем санації та захисту будівельних конструкцій розроблено комплекти матеріалів та технологій їх використання, які забезпечують оптимальні умови виконання конкретних робіт.

Особливо слід відзначити ряд **матеріалів будівельної хімії**, які створені вченими Інституту та виготовляються фахівцями ТОВ „Моноліт–полімер”, що функціонує на базі Інституту. Створено і серійно виробляються комплекти спеціальних матеріалів проникаючої, просочуючої, плівко-, гелеутворюючої, в'язучої дії, які можна використовувати за допомогою ін'єкційних, просочуючих, штукатурних, карбувальних та фарбувальних технологій в інженерно-гідрологічних умовах будь-якої складності, серед яких система МОНОЛІТ.КМТ - 18 марок у вигляді рідких полімерних композицій холодного твердіння на поліуретановій та акрилатній основах і рідких добавок до цементних розчинових сумішей.

Ці комплекти матеріалів та технології їх використання дозволяють швидко, ефективно та економічно вирішити найскладніші проблеми в ремонтно-будівельній та аварійно-рятувальній діяльності; зокрема, роботи по створенню комплекту "Моноліт.КМТ", яка була спрямована на подовження ресурсу існуючих споруд.

Свого часу, у 1986-1989 рр., технологія ГЕОПОЛІМЕРКОМПОЗИТ - технологія ін'єкційного хімічного (!) зміцнення слабких та дезінтегрованих ґрунтів, в т.ч. пливуноподібних, дозволила вирішити унікально складну проблему проходки зон тектонічних розламів при будівництві Північнотомського тунелю БАМу, яку не спромоглися вирішити відомі фірми: SOLETANCHE (Франція), VIRT (Німеччина), КОКЕН-БОРЕН (Японія). Технологія була використана також для зміцнення пошкоджених оболонок тунелів в окремих місцях Київського (ст. М. „Петрівка”, 1995; біля ст. М. „Академмістечко”, 2004) Харківського (біля ст. М. „Ринок”, 1988), Дніпропетровського (біля ст. М. „Заводська”, 2008) метрополітенів та шахтах Донбасу без зменшення внутрішніх габаритів тунелю. Технологія ліквідації активних теч воді крізь конструкції підземних споруд була рекомендована до широкого впровадження секцією "Архітектура та будівництво житлово-цивільних будинків і споруд" НТР Міністерства регіонального розвитку і будівництва України (протокол від 02.03.2004 р.).

Просочувально-ін'єкційно-фарбувальна технологія (ПФ-технологія) без руйнівного зміцнення будівельних конструкцій, в яких виникли дефектні зони, з коефіцієнтом відновлення міцності 0,8–1,35 була використана на десятках об'єктів промислового, транспортного, житлово-комунального та спецпризначення, зокрема, для відновлення міцності: театрального комплексу ТОК „Судак”, пошкодженого зсувом ґрунтів; школи дитячого табору „Артек” - довгобуду з 20-річним простоем корпусу; залізобетонних виробів з тріщинами на заводах ЗБК, штукатурних шарів складних форм в „Шоколадному будинку” (Липки, м. Київ), на напівсферичних куполах станції ”Університет” Харківського метрополітену – які почали відокремлюватись від основи; на магістральних електророзподільних підстанціях НЕК "Укренерго", "Донбасобленерго", "Київобленерго" - санація залізобетонних стояків та порталів; при санації цехів промислових підприємств Києва, Донбасу, Дніпропетровська та інших міст.

ПФ-технологія забезпечує імітацію різних матеріалів фасадів по фактурі та кольору: кераміка, майоліка, фарфор тощо. У 1990-91 роках разом з спеціалістами „Укрпроектреставрації” був реанімований скульптурний ансамбль унікальної споруди в м. Києві – дім архітектора Городецького ("дім з химерами"), у 1992-1993 рр. буквально по фрагментам склеїли скульптурну групу „Мельпомена” на портику Одеського оперного театру, зміцнили її основу, а над скульптурою Мельпомени замайорів новий залізобетонний шлейф довжиною у 4,5 м, зроблений по технології "Армоцементполімерконструкція"; відновили керамічно-фаянсовий декор фасадів будинку краєзнавчого музею в м. Полтава, керамічні фасади в м. Києві: Головоштамту, Київської міської адміністрації, Будинку Профспілок, адмінбудівлі по вул. Грінченка, дерев'яні конструкції будівлі "Шоколадний дім", музею гетьманства, вілли "Ксенія" (м. Симеїз, Крим), собору Різдва Богородиці (с. Козелець,

Чернігівської обл.), костюлу Кармелітів (м. Бердичів, Житомирської обл.) та інші.

Технології "ПУМ.ПГЗ-обробка" та "ПУМ.КПП-обробка" широко використані для зміцнення, гідро-, хімзахисту та знепилення бетонних підлог. Реалізація каркасно-просочуючої моделі дала можливість одержати економічне покриття (від 1Є/м<sup>2</sup>). В цілому було оброблено більше 200 000 м<sup>2</sup> підлог промислових підприємств, автопаркінгів, складів. Композиції серії „МОНОЛІТ.3” експонувались на виставці ВДНГ СРСР у 1987 році і одержали бронзові нагороди.

Слід відмітити, що більшість робіт з використанням представлених матеріалів та технологій проводились на великих об'єктах, в т.ч. державної власності, відповідно до результатів тендерів, на яких виставлялись вироби найвідоміших іноземних фірм: Sika, Penetron, Schomburg, Drizzoro, Akwafin, Webac, Ликон тощо. Цей факт разом з позитивними відгуками на якість проведених робіт підтверджує економічну доцільність використання наших матеріалів та технологій у вирішенні складних будівельних проблем.

Дуже важливим напрямом розробок Інституту є створення **герметиків та захисних покриттів**. Декілька прикладів. Створена **Герметизуюча композиція** на основі органічного в'язучого та неорганічного наповнювача, може використовуватись в будівельній промисловості для герметизації стиків і нещільностей як адгезійний прошарок між поверхнями конструкцій з металу, деревини і бетону. Тверднення композиції проводиться водою при температурі 1-35<sup>o</sup>C. Життєздатність наповненої композиції – не менше 2 годин. Полімерна основа у герметичній тарі може зберігатись до 6 місяців, рівноважну міцність матеріал набирає за 2-3 тижні (в залежності від температури і вологості навколишнього середовища). Технічні характеристики: міцність на розрив - 24,0 МПа; відносне подовження - 10%; твердість за Брінелем - 35,0 НВ; усадка - не вище 1,3%; водопоглинання - 0,3%. Перевагами герметичної композиції є:

- підвищена вологостійкість,
- невисока собівартість,
- можливість нанесення на вологу поверхню та використання як водостійкий бетон або гідроізоляція,
- спінювання за необхідністю,
- екологічна безпека,
- відсутність розчинників.

Розроблено високоефективний в процесі експлуатації та технологічний при нанесенні, **герметик** холодного тверднення на основі поліуретанових зв'язуючих "Мастикад УР-21" для використання їх у будівельній індустрії України при зведенні та ремонті житлових та промислових споруд (на замовлення Мінрегіонбуду). Характеристики герметика: здатність шва до деформації - 25-50%; границя міцності на розтяг при розриві - 0,3МПа; відносне подовження при розриві - 485 %; водопоглинання за 24 год. - 0,5%; адгезійна міцність з бетоном - когезійний розрив 0,6 МПа є кращими за показники російського герметика, що застосовується зараз.

З метою вирішення проблеми захисту будівель, споруд, конструкцій від руйнування під дією агресивних факторів навколишнього середовища за допомогою використання поліуретанових композицій створено **поліуретанове захисне покриття** для гідроізоляції, захисту від корозії та дії агресивних факторів навколишнього середовища різного типу поверхонь (бетонних, металевих, дерев'яних та цегли).

Використання полімерних композицій з потрібними властивостями дозволяє створити принципіально нові технології в будівництві, для підтримки у належному стані будівель, споруд, пам'ятників архітектури та ін. Проведені дослідження показали, що використання поліуретанової композиції, зміцнюючої дії, для просочення різного типу бетонних поверхонь дозволяє: а) зменшити стирання бетону в 4-5 разів; б) за рахунок низького

показника водопоглинання практично виключити руйнування бетону від перемінної дії позитивних і негативних температур, що забезпечує тривалість експлуатації залізобетонних конструкцій і споруд без ремонту. Адгезія покриття по бетону - 22 МПа, стирання – 0,04 г/см<sup>2</sup>,  $K_{\text{розтягування}}$  – 400, термін придатності матеріалу (життєздатність) – 12 міс. На відміну від традиційних технологій, які пропонують капітальний ремонт або заміну пошкоджених конструкцій і споруд, проведення ремонтних робіт з використанням системи різних модифікацій захисної поліуретанової композиції дозволить:

- 1) відновити масу пошкоджених залізобетонних конструкцій,
- 2) забезпечити експлуатацію будівель і споруд в умовах динамічних навантажень,
- 3) в декілька разів підвищити корозійну стійкість поверхонь конструкцій або їхніх захисних шарів (штукатурки, шпатлівки, стяжки),
- 4) забезпечити гарантовану експлуатацію об'єктів на протязі не менш 10-15 років після проведення ремонтних робіт.

Поліуретановий полімерний матеріал може мати декілька модифікацій, завдяки яким можливо отримувати матеріал з потрібними властивостями, а саме: фунгіцидний, стійкий до дії ультрафіолету, негорючий. Широкі можливості відкриваються для використання полімерних матеріалів в промислових спорудах, так як полімерні матеріали на основі поліуретанів у всіх модифікаціях водо-, масло-, бензо-, хімоустійкі та стійкі до дії радіації, що дає велику перевагу над подібними матеріалами як зарубіжного так і вітчизняного виробництва. Такі композиції синтезуються на основі сировини вітчизняного виробництва із застосуванням спеціальних модифікаторів.

Останні роки ринок полімерних матеріалів України заповнюється, головним чином, імпортованою продукцією, яка в багатьох випадках не має жодних технологічних переваг перед вітчизняною, але з економічної точки зору більше приваблива для покупця, тому що виготовляється на великих підприємствах у великих обсягах і добре рекламується. Незважаючи на насиченість ринку такими полімерними матеріалами, ІХВС НАН України створює, виробляє і постачає в обмеженій кількості згідно з окремими замовленнями полімерні матеріали спеціального призначення. Багато розробок Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України, створених для практичних потреб, є результатом замовлень різних, в основному, державних установ та підприємств для вирішення конкретних, найчастіше специфічних проблем. На жаль, приватні підприємці в Україні не звикли вкладати гроші в перспективні та навіть нагальні дослідження з метою створення нових матеріалів та технологій. Придбання готового продукту, адаптованого до вирішення проблем, які виникають в їхній практиці може і дасть якийсь результат сьогодні, але завтра він не вартуватиме нічого. Тому потрібні консолідовані зусилля науковців і практиків у проведенні перспективних практично спрямованих розробок в галузі будівельної хімії.

### ЗАГАЛЬНЕ ПОСИЛАННЯ

<http://www.macromol.kiev.ua>