



**КОВАЛІНСЬКА**  
**Тетяна Володимирівна** —  
кандидат технічних наук,  
завідувач сектору радіаційних  
технологій Інституту ядерних  
досліджень НАН України,  
sungel@i.ua

УДК 621.039.003

## **РАДІАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ (РОЗРОБКИ ІНСТИТУТУ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ)**

**За матеріалами наукового повідомлення  
на засіданні Президії НАН України  
8 жовтня 2014 року**

*Наведено основні результати досліджень нових перспективних напрямів застосування радіаційних технологій для отримання матеріалів та виробів з оригінальними властивостями, що поки що недоступно іншими методами. Встановлено шляхи підвищення ефективності радіаційних технологій у традиційних галузях виробництва, визначено перспективи застосування їх для створення нових конструкційних матеріалів, для будівельної індустрії та оперативного контролю за ресурсними показниками критичного обладнання АЕС. Розроблено і випробувано оригінальні способи використання іонів низьких і наднизьких енергій для виробництва високоякісних харчових продуктів.*

**Ключові слова:** радіаційні технології, радіаційна техніка, будівельна індустрія, харчова промисловість, атомна енергетика.

### **Вступ**

Сучасні розробки радіаційних і ядерних технологій Інституту ядерних досліджень (ІЯД) НАН України ґрунтуються на великому попередньому досвіді застосування методів прикладної ядерної фізики в народному господарстві, оскільки Інститут є науковим центром ядерних досліджень з іонізуючою радіацією в діапазоні низьких і середніх енергій — найбільш наближених до потреб сучасного виробництва. За технічною оснащеністю унікальними і дорогими ядерно-фізичними установками ІЯД НАН України не має рівних ні в Україні, ні в більшості країн світу. До доробку вчених Інституту належать: унікальний терапевтичний комплекс нейтронної терапії онкологічних захворювань; оригінальні методики селекції високоврожайних і високобілкових зернових; тривалий досвід реалізації великих

програм для оборонної галузі; унікальні конструкції промислових технічних засобів у галузі радіаційного машинобудування; патентовані технології отримання ізотопів різного призначення та інші численні розробки, важливі для економіки будь-якої розвиненої країни.

Економічні проблеми останніх 20 років внесли певні корективи в плани прикладних робіт ІЯД НАН України, але не припинили їх розвитку. Акцент було перенесено на радіаційні технології, які можна реалізувати із застосуванням більш дешевої радіаційної техніки, основаної на використанні гамма-випромінювання та електронів низької і середньої енергії.

Сучасний етап економічного розвитку характеризується зростанням вимог до науково-технологічного супроводу виробництва з урахуванням базових законів ринкової економіки. Радіаційні технології традиційно належать до переліку актуальних наукомістких методів виробництва, а їх розроблення завжди було вигідним. Для інтенсифікації цього напрямку в Інституті було побудовано і в 2003 р. введено в експлуатацію науково-технологічну радіаційну установку з потужним промисловим прискорювачем електронів середньої енергії 4 МеВ. Ця установка являє собою високовартісну ядерно-фізичну техніку, експлуатація якої потребує відповідного наукового, технічного і економічного підходу. Її унікальність зумовлена цілим комплексом спеціальних технічних пристроїв, що значно розширює можливості для здійснення прикладних досліджень і розробок. Створення цієї установки стало продовженням традицій ІЯД НАН України щодо розроблення променевих технологічних процесів для медицини, сільського господарства, харчової промисловості, органічної хімії, будівельної індустрії.

## Дослідження

З метою ефективного використання накопиченого науково-технічного потенціалу в Інституті проведено комплекс наукових досліджень, створено нові оригінальні методи використання іонізуючої радіації, визначено шляхи по-

дальшого розвитку радіаційної техніки. Головним завданням було створення відповідних наукових і технологічних основ активного використання іонізуючого випромінювання у сучасних виробничих процесах. Причому теоретичні та експериментальні дослідження поєднувалися з натурними випробуваннями розроблених технологій.

Теоретичною основою проведених робіт є радіаційна фізика, радіаційна хімія та деякі результати попередніх досліджень провідних фахівців ІЯД НАН України щодо взаємодії матеріалів з іонізуючим випромінюванням і зарядженими частинками. На підставі теоретичних досліджень створювали моделі перспективних промислових радіаційних процесів, які було покладено в основу нових технологій і перевірено експериментально на радіаційній техніці Інституту. За отриманими результатами було окреслено перелік галузей економіки України, найперспективніших для впровадження радіаційних технологій, та оптимальні шляхи розвитку цього напрямку в Інституті.

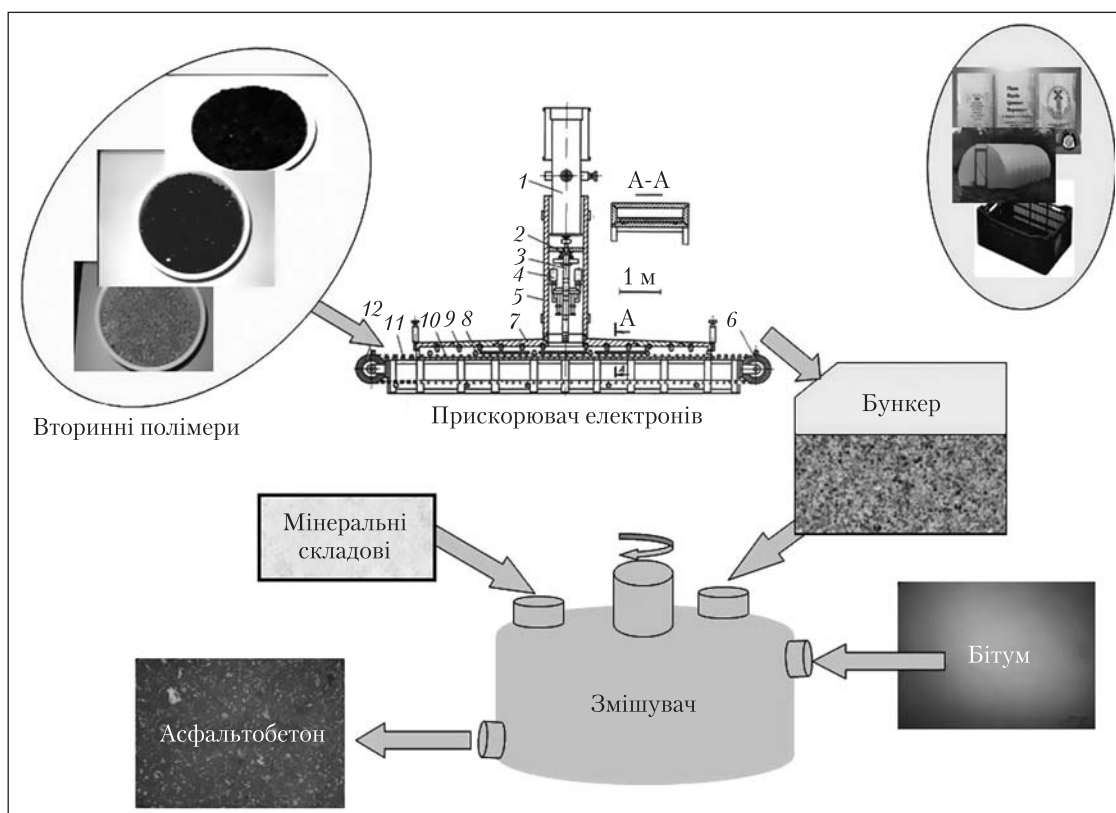
Найактуальнішим і найбільш опрацьованим є проєкт радіаційної технології дорожнього покриття з істотно вищими експлуатаційними характеристиками. Ця технологія забезпечує також утилізацію небезпечних токсичних відходів (відходи фіброматеріалів, вторинні полімери). Вона ґрунтується на властивості іонізуючої радіації здійснювати деструкцію полімерів і надавати цим, зазвичай хімічно нейтральним, матеріалам здатність активно вступати в хімічні реакції й утворювати міцні зв'язки з мінералами та іншими природними компонентами. На цих засадах було розроблено економічно вигідний спосіб виробництва дорожнього покриття нового типу, що характеризується широким діапазоном робочих температур і здатністю еластично поглинати механічні навантаження. Покриття створено на основі звичайного асфальту, але з високим вмістом полімерних гранульованих відходів промисловості та побуту (рис. 1). В цій технології вирішено дві ключові проблеми дорожнього будівництва — здешевлення робіт і подовження термінів міжремонтних періодів.

Водночас запропонована технологія відкриває шлях для розв'язання надзвичайно важливої екологічної проблеми утилізації полімерних відходів і фактично повертає в господарчий обіг мільйони тонн відходів, характерних для сучасної цивілізації. Розроблення нового дорожнього покриття здійснювали з міжнародною участю.

Попередні дослідження, проведені в Україні й Туреччині, підтвердили, що радіація є ефективним інструментом створення оригінальних композицій природного зв'язуючого (бітуму) з нейтральними полімерами. Причому під дією радіації між цими складовими формуються надійні хімічні зв'язки, які іншим шляхом реалізувати не вдається. У результаті отримано новий матеріал з надзвичайно привабливими характеристиками: температурою плавлення понад  $150^{\circ}\text{C}$ , температурою замерзання  $-60^{\circ}\text{C}$ .

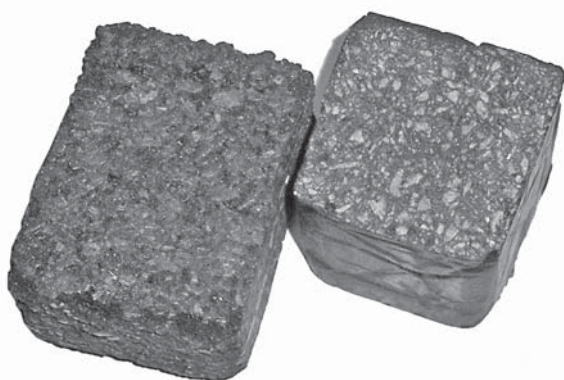
При цьому еластичність матеріалу залишається високою, він не крихкий, успішно витримує великі знакозмінні механічні навантаження.

У співпраці з фахівцями Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України та галузевих установ будівельної галузі одержано оригінальні результати досліджень щодо можливості використання радіаційних технологій для створення нових типів цементуючих систем для поліпшення бетонів і виробів з цього поширеного конструкційного матеріалу. Спираючись на положення радіаційної хімії полімерів і радіаційної фізики, розроблено модель нового процесу радіаційної модифікації бетону та випробувано її відповідно до чинних стандартів будівельної галузі. Виявлено, що іонізуюче випромінювання забезпечує формування композицій мінералів і органіки і дає змогу отримувати матеріали з високою щільніс-



**Рис. 1.** Новий матеріал для дорожнього покриття з полімерних відходів. Схема електронно-променевої активації поверхні гранул

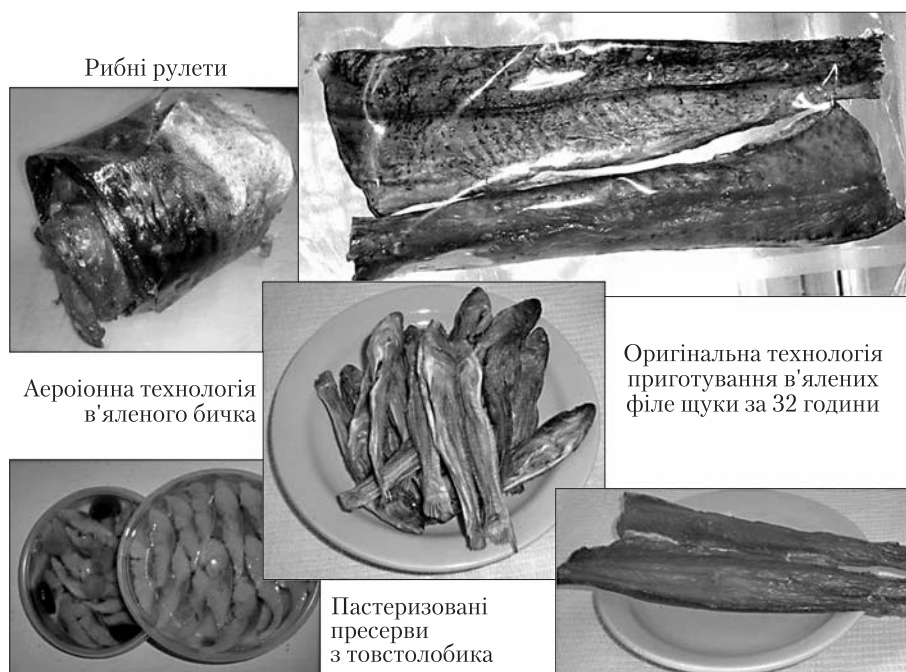
тю (рис. 2). Радіаційно модифікований бетон практично непроникний для води, витримує дію кислот і лугів, у кілька разів міцніший за традиційний. Такі композиції доступні лише із застосуванням радіаційних технологій, що і визначило їх пріоритет, захищений патентами. Створена технологія радіаційної модифікації не потребує великих фінансових затрат і дозволяє, використовуючи відходи хімічних комбінатів, поліпшувати будь-які бетонні матеріали.



**Рис. 2.** Радіаційно модифікований асфальтобетон

Подальшого розвитку в Інституті набув також напрям контролю за станом критичного обладнання АЕС. Підвищення структурної надійності атомної енергетики і подовження термінів понадпроектної експлуатації ядерних блоків є сьогодні одним із найактуальніших завдань. У секторі радіаційних технологій ІЯД НАН України розроблено оригінальну методику здійснення комплексних функціональних радіаційних випробувань обладнання з метою встановлення його залишкового ресурсу. Запропонована методика характеризується в кілька разів меншими затратами часу і ресурсів на випробування і забезпечує отримання необхідної інформації про стан та перспективу подальшого використання обладнання на АЕС.

Ще однією науково-дослідною роботою, виконаною в секторі радіаційних технологій Інституту, є розроблення електрофізичної радіаційної методики дезінфекції готової продукції з риби. Цю методику створювали з метою вирішення нагальних проблем вітчизняних виробників, пов'язаних з використанням імпоротної рибної сировини. Зниження її якості на світо-



**Рис. 3.** Нові аероіонні технології



*Рис. 4.* Солодкий торт з риби

вому ринку призвело до погіршення якості готової продукції та значних втрат від псування сировини. Для подолання цієї проблеми було вирішено скористатися високою селективністю дії іонізуючої радіації на живу й неживу органіку і розробити таку технологію, яка б не впливала на склад продукції, але зменшувала активність патогенної мікрофлори.

За минулі 15 років у ІЯД НАН України вже було створено низку оригінальних технологій високоякісних харчових продуктів, здатних тривалий час зберігатися в умовах додатних температур без будь-яких консервантів. Отримані продукти здобули відзнаки на національних і закордонних виставках. Остання розробка є подальшим розвитком цього науково-технологічного напрямку.

Отже, створено оперативну технологію промислової дезінфекції великих обсягів готової харчової продукції, яка діє лише на мікрофлору і ніяк не позначається на харчових характеристиках. Науковим підґрунтям цього процесу є закони радіобіології. Дослідження, проведені в Інституті харчування МОЗ України та орга-

нах Держсаннагляду, показали, що після радіаційної обробки продукти відповідають вимогам до високоякісної харчової продукції і після 4 місяців зберігання ще мають великий запас стійкості до мікробіального псування.

Зазначені результати стали можливими завдяки тому, що на базі ІЯД НАН України і Національного університету біоресурсів і природокористування України було створено навчально-дослідницький комплекс. Це сприяло залученню до розроблення нових технологій фахівців харчової галузі і водночас уможливило організацію навчального процесу і підготовку кваліфікованих кадрів для поширення радіаційних технологій на виробництві. За короткий період підготовлено групу магістрів, захищено 2 кандидатські дисертації з розроблення технологій харчових продуктів з використанням іонізуючого випромінювання. Творчим доробком цього навчально-дослідницького комплексу є 4 новітні технології перероблення риби, орієнтовані вже не на імпорту, а на вітчизняну рибну сировину. Виконано значний обсяг спеціальних досліджень, опубліковано низку наукових робіт, отримано оригінальні технологічні результати використання низькоенергетичних іонів (рис. 3).

Зараз розпочався перехід до наступного етапу застосування радіаційних технологій для перероблення рибної сировини — створення кондитерських виробів з риби. На рис. 4 наведено лише один із отриманих результатів — солодкий торт, виготовлений з риби, який відповідає всім вимогам до кондитерських виробів. Харчові якості цього продукту вигідно вирізняються повною відсутністю будь-яких хімічних добавок, стабілізаторів та інших небажаних, проте дуже популярних у сучасних виробників синтетичних компонентів.

## Висновки

Проведено комплекс досліджень і випробувань різних методів використання іонізуючої радіації для потреб промислового виробництва. Отримано низку наукових результатів, створе-

но нові технології, розроблено плани подальшого розвитку цього напрямку досліджень.

Аналіз одержаних результатів свідчить про необхідність удосконалення наявного науково-дослідного комплексу ІЯД НАН України і доповнення його новим потужним джерелом низькоенергетичних електронів. Найближчим часом заплановано створення нової потужної радіаційної установки з джерелом електронів 0,4–0,5 МеВ.

З урахуванням нових технічних можливостей у секторі радіаційних технологій ІЯД НАН України передбачено такі науково-технологічні завдання:

- практична реалізація промислового процесу утилізації гранульованих відходів полімерів;
- впровадження технологій утилізації високотоксичних відходів фіброматеріалів при

переробленні автогуми (обсяги таких відходів постійно зростають);

- завершення і практичне випробування технологій кваліфікації та визначення залишкового ресурсу обладнання АЕС з метою підвищення надійності атомної енергетики;
- практичне втілення розробленої в Інституті нової техніки і комбінованої технології знешкодження високоінфікованих стоків тубдиспансерів та інфекційних відділень лікарень, а також комунальних і промислових рідких токсичних стоків.

*Доповідач висловлює глибоку подяку колективу сектору радіаційних технологій Інституту ядерних досліджень НАН України, особливо доктору технічних наук В.І. Сахно, та директору Інституту академіку НАН України І.М. Вишневському.*

*Т.В. Ковалинская*

Институт ядерных исследований Национальной академии наук Украины  
пр. Науки, 47, Киев, 03680, Украина

#### РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ (РАЗРАБОТКИ ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАН УКРАИНЫ)

Приведены основные результаты исследований новых перспективных направлений применения радиационных технологий для получения материалов и изделий с оригинальными свойствами, пока недоступных другими методами. Установлены пути повышения эффективности радиационных технологий в традиционных отраслях производства, определены перспективы применения их для изготовления новых конструкционных материалов, для строительной индустрии и оперативного контроля за ресурсными показателями критического оборудования АЭС. Разработаны и испытаны оригинальные способы использования ионов низких и сверхнизких энергий для производства высококачественных пищевых продуктов.

**Ключевые слова:** радиационные технологии, радиационная техника, строительная индустрия, пищевая промышленность, атомная энергетика.

*T.V. Kovalinska*

Institute for Nuclear Research of National Academy of Sciences of Ukraine  
47 Nauky Pr., Kyiv, 03680, Ukraine

#### RADIATION TECHNOLOGIES IN DIFFERENT BRANCHES OF NATIONAL ECONOMY (DEVELOPMENTS OF INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE)

The materials, presented in this paper, reflect research results of new perspective approaches of using radiation technologies to obtain materials and products with original properties which are not available yet with other methods. The ways of efficiency enhancement of radiation technologies in traditional industry branches are defined, and the perspectives of using them for the production of new construction materials, for building industry and operational control of resource indicators of critical equipment of NPPs are found and tested. The original ways of using low and ultralow energy ions for the production of high quality food are worked out and tested.

**Keywords:** radiation technologies, radiation technique, construction industry, food industry, nuclear energetics.