

УДК 621.039.73(477)31.4

Є.О. Джур, С.А. Божко, А.Ф. Санін, В.В. Хуторний

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА РАДІАЦІЙНО ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ З НИХ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ШКІДЛИВИХ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Використання ракетно-космічних технологій отримання теплозахисних покриттів дозволило розробити способи виготовлення довготривалих засобів захисту, утилізації та поховання шкідливих відходів високотехнологічних виробництв, що дає можливість значно покращити екологічну ситуацію не тільки в Україні, але й в світі. Розроблений спеціальний модифікатор, додавання якого до складу будівельних матеріалів, контейнерів та інших ємностей забезпечує зниження інтенсивності іонізуючого випромінювання. Досліджені властивості нових радіаційно-захисних матеріалів і обґрунтована доцільність їх використання. Проведена порівняльна оцінка існуючих і розроблених контейнерів. Доказано, що нова технологія дозволить значно покращити екологію в зонах АЕС та відчуження, виготовлена експериментальна партія контейнерів, розроблені методики і проведені імітаційні випробування спеціальних контейнерів і експериментальних матеріалів, запропоновані схеми побудови сховищ відходів. Накопичений великий досвід повторного використання транспортно-пускових контейнерів військової техніки для вирішення важливої актуальної задачі поховання в умовах катастрофічного накоплення радіаційно-небезпечних відходів, що склалася в Україні.*

**Ключові слова:** технологія, захисні матеріали, засоби захисту, контейнери

**Вступ.** Сучасна екологічна обстановка в Україні викликає велике занепокоєння, особливо у воєнний час, і обумовлена накопиченням хімічних, радіаційно-активних і інших шкідливих відходів високотехнологічного виробництва. Так, наприклад, виробництво атомної енергії супроводжується накопиченням середньо- та високоактивних радіаційно небезпечних матеріалів, які потребують надійної утилізації та/або захоронення.

**Актуальність проблеми.** На території України накопичилося близько 3 млн кубометрів радіоактивних відходів. Близько 8000 підприємств використовують радіоактивні матеріали, а близько 5500 продовжують їх виробляти. Для їх поховання і транспортування використовуються спеціальні ємності з бетону, вуглецевої сталі, нержавіючої сталі, довговічність яких не перевищує 30 років. Після цього необхідно провести роботи по перепохованню радіоактивних відходів у нових контейнерах та вирішення проблеми захоронення використаних контейнерів. Крім того, актуальною є проблема захоронення радіоактивних відходів (відпрацьованих паливних елементів), повернутих Росією [1].

**Мета роботи.** Дослідити і розробити нові матеріали і технології їх отримання, які б забезпечували захист від іонізаційного випромінювання. Розробити спеціальний модифікатор, який вводиться до складу захисних матеріалів і забезпечує зменшення дози випромінювання при його використанні. Створити багатофазні різномірні матеріали для захисту радіоелектронної

апаратури космічних апаратів від впливу електронних і протонних потоків в космосі [2].

**Результати.** Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара у співпраці з науковими та промисловими організаціями України під керівництвом видатного українського дослідника, лауреата державної премії України професора Євгена Олексійовича Джура розробив групу принципово нових матеріалів і технологій виготовлення контейнерів для зберігання і транспортування низько- і середньо активних відходів I і II груп діяльності за стандартом SPORO-85, засобів колективного та індивідуального захисту персоналу ядерних установок і сховищ. Розробка базується на результатах 3 наукових відкриттів.

Контейнери розраховані на термін придатності не менше 300 років (поглинена доза 10 МГр) без перезавантаження.

За результатами експлуатації виробів в умовах сонячного випромінювання, кисню, підвищеної вологості і забруднення промисловим газом протягом 30 років слідів корозії виявлено не було. Поховання в морській воді протягом п'яти років викликало зниження міцності на розрив і стиск менш ніж на 10%, модуля пружності - менш ніж на 6%. Перебування проб в морській воді протягом року з подальшим висиханням призвело до повного відновлення механічних властивостей.

Збільшення терміну служби дозволить виключити як мінімум 3 дорогі операції перепоховання відходів, на відміну від використання існуючих контейнерів з металів і бетону.

### **1. Контейнери для перевезення та захоронення радіоактивних матеріалів.**

Розроблена технологія виготовлення декількох стандартних типорозмірів тари, яка реалізована в умовах ДП «ВО Південний машинобудівний завод імені А.М. Макарова» (КХС-02, ємністю 200 л (а); КХС-007, ємністю 70 л (б); КХС-1К, місткістю 1 м<sup>3</sup>). Вартість виготовлення таких контейнерів становить \$ 2000, \$ 1800 і \$ 5200 відповідно (розрахунки по цінам 2006р.).



а



б

**Рис.1 Контейнери для перевезення та захоронення радіоактивних матеріалів: а- КХС-02, б- КХС-007.**

**Таблиця 1 Технічні характеристики контейнера КХС-02, та КХС-007**

Місткість, м <sup>3</sup>	0,2; 0.07
Вага, кг	47; 35
Термін експлуатації, років (не менше)	300
Механічні властивості:	
Міцність на розрив, МПа	190-210
Модуль пружності, МПа	2,5×10 <sup>4</sup>
Відноситься. подовження, %	0,6

**Таблиця 2 Захисні характеристики контейнера ХС-02К**

Джерело (енергія, кэВ)	Кратність послабленн я	Масовий коефіцієнт послаблення см <sup>2</sup> /г		
		Композиційний	Сталь	Свинець
<sup>241</sup> Am (60)	10	1,737	1,072	4,241
<sup>137</sup> Cs (661)	1.25	0,0751	0,0529	0,0964

**Таблиця 3 Порівняльна характеристика економічної доцільності**

Матеріал контейне ра	Мод.	Ємніст ь	Перерахунок для зберігання 1 м <sup>3</sup> відходів			Характеристики		
			Кіль- кість	Маса	Ціна	Термін надійног о викорис тання.	Кіль-сть пере- пакувань за 300 р.	Вартість зберігання 1 м <sup>3</sup> за 300 р.*
			м <sup>3</sup>	шт	кг	дол. США	років	раз
Вуглец. сталь	КУ-1	1	1	280	190	8	37,5	7500
Неірж .сталь	КСТА -02	0,2	5	135	910	40	7.5	6825
Бетон- азбест	САСZ 2/3	0,4	2,5	3000	330	20	15	4950
Камінь- бетон	КЗНЦ -09	0,9	1,1	3600	1280	50	6	7680

Залізобетон	КЗНП -2,1	2,1	0,5	4200	360	20	15	5400
Склопласт. модифік.	КХС-02К	0,2	5	250	4780	300	-	4780

\* без урахування вартості перепакування

## 2. Модульні елементи зберігання.

Для довгострокового безпечного зберігання радіоактивних відходів малої та середньої активності по СПОРО-85 розроблений дослідний зразок основного елемента модульного сховища, заснованого на використанні перероблених виробів ракетно-космічної техніки. Радіоактивні відходи в модулі можуть зберігатися в різних умовах в залежності від активності: в невеликих контейнерах, насипом або навалом. Зберігати відходи можна в рідкому вигляді (мул, іонообмінні смоли).

Пропоноване сховище (рис. 2) включає в себе ряд модулів місткістю 42 м<sup>3</sup>. Репозиторій розрахований на термін придатності відходів без перевантаження не менше 300 років. Вартість виготовлення одного модуля в умовах ДП «ВО Південний машинобудівний завод імені А.М. Макарова» становить 20 000 \$ (розрахунки по цінам 2006р.).



Рис.2 Модульні елементи зберігання

### 3. Засоби колективного захисту.

Розроблена технологія виготовлення радіаційно-захисних пластин у вигляді жорстких екранів, щитів, елементів зовнішніх і внутрішніх покриттів, збірних будівельних конструкцій (переходів, тимчасових споруд, стін, рис. 3).

Засоби колективного захисту можуть бути використані при ремонті ядерних установок або ліквідації наслідків аварій, а також при роботі в умовах підвищеного іонізуючого випромінювання (медичний персонал рентгенівських кабінетів, МРТ, лабораторій рентгеноструктурного аналізу та ін.).

Комплексні дослідження властивостей під впливом радіаційних і кліматичних факторів, а також досвід виробництва і застосування скловолокна дозволили встановити, що розроблені технології забезпечують високий рівень механічних властивостей і хімічної стійкості при відносно низькій питомій вазі цих матеріалів. Вартість виготовлення в умовах ДП "ВО Південний машинобудівний завод імені А.М. Макарова" ~ 1000 \$ за 1м<sup>2</sup> (розрахунки по цінам 2006р.).

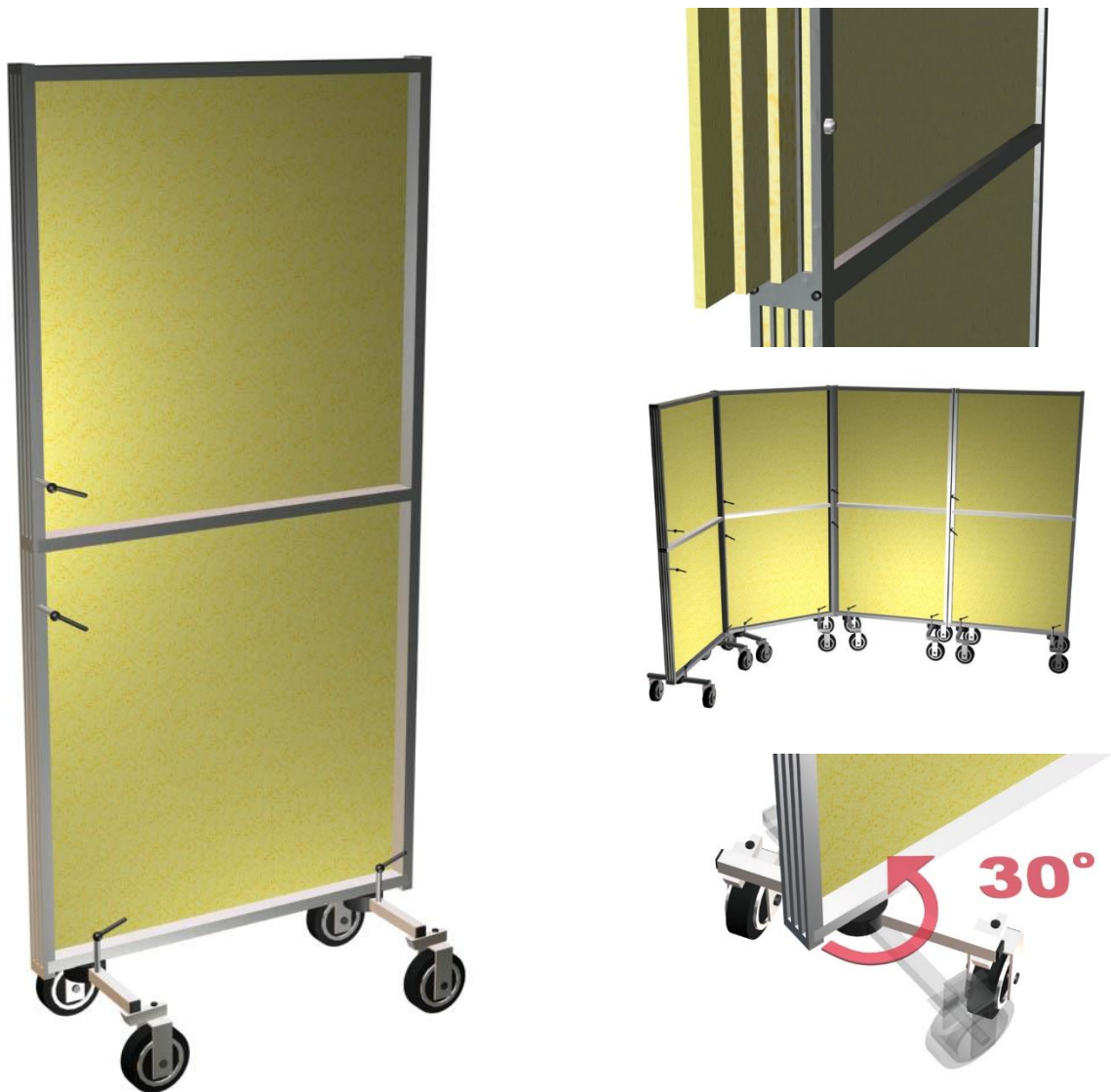


Рис. 3 Мобільні модульні елементи колективного захисту

#### 4. Засоби індивідуального захисту.

Розроблено склад і технологію виготовлення радіаційно-захисних плівок для виробництва засобів індивідуального захисту. Плівка складається з полівінілхлориду з додаванням спеціального модифікатора. Маса 1 м<sup>2</sup> плівки становить 1,5 кг. Виготовлено прототипи радіаційно-захисних костюмів, які призначені для захисту персоналу від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання в атомній енергетиці, медицині, службах реагування на надзвичайні ситуації, науці, промисловості.

Засоби індивідуального захисту при роботі в умовах підвищеного гамма-фону (костюми, фартухи, жилети, рукавички) виготовляються з тонких полімерних плівок, мають масу у 2... 2,5 рази нижче, ніж ті, що використовуються традиційно, з тим же ступенем захисту.



**Рис. 4 Костюми для індивідуального захисту спецперсоналу**

**Таблиця 4 Радіаційно-захисні характеристики**

Параметри для одношарової плівки 0,5 мм	<sup>241</sup> Am (60 кэВ)	<sup>137</sup> Cs (660 кэВ)
коефіцієнт ослаблення	3,12	1,18
Свинцевий еквівалент, мм	0,14	1,4

Вартість такого костюму становить ~ \$300 (2006 р.). Виробники: ДНУ, Тернопільський завод штучної шкіри ВАТ «ВІНТЕКС», Клініка сімейної медицини, м. Дніпропетровськ.

**Висновки.** Розроблені технології отримання довготривалих засобів захисту, утилізації та поховання шкідливих відходів високотехнологічних виробництв, які дозволяють значно покращати екологічну ситуацію не тільки в Україні, але й в світі. Досліджені властивості нових радіаційно-захисних матеріалів і обґрунтована доцільність їх використання. Проведена порівняльна оцінка існуючих і розроблених контейнерів. Доказано, що нова технологія дозволить значно покращати екологію в зонах АЕС та відчуження. Ввиготовлена експериментальна партія контейнерів, проведені імітаційні випробування, розроблені схеми сховищ відходів.

**Посилання.**

1. Авдеев О.О. Радиоактивные отходы Украины: состояние, проблемы, решения – К. «Друк», 2003. 400стр.
2. Патент на винахід №108672 Матеріал для захисту від космічного випромінювання. Державний реєстр патентів України на винаходи 25.05.2015.

У розробках приймали участь: Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»; ДП «ВО «Південний машинобудівний завод імені О.М. Макарова»; Національний центр аерокосмічної освіти молоді; ТОВ «Контакт».

Контакти:

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
49010, м. Дніпро, проспект Гагаріна, 72 <http://www.dnu.dp.ua> Тел: +38(067)  
947-25-40. E-mail: [sinterbozhko@gmail.com](mailto:sinterbozhko@gmail.com)