

*Приклад реалізації в середовищі конструктора за допомогою шаблону.*

Нижче приведений приклад навігаційної структури додатку сценарного типу, а саме тренажера оперативних переключень (ТОП).

Фрагмент графічної моделі навігаційної структури тренажера оперативних переключень і екранів пакету Flash Professional з розробленою часовою шкалою представлена на рис. 2

## **Висновки**

Розглянута технологія візуального проектування систем підтримки компетентності персоналу енергопідприємств за допомогою шаблону в середовищі пакету Flash Professional. Використання Flash Professional в якості конструктора дає змогу спеціалістам галузі без залучення спеціалістів-програмістів самостійно, більш ефективно і з меншими витратами часу розробляти додатки сценарного типу.

1. *Леоненков А.* Самоучитель UML 2.- СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 576 с.: ил.
2. *Самойлов В.Д., Бальва А.А., Максименко Е.А.* Структура и технология построения графической модели приложения сценарного типа//Збірник наукових праць ІПМЕ ім.Г.С.Пухова НАН України. К.:2013, Вып. 68, С.3-11.
3. *Самойлов В.Д., Бальва А.А., Максименко Е.А.* Построение интерактивной навигации сценарного типа//Збірник наукових праць Моделювання та інформаційні технології, К.:2014, Вып.71, С. 29-36.
4. *Абрамович Р.П., Бальва А.А., Самойлов В.Д.* Построение модели навигации для компьютерных тренажеров и приложений сценарного типа. – Электронное моделирование, 2014 – т. 36- №1, С.97-103.
5. Adobe Flash CS5 Professional. Официальный учебный курс. – М.Єксмо, 2011. – 448 с.

*Поступила 26.09.2016 р.*

УДК 504.064.3

Ю. Л. Забулонов, Ю. В. Литвиненко, В. М. Кадошніков, В. М.Буртняк,  
Л. А.Одукалец, м. Київ

## **НАНОДИСПЕРСІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ**

**Abstract.** The physical and chemical cleaning methods of liquid radioactive waste and contaminated technogenic solutions containing heavy metals, radionuclides, and the results of studies of the effect of pulsed magnetic field to the aqueous dispersion of clay minerals.

Experimental studies brought the effectiveness of nanomaterials by pulsed magnetic field to LRW treatment.

© Ю. Л. Забулонов, Ю. В. Литвиненко, В. М. Кадошніков, В. М.Буртняк,  
Л. А.Одукалец

При експлуатації атомних електростанцій утворюється значна кількість радіоактивно забруднених вод: продування першого контуру; стоки басейнів витримки і перевантаження касет ТВЕЛів; стоки контуру системи управління і захисту; стоки санпропускників і спеціальних пралень; стоки, що скидаються радіохімічними лабораторіями; води, що утворюються при дезактивації устаткування, трубопроводів, арматури.

Трапні води диференціюють на малосольові (води спорожнення і неорганізованих протікань) та високосольові (сольовий плав, кубовий залишок після першого та другого етапів випарювання). Малосольові води з великим вмістом грубодисперсних домішок отримані при регенерації завантажувального матеріалу фільтрів конденсатоочищення вимагають певних технологічних процесів для своєї переробки. Трапні води після дезактивації до рівня, зазначеного у технологічному регламенті, можуть направлятися для повторного використання, скорочуючи тим самим загальну кількість рідких відходів АЕС.

Серед найважливіших радіонуклідів, що визначають головним чином їх радіоактивність, можна назвати  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ , а також U та трансуранові елементи, що утворюються при роботі ядерних реакторів. Окрім наведених радіонуклідів, у радіоактивно забруднених водах знаходяться стабільні ізотопи (Na, K, Li, B), кількість яких у рази перевищує вміст радіонуклідів.

Зважаючи на те, що радіоактивно забруднені води мають складний хімічний і радіонуклідний склад, значний ступінь солоності, а наведені речовини знаходяться у різному фазово-дисперсному стані, використання традиційних методів очищення (сорбційні, іонообмінні, мембранні, співосадження) виявляються малоефективними. Ефективність очищення таких вод можна підвищити в разі комплексного застосування різних методів. На даний час ефективним методом, що використовується для переробки радіоактивно забруднених вод АЕС, є метод упарювання.

Таким чином, при різному складі поліютантів, що підлягають видаленню, представлених як лужними, лужноземельними, так і багатовалентними металами (Co, Mn, Cu і ін.), а також поверхнево-активними речовинами, фосфатами і комплексоутворювачами, достатньо складно підібрати сорбційні матеріали, що мають рівну реакційну здатність щодо всіх вище названих компонентів. Крім того, додаткові труднощі створює фазово-дисперсний стан радіонуклідів (молекулярнороздіблений, колоїдний) та ін.

Отже, існує нагальна необхідність розробки нових підходів до очищення багатоконпонентних радіоактивно забруднених вод.

Розробка передбачає комбінацію фізико-хімічних і фізичних методів з наступними етапами:

1. У розчині, що очищується, синтезується нанорозмірний сорбент (колоїдного ступеню дисперсності), що має негативну величину електрокінетичного потенціалу, який би поглинав вказані поліютанти не лише своєю конденсованою частиною, що синтезується безпосередньо в об'ємі

техногенно забрудненої рідини (перша колоїдна система), а й своєю поверхнею.

2. Для осадження отриманої колоїдної системи, з метою перешкоджання процесам реадсорбції, пропонується використовувати процес гетерокоагуляції. Для цього, в цьому ж розчині синтезується друга колоїдна система, що містить позитивно заряджені наночастки. Присутність різноманітних заряджених систем, а також радіонуклідів, що знаходяться в псевдоколоїдній формі, забезпечує достатньо високу повноту очищення.

3. Отримання нанокompозиту (коагуляту) розділенням твердої і рідкої фаз методом седиментації з подальшим фільтруванням. Для інтенсифікації процесу розділення коагуляту і надосадової рідини доцільно застосовувати постійний електричний струм і метод центрифугування.

Для прискорення осадження частинки і ущільнення отриманого осаду використовувалося зовнішнє постійне електромагнітне поле (ЕМП). Найкращі результати були одержані при осадженні на анод (рис. 1).

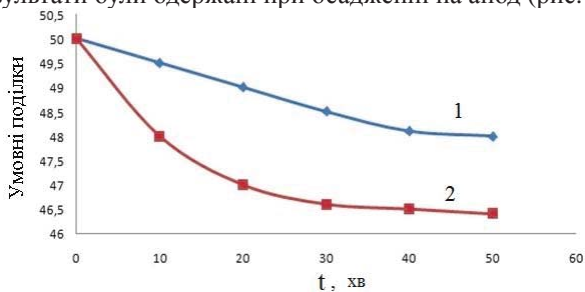


Рис. 1. Вплив зовнішнього накладеного постійного електромагнітного поля на освітлення коагуляту: 1 – коагулят вихідний, 2 – коагулят, який зазнав дії постійного струму

На рис. 1 наведено залежність умовних поділок від одиниці часу для зразка вихідного коагуляту та коагуляту, який зазнав дії постійного струму.

4. Трансформація нанокompозиту в склоінеральну матрицю шляхом термічної обробки.

Отриманий осад піддавався термічній обробці шляхом прогрівання зразка повітряно-сухого коагуляту при 1000 °С. В результаті такої обробки утворюється склофаза, що містить інкорпоровані поглинені полютанти.

Утворення склофази відбувалося без внесення додаткових реагентів і обумовлено тим, що співвідношення  $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$  характерно для боратного скла.

Для реалізації пропонованої фізико-хімічної моделі була розроблена і виготовлена лабораторна установка. Схематичне зображення лабораторної установки для синтезу наночастинок наведено на рис. 2.

Реактор, що входить до складу лабораторної установки, виготовлений з корозійно-стійкого немагнітного матеріалу, має вигляд циліндру. Такий реактор оснащений кількома спеціальними приладами, що індукують

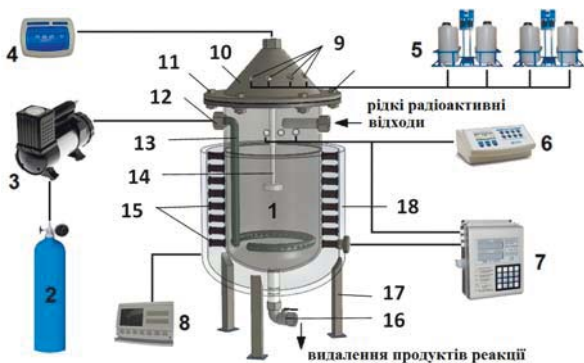


Рис. 2. Схематичне зображення лабораторної установки для синтезу наночастинок: 1 - реактор; 2 - балон із стисненим азотом чи аргоном для перемішування робочих рідин у реакторі; 3 - компресор; 4 - блок живлення ультразвукового магнітострікера (ультразвуковий генератор); 5 - набір спеціальних ємностей, виконаних з корозійно-стійких матеріалів, призначених для зберігання розчинів необхідних для синтезу реактивів; 6 - автоматичний іоніметр для підтримання необхідних окисно-відновних умов синтезу нанодисперсій; 7 - мікропроцесорний генератор імпульсів струму, що забезпечує електричні імпульси з необхідними параметрами; 8 - прилад для забезпечення необхідного теплового режиму в реакторі; 8 – термостат; 9 – отвори для подачі реагентів; 10 – кришка реактору; 11 – болти; 12 – штуцер; 13 – перфорована трубка; 14 - ультразвуковий стріктер; 15 – індукційні катушки; 16 – кран; 17 – опори реактору; 18 – терморубашка.

імпульсне магнітне поле з необхідними параметрами. Реактор також оснащено термостатуючим устаткуванням, що дозволяє підтримувати температуру всередині реактора в межах 25-95 °С з точністю 0,5 °С.

Для забезпечення рівномірного інтенсивного перемішування вмісту реактора на дні циліндру по колу розташована спеціальна перфорована трубка (матеріал виготовлення – термостійкий тефлон або хімічно стійка немагнітна нержавіюча сталь), один кінець якої заглушено, а інший виведено назовні у верхній частині циліндру і під'єднано за допомогою штуцера до компресора, призначений для подачі у робочу камеру току інертного газу (аргон, азот, інше).

У верхній частині циліндру під фланцем розташовано три герметичні роз'єми, призначені для підключення термодатчика, мікропроцесорного генератора імпульсів струму та комбінованого електроду для вимірювання величини рН. У верхній частині циліндру розташовано спеціальний фланець (матеріал виготовлення – корозійно-стійкий немагнітний матеріал) 6-8 мм завтовшки, який містить 6 отворів із різьбленням, з'єднаний із кришкою.

Всередині корпусу реактора на спеціальних тримачах встановлено: комбінований електрод для вимірювання величини рН, з'єднаний з рН-метром, що дозволяє контролювати величину зміни рН з точністю 0,1; термодатчик, що забезпечує вимір температури у діапазоні 10-150 °С з

точністю регулювання  $\pm 0,25$  °С.

Дно циліндру має вигляд напівсфери, оснащеної спеціальним краном для видалення продуктів реакції.

До складу реактора входить спеціальна кришка, що виконана із стійкої нержавіючої сталі. Вона має 4 спеціальні отвори. На поверхні такої кришки розташовано кілька приладів, за допомогою яких, з використанням спеціальних дозаторів, відбувається одночасне або періодичне введення в реакційний об'єм розчинів необхідних реагентів з контрольованою швидкістю. В центрі кришки через спеціальний отвір встановлено і закріплено магнітостріктер. Конструкцією установки передбачено можливість його заміни. Кришка має 6 отворів для з'єднання із фланцем циліндру за допомогою спеціальних болтів.

Передбачається ущільнення усіх з'єднань установки прокладками, виконаними з параніту або термостійкої гуми.

Лабораторна установка містить у своєму складі прилад керування електромагнітними клапанами; прилади для регулювання роботи автоматичних клапанів; спеціальні захисні прилади, що забезпечують безпеку роботи персоналу.

Установка передбачає можливість додаткового комплектування магнетроном для впливу на реакційну суміш НВЧ-коливаннями, що генеруються спеціальним генератором.

Пропонована лабораторна установка може бути використана також для отримання високов'язких глинистих суспензій без використання додаткових реагентів.

Зазвичай для отримання високов'язких монтморилонітвмісних глинистих суспензій використовується їх активація за допомогою карбонату натрію, каустичної соди і т.д.

Для досліджень використовувалися три зразки глин Черкаського родовища (бентонітова, палигорскітова і глина четвертого шару). Докладний мінералогічний склад цих глин наведений у відповідній літературі.

При проведенні експериментів досліджувана речовина вміщується в кювету, яка вноситься до робочої зони реактору.

Для отримання магнітних імпульсів використовувався генератор електричних імпульсів з передбаченою можливістю зміни часу впливу.

Для оцінки змін, що відбуваються під дією зовнішнього накладеного магнітного поля, досліджувалися реологічні властивості водних суспензій глинистих мінералів на ротаційному вискозиметрі «Реотест – 2» (Німеччина).

Вплив імпульсного модульованого магнітного поля на в'язкість вихідної суспензії бентоніту, палигорськіту та глини четвертого шару показано на рис. 3, 4 та 5.

Дослідження показали, що застосування імпульсного електромагнітного поля може бути ефективно використано для управління реологічними властивостями водних глинистих суспензій.

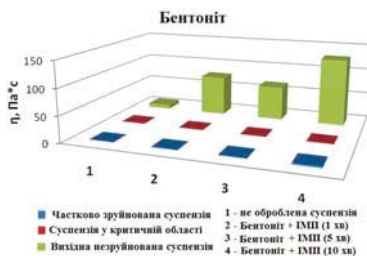


Рис. 3. Вплив імпульсного модульованого магнітного поля на в'язкість вихідної суспензії бентоніту



Рис. 4. Вплив імпульсного модульованого магнітного поля на в'язкість вихідної суспензії палигорскіту



Рис. 5. Вплив імпульсного модульованого магнітного поля на в'язкість вихідної суспензії глини четвертого шару

Під дією ЕМП збільшується структурна в'язкість водних суспензій бентонітової та палигорскітової глин.

Збільшення структурної в'язкості глинистих суспензій визначається природою глинистого мінералу і тривалістю електромагнітної обробки.

Стійкість активованих коагуляційних систем до механічних навантажень значно менше, ніж у вихідних суспензій бентонітових і палигорскітових глин.

На відміну від суспензій бентонітових і палигорскітових глин обробка водної суспензії глини четвертого шару протягом 1 - 10 хвилин при однакових умовах зменшує структурну в'язкість незруйнованої (вихідної)

суспензії в 1,5 - 2 рази. Основною причиною збільшення структурної в'язкості в глинах другого і третього шарів є збільшення кількості структурних елементів в коагуляційній системі внаслідок диспергації глинистих агрегатів до більш дрібних частинок, тоді як для суспензій глин четвертого шару зменшення структурної в'язкості пов'язано зі зміною самоорганізованих просторових структур в коагуляційній системі і руйнуванням міжфазних гідратних шарів між елементами структури;

Обробка ЕМП водних глинистих суспензій призводить до утворення не стабільних в часі коагуляційних структур. Час релаксації активованих структур визначається природою глинистого мінералу і часом електромагнітної обробки.

Наведені вище матеріали дають підстави вважати, що розроблена лабораторна установка дозволяє отримувати водні дисперсії глинистих мінералів з необхідними властивостями, що можуть бути використані для вирішення питань забезпечення екологічної безпеки.

Електромагнітна обробка глинистих суспензій може істотно змінювати їх сорбційні властивості. Нами досліджувалася сорбція іонів цезію водними дисперсіями глин Черкаського родовища другого і четвертого шарів. Для характеристики сорбційних властивостей глин ми використовували коефіцієнт розподілу  $K_d$ , який визначали, як тангенс кута нахилу відповідної ізотерми сорбції до осі рівноважної концентрації. Коефіцієнт  $K_d$  розраховувався як мл/г.

Розраховані коефіцієнти розподілу, визначені за даними ізотерм сорбції, наведені у табл. 1.

Таблиця 1

**Коефіцієнти розподілу, розраховані по даним ізотерм сорбції**

№	Зразок	Умови експерименту	Коефіцієнт розподілу, $K_d$ , мл/г
1	Бентоніт	Розчин+зразок сухої глини	1550±50
2	Бентоніт	Розчин+зразок сухої глини+ЕМП (відразу зразу після диспергування)	1470±50
3	Бентоніт	Розчин+зразок сухої глини+ЕМП (через 24 години після диспергування)	1440±50
4	Бентоніт	Розчин+зразок набряклої глини+ЕМП (відразу після диспергування)	820±40
5	Бентоніт	Розчин+зразок набряклої та опроміненої ЕМП глини	730±40
6	Бентоніт	Розчин+зразок набряклої глини	630±40
7	Четвертий шар	Розчин+зразок сухої глини	1490±50
8	Четвертий шар	Розчин+зразок сухої глини+ЕМП (відразу після диспергування)	1430±50
9	Четвертий шар	Розчин+зразок набряклої та опроміненої ЕМП глини	750±40
10	Четвертий шар	Розчин+зразок набряклої глини	720±40

Аналіз ізотерм сорбції однозначно доводить, що адсорбція іонів цезію з розчину карбонату цезію при концентрації до  $15 \cdot 10^{-6}$  можна описати ізотермою Генрі. Виходячи з цього вважаємо, що основним механізмом сорбції цезію глинистими мінералами є еквівалентний лігандний обмін між катіонами дисперсійного середовища частинками дисперсної фази. Відомо, що в розчині електролітів частинки глинистого мінералу утворюють подвійний електричний шар, електрокінетичний потенціал якого частково компенсується обмінними катіонами, частина з яких локалізована в дифузійній частині іонної атмосфери. Отже, сорбція цезію в водних дисперсіях глинистих мінералів при низьких концентраціях електролітів, до  $10^{-3}$  моль/л, переважно визначається реакціями нуклеофільного обміну. З огляду на те, що одні й ті ж центри на поверхні глинистих мінералів забезпечують гідратацію і заряд цієї поверхні при одночасному протіканні процесів гідратації і обміну виникають умови конкуренції. При попаданні сухого зразка у водне середовище, що містить катіони, які здатні до обміну, частина вакантних центрів взаємодіє з молекулами води, а інша - обмінними катіонами. Природно, що при такому механізмі попередня гідратація поверхні (зразок набряклої глини) сорбує менше цезію, ніж сухий зразок. Наприклад,  $K_d$  для сухого бентоніту становить 1550 мл / г, в той час як для набряклого зразка  $K_d$  є рівним 730 мл / г. Подібні результати отримані і для зразків глини четвертого шару.

Опромінення глини імпульсним електромагнітним полем дещо зменшує коефіцієнт  $K_d$  (табл. 1). Більш відчутне зменшення сорбції цезію спостерігається для зразків, що набухають в розчині карбонату цезію протягом 24 годин. Проте, зменшення сорбційних властивостей для зразків сухої глини, оцінене коефіцієнтом  $K_d$ , є не значним і для бентоніту становить близько 7 %, а для монтморілонітпалігорскітової глини - близько 4 %. З огляду на те, що електромагнітні коливання впливають головним чином на гідратні шари як в катіонах, так і в глині, визначальним механізмом сорбції вважаємо процеси еквівалентного електрохімічного обміну. На противагу даним, які були отримані нами вище, варто зазначити, що обробка водних суспензій попередньо набряклої глини імпульсним електромагнітним полем підсилює сорбцію. Отримані дані легко пояснюються тим, що під дією електромагнітного поля агрегати глинистих мінералів диспергуються і, відповідно, кількість сорбційних центрів активних як до катіонів, так і до молекул води збільшується, що приводить до збільшення структурної в'язкості і поліпшення сорбційних властивостей таких суспензій.

## **Висновки**

1. Експериментальними дослідженнями доведена ефективність застосування наноматеріалів при дії імпульсного магнітного поля для очищення важких металів та рідких радіоактивних відходів.
2. Показана можливість отримання високов'язких глинистих суспензій з використанням імпульсного магнітного поля.



3. Обробка попередньо набряклих глинистих суспензій електромагнітним полем збільшує сорбцію катіонів цезію монтморіллонітових і монтморілонітпалігорскітових глин (другий і четвертий шар).

1. *Забулонов Ю.Л., Литвиненко Ю.В., Кадошников В.М., Кузенко С.В., Одукалец Л.А.* Влияние импульсных электромагнитных полей на сорбцию поллютантов в техногенно загрязненных водах // Техногенно – екологічна безпека та цивільний захист. - Вип. 1. - Київ – Кременчук: 2010. - С. 26 -36.

2. *Забулонов Ю.Л.* Физико-химическая модель фиксации катионов с применением нанотехнологий / Ю.Л. Забулонов Ю.В. Литвиненко, В.М. Кадошников // Институт проблем моделювання в енергетиці НАНУ Зб.наук.пр. – К.: 2010. - Вип.57.– С. 83-86.

3. Патент на корисну модель UA№ 77398, «Спосіб одержання активованої суспензії бентоніту», Ю.Л.Забулонов, В.М.Кадошніков, Г.В.Лисиченко, Ю.В.Литвиненко.

4. Патент на корисну модель UA№ 77123 «Спосіб очищення вод, забруднених важкими металами, радіонуклідами, у присутності органічних речовин різної природи», Ю.Л.Забулонов, В.М.Кадошніков, Ю.В.Литвиненко.

*Поступила 3.10.2016 р.*

УДК 681

А. А. Владимирский, И. А. Владимирский, И. П. Криворучко, Н. П. Савчук,  
г.Київ

## **РАЗРАБОТКА КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ТЕЧЕЙСКАТЕЛЕЙ К-10.5 и К-10.5М**

Представлені принцип дії та параметри модернізованого кореляційного течешукача К-10.5.

Представлены принцип действия и параметры модернизированного корреляционного течейскаателя К-10.5.

Principle of operation and parameters modernized correlation leak detector К-10.5 are presented.

**Ключові слова:** трубопровід, витік, течешукач.

**Ключевые слова:** трубопровод, утечка, течейскаатель.

**Keywords:** pipe, leak, leak detector.

В ИПМЭ им. Г.Е.Пухова НАН Украины разработаны и переданы заказчикам новые модификации корреляционного течейскаателя семейства К10 [1, 2]. Течейскаатели К-10.5 и К-10.5М предназначены для определения мест утечек в трубопроводах тепловых сетей, водопроводах и прочих инженерных коммуникациях. Модели различаются количеством радиоканалов для передачи вибросигналов и типом применяемых компьютеров.