

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДІЇ НА СЕДИМЕНТАЦІЙНУ СТІЙКІСТЬ СУСПЕНЗІЇ З РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ

В статье рассмотрено влияние продолжительности ультразвукового воздействия мегагерцового диапазона на седиментационную устойчивость суспензии на основе этанола с полидисперсным редкоземельным радиационно-защитным наполнителем

INFLUENCE OF ULTRASONIC AFFECTING SEDIMENTATION STABILITY OF SUSPENSION WITH RADIATION-PROTECTIVE COMPOSITION

In the article influence of duration of ultrasonic influence of megahertz range is considered on sedimentation stability of suspension on the basis of ethanol with polydispersible rarely earth radiation-protective composition

З відомих причин, які обумовлені, перш за все, наслідками Чорнобильської катастрофи, забрудненням ряду територій радіоактивними відходами переробних виробництв і, нарешті, широким використанням проникаючих випромінювань у різних сферах медичної і науково-технічної спрямованості, питання технології створення високоефективних засобів індивідуального і колективного захисту в Україні є надзвичайно актуальними¹.

Висока якість радіаційно-захисних (РЗ) полімерних і лакофарбних покриттів значною мірою визначається тривалістю гравітаційної седиментації частинок полідисперсної суміші РЗ наповнювача в матриці покриття. При цьому вочевидь, що час гравітаційної седиментації частинок РЗ наповнювача повинен перевищувати час затвердіння матриці покриття [1]. Раніше було встановлено [2], що при короткочасній дії ультразвуковими (УЗ) коливаннями мегагерцового діапазону на суспензію РЗ наповнювача у вигляді полідисперсної суміші складного оксиду рідкоземельних елементів (ОРЗЕ) в різних розчинниках підвищується седиментаційна стійкість суспензії. Проте, питання про вплив на неї тривалості УЗ обробки залишається відкритим.

Метою цієї роботи є дослідження впливу тривалості УЗ обробки суспензії полідисперсної суміші РЗ складного ОРЗЕ на її седиментаційну стійкість.

У якості найбільш привабливого РЗ наповнювача, який по щільності найбільш сумісний з полімерними і лакофарбними найбільш сумісний з полімерними найбільш сумісний з полімерними і лакофарбними матрицями, нами був обраний складний ОРЗЕ. Дійсно, пікнометрична щільність складного ОРЗЕ (в середньому $5,6 \text{ г/см}^3$) набагато нижча за щільність свинцю ($11,3 \text{ г/см}^3$), гафнію ($13,1 \text{ г/см}^3$), танталу ($16,6 \text{ г/см}^3$), вольфраму ($19,2 \text{ г/см}^3$), тобто металів, які використовують при вирішенні завдань радіаційного захисту. Але з іншого боку, у порівнянні з використанням РЗ наповнювачів у вигляді полідисперс-

¹ Примітка: робота виконана згідно «Переліку державних наукових і науково-технічних програм з пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки на 2002-2006 роки»

них порошків наведених вище важких металів використання складного ОРЗЕ через його невелику щільність обумовлює деяке зниження захисних властивостей. Проте, ця втрата може бути практично повністю компенсована шляхом використання технологій, що реалізують відкрите явище аномальної зміни інтенсивності потоку квантів проникаючого випромінювання моно- і багатоелементними середовищами [3]. Згідно досліджень [3], полідисперсні середовища (у нашому випадку складний ОРЗЕ) з розмірами частинок ($10^{-9} \div 10^{-3}$ м) при сегрегації шляхом їх перемішування будуть самоорганізовуватись в систему енергетично взаємозв'язаних ансамблів, що забезпечить аномальне високе збільшення перетину фото поглинання і відповідне збільшення захисного еквіваленту [4].

Важливим аргументом на користь складного ОРЗЕ є і те, що при використанні його у вигляді поліріта оптичного (ТУ 48-4-244-87), він містить цілий ряд таких елементів з групи лантаноїдів, як лантан, церій, празеодим, неодим. А це, у свою чергу, забезпечує «розтягнутий» максимум поглинання рентгенівського і гамма- випромінювань в діапазоні $40 \div 44$ кеВ за рахунок відмінності в енергіях зв'язку електронів K - оболонки окремих елементів.

Обґрунтування вибору типу розчинника при експериментальній оцінці впливу тривалості УЗ обробки на седиментаційну стійкість суспензії полідисперсної суміші складного ОРЗЕ базувалося на результатах аналізу різних типів розчинників, які традиційно використовують в лакофарбній промисловості [2, 5]. При цьому вирішувалося завдання вибору такого типу розчинника, робота з яким, не викликає технологічних ускладнень, які пов'язані, наприклад, з високою в'язкістю, високою температурою плавлення, низькою температурою кипіння і тощо. В результаті для проведення експерименту оцінкою седиментаційної стійкості при різній тривалості УЗ дії у якості розчинника був обраний етанол (етиловий спирт).

Методика експерименту полягала в наступному. На поміщену в скляну ємність суспензію складного ОРЗЕ в етанолі (загальним об'ємом 60 мл і концентрацією складного ОРЗЕ 30%) з боку донної частини ємкості здійснювалося УЗ дія з частотою 1,5 МГц. Фонтан над поверхнею суспензії при цьому підносився на висоту біля 1 см. Діапазон фіксованої тривалості УЗ дії на суспензію знаходився в межах від 3 до 15 хвилин з кроком 3 хвилини.

Після спливання кожного проміжку часу (t_1, t_2, t_n) в діапазоні від 10 с до 180 с (з кроком, який вказаний у табл. 1) від моменту завершення УЗ дії фіксувалася висота H суспензії складного ОРЗЕ від її поверхні до верхнього кордону частинок складного ОРЗЕ, що випали в осад, заввишки h . На рис. 1. схематично показана скляна ємність, яка заповнена суспензією до (а) і після (б, в, г) УЗ дії з фіксацією відповідних висот H ($H_1, H_2 \dots H_n$).

У таблиці. 1 наведені отримані експериментальні дані, що характеризують седиментаційну стійкість суспензії, яка оцінювалася за висотою суспензії H через фіксовані проміжки часу від моменту завершення УЗ дії. В табл. 1 умовно осад не показаний.

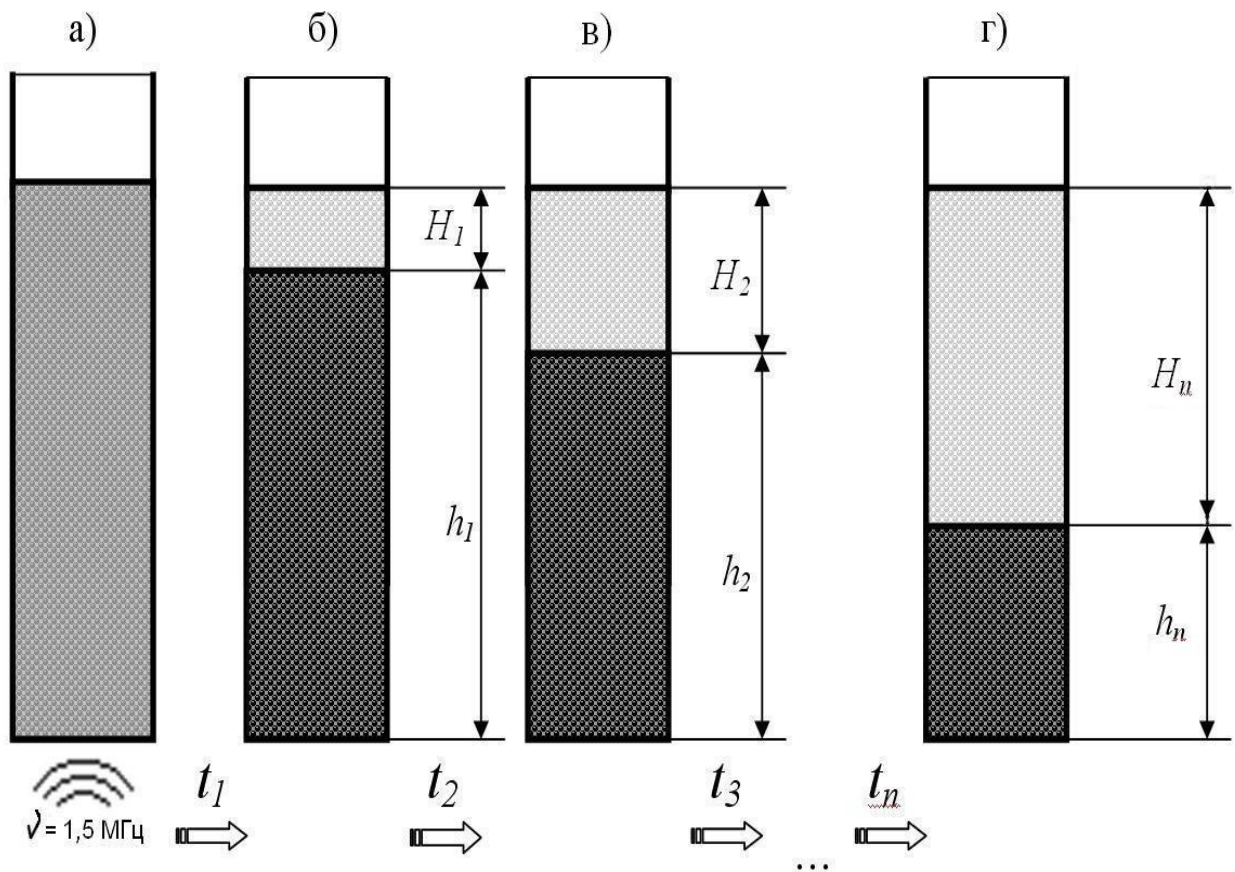


Рис. 1 – Схема зміни висоти суспензії H , що фіксується, через тимчасові проміжки t від моменту завершення УЗ дії

Для оцінки висоти суспензії здійснювалося фотографування ємності, після чого знімки піддавалися обробці за допомогою програмного продукту Adobe Photoshop CS4 Extended Trial. У даному продукті по засобах ряду перетворень цифрового зображення з визначенням масштабного коефіцієнту, вимірювалася дійсна величина висоти суспензії H з точністю до десятих долей міліметра.

Вочевидь, чим вище динаміка зростання висоти суспензії H , тим менш ефективна дія УЗ на суспензію з точки зору седиментаційної стійкості. Цілком зрозуміло, що необґрунтоване збільшення тривалості УЗ дії на суспензію призводить до втрати продуктивності процесу і, в остаточному результаті, веде до економічних втрат.

З наведених експериментальних даних (табл. 1) і їх графічного зображення (рис. 2) видно, що при тривалості УЗ дії, яка дорівнює 9 хвилинам спостерігається максимальна седиментаційна стійкість суспензії. Використовуючи дані таблиці. 1, для більшої наочності ефективності УЗ дії на рис. 3, як приклад, показані порівняльні графічні залежності, що характеризують седиментаційну стійкість, при УЗ дії на суспензію протягом 9 хвилин і за відсутності УЗ дії.

Таблиця 1 – Висота суспензії H складного ОРЗЕ в етанолі в залежності від тривалості УЗ дії T і часу її фіксації t після завершення УЗ дії

Час УЗ дії T , хв	Висота суспензії H складного ОРЗЕ в етанолі, мм											
	Проміжки часу фіксації t від моменту завершення УЗ дії, с											
	$t_f=10$	$t_f=20$	$t_f=30$	$t_f=40$	$t_f=50$	$t_f=60$	$t_f=80$	$t_f=100$	$t_f=120$	$t_f=140$	$t_f=160$	$t_f=180$
0	7,0	13,6	17,2	19,8	21,1	21,8	23,2	24,0	25,9	25,5	27,4	30,2
3	5,4	7,7	10,9	16,5	19,9	19,9	20,0	21,0	21,0	21,5	21,7	22,0
6	3,2	6,7	9,5	13,6	18,5	19,7	20,2	20,0	20,1	20,4	20,4	20,5
9	1,9	3,4	4,9	7,5	9,5	12,5	13,4	14,5	14,9	15,5	16,2	16,5
12	2,4	5,8	11,0	13,9	21,6	19,9	21,5	25,6	24,1	24,0	24,0	29,2
15	10,0	11,2	11,6	16,8	21,0	25,4	27,8	27,2	26,8	27,3	28,6	28,9

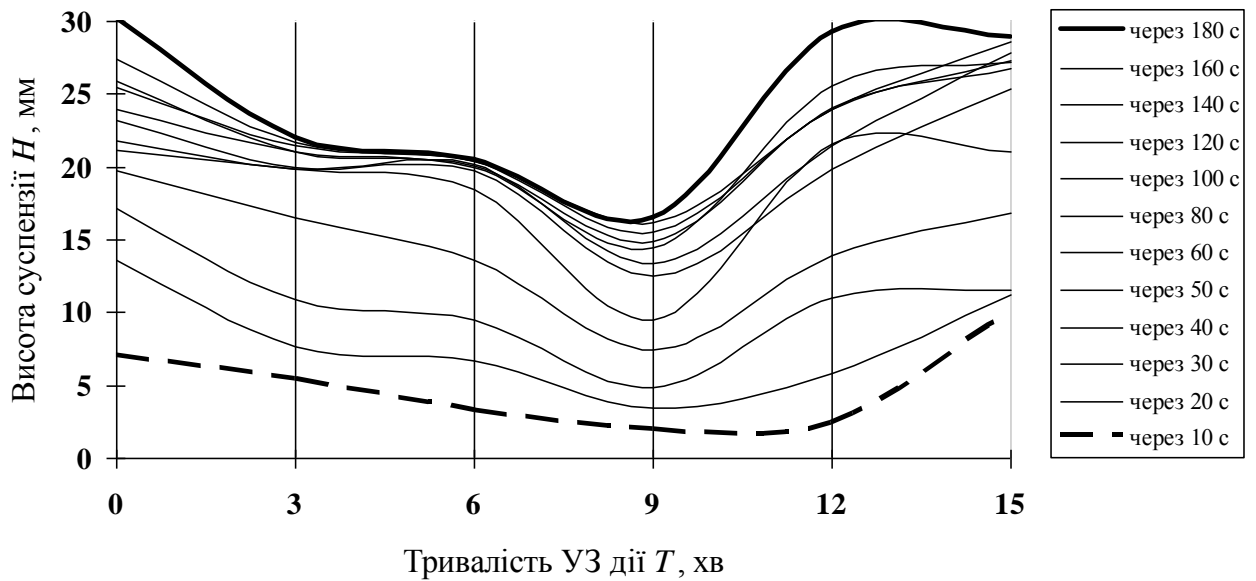


Рис. 2 – Висота суспензії складного ОРЗЕ в етанолі в залежності від тривалості УЗ дії і проміжків часу її фіксації після завершення УЗ дії

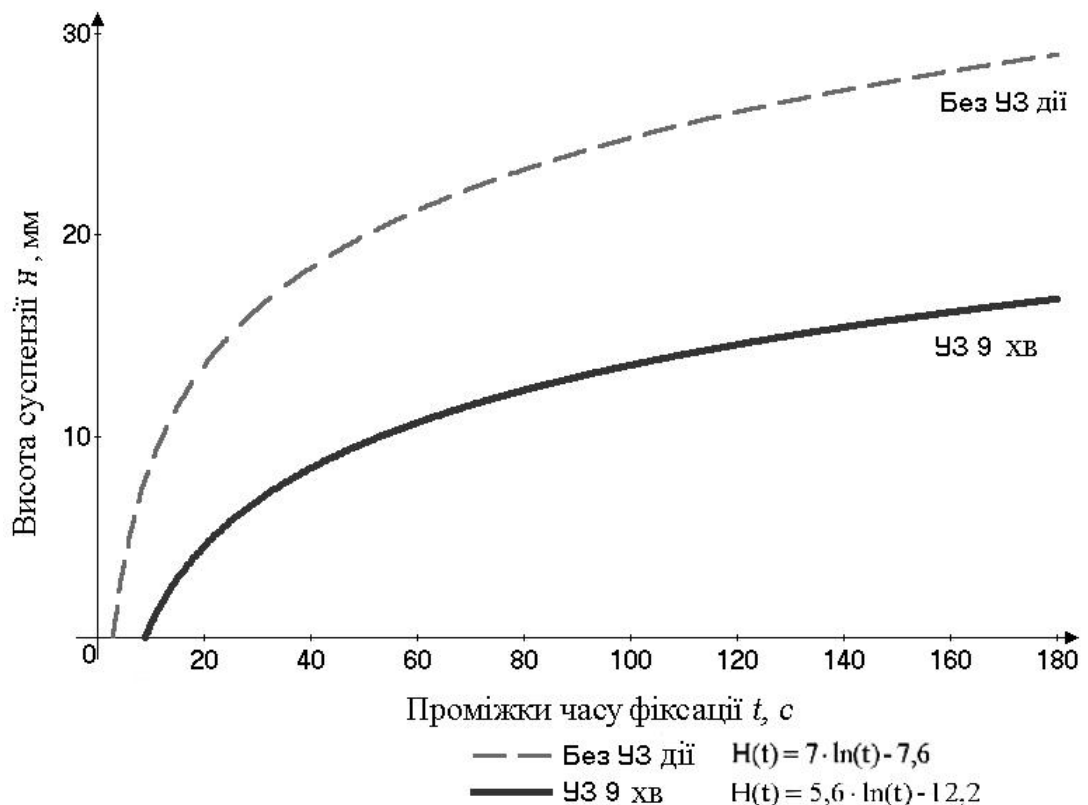


Рис. 3 – Вплив часу УЗ дії і проміжків часу на зміну висоти суспензії УДЧ складного ОРЗЕ в етанолі

Регресійний аналіз наведених залежностей (рис. 3) та їх аналітичний опис проводився на основі програмного продукту «Advanced Grapher версії 2.2 trial».

Пояснення отриманих результатів можна зробити в такий спосіб.

Враховуємо, що гранулометричний склад складного ОРЗЕ у вигляді полірїта у стані постачання (табл. 2), отриманий на растровому електронному мікроскопі (РЕМ) моделі РЕММА 102-02 включає:

а) ультрадисперсні частинки (УДЧ) по вазі 0,25 %; по кількості частинок 96,67 %;

б) останні (частинки більше 20 мкм) по вазі 99,75 %; по кількості частинок 3,33 %.

Таблиця 2 – Фракційний склад матеріалу без обробки УЗ

Фракційний склад частинок, мкм	Середній діаметр частинок $2 \cdot R$, мкм	Вміст від загального числа частинок, %	Кількість частинок, шт.	Об'єм частинок, мкм ³ $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$	Маса частинок, г	Вміст частинок від загальної ваги, %
1,0 ÷ 2,5	1,25	40,75	648	1,0	$1,02 \cdot 10^{-9}$	0,0002
2,5 ÷ 5,0	2,9	33,55	534	12,8	$1,28 \cdot 10^{-8}$	0,0003
5,0 ÷ 10	6,33	16,19	258	132,7	$1,33 \cdot 10^{-7}$	0,0027
10 ÷ 20	12,8	6,18	99	1097,5	$1,10 \cdot 10^{-6}$	0,2210
20 ÷ 30	24,9	2,64	42	8079,4	$8,08 \cdot 10^{-6}$	1,626
30 ÷ 40	–	–	–	–	–	–
40 ÷ 50	43,17	0,38	6	42104,1	$4,21 \cdot 10^{-5}$	8,472
50 ÷ 60	–	–	–	–	–	–
60 ÷ 70	65	0,25	4	143720,4	$1,44 \cdot 10^{-4}$	28,918
70 ÷ 80	–	–	–	–	–	–
80 ÷ 90	83,24	0,06	1	301838,5	$3,02 \cdot 10^{-4}$	60,734
Итого		100,0			$4,97 \cdot 10^{-4}$	100,0

Примітка: маса навішування складного ОРЗЕ обумовлена підкладкою для РЕМ РЕММА 102-02.

По перше, при перемішуванні такої полідисперсної суміші складного ОРЗЕ в процесі його виготовлення і транспортування із-за відмінностей значень енергії Фермі дрібних і великих частинок відбувається їх поляризація [4]. В результаті значна частина негативно заряджених УДЧ притягується до позитивно заряджених крупніших частинок і розміщуються на поверхні останніх, утворюючи конгломерати. У процесі УЗ дії відбувається відділення УДЧ від вказаних конгломератів.

По-друге, при розміщенні полідисперсної суміші складного ОРЗЕ в етанол, як конгломерати його частинок, так і окремі частинки виявляються покритими мікробульбашками повітря. При цьому, чим дрібніше частинка, тим менший розмір мікробульбашок повітря вона утримує на своїй поверхні, і тим більше має бути тривалість УЗ дії для їх розділення [6].

З порівняння даних зміни висоти суспензії H , яка досліджувалась (табл. 1. і рис. 2) при відсутності УЗ дії і при його реалізації відповідно протягом 3, 6 і

9 хвилин впливає, що висота суспензії на всіх проміжках часу її фіксації t монотонно і істотно зменшується. Це наочно свідчить про позитивний вплив УЗ дії на підвищення седиментаційної стійкості суспензії, яка досліджувалась. Зрозуміло, що при УЗ дії з поверхні конгломератів віддаляються УДЧ, які, завдяки наявності на їх поверхні мікробульбашок повітря, знаходяться в рідині у зваженому стані. Це обумовлює мінімізацію величини H , що фіксується (табл. 1).

Проте, при подальшому збільшенні часу УЗ дії (до 12, 15 хвилин) седиментаційна стійкість досліджуваної суспензії різко зменшується. Пояснити це можна тим, що збільшення часу УЗ дії призводить до видалення мікробульбашок повітря не лише з відносно великих частинок і конгломератів, але і з УДЧ, внаслідок чого вони теж випадають в осад. Це обумовлює збільшення висоти H , а значить, і зниження седиментаційної стійкості суспензії.

За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1) розроблена і апробована на конкретному прикладі методика підвищення седиментаційної стійкості суспензії, яка досліджувалась, може бути поширена на суспензії різних складів і призначень, зокрема, вона може бути корисна при відпрацюванні технології створення високоякісних РЗ полімерних і лакофарбних покриттів;

2) для суспензії полідисперсної суміші складного ОРЗЕ в етанолі оптимальна тривалість УЗ дії при частоті 1,5 МГц дорівнює 9 хвилинам, що забезпечує її найвищу седиментаційну стійкість;

3) вказані дослідження слід продовжити з використанням різноманітних матриць та широкого спектру частот УЗ дії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Выбор технологических параметров при создании радиационно-защитных тонкослойных полимерных покрытий / Булат А.Ф., Иванов В.А., Голов К.С., Зыбайло С.Н., Емельянов Ю.В. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 78. – С. 3-13.
2. Вплив розчинників різноманітного хімічного складу на седиментаційну стійкість систем полідисперсний наповнювач – розчинник / Зибайло С.М., Голов К.С., Иванов В.А., Емельянов Ю.В // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Харків, 2009. – Вип. 4. – С. 53-56.
3. Иванов В. А. Явление аномального изменения интенсивности потока квантов проникающего излучения моно- и многоэлементными средами (Диплом №57) / Иванов В. А., Катрашук Г. К., Конюхов С. Н. и др. // Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Справочно-методические материалы. – М. – С.-Петербург, 2000. – С. 57-58.
4. Булат А. Ф. Феноменологическое обоснование «квантовых ловушек» из полидисперсного радиационно-защитного модификатора в обеспечении аномально высоких радиационно-защитных свойств матричных материалов / Булат А. Ф., Иванов В. А. / К основам физического взаимодействия // Научные труды. Под науч. редакцией проф. В.А. Ткаченко. – Днепропетровск: МАБЭТ, 2007. – с. 74-89.
5. Дринберг С.А. Растворители для лакокрасочных материалов / Дринберг С.А., Ицко Э.Ф. : Справочное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1986. – 208 с.
6. Труэлл Р. Ультразвуковые методы в физике твердого тела / Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б. – М.: Мир, 1972. – 423 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Надутим 08.07.09

