

Отже у чотирьох германієвмісних квазіпотрійних системах  $Tl_2X-Ga(In)_2X_3-GeX_2$  ( $X - S, Se$ ) області склоутворення простягаються від  $GeX_2$ , який відіграє роль склоутворювача, і займають досить широкі області концентраційних трикутників.

На основі даних диференційно-термічного аналізу визначено характеристичні температури теплових ефектів (склування, кристалізації та плавлення). Розраховані приведені температури склування для багатьох зразків систем  $Tl_2(S)Se-Ga_2S(Se)_3-GeS(Se)_2$  мають низькі значення (менше 0,6 і навіть менше 0,5), що вказує на схильність розплавів до кристалізації, а тому можуть бути отримані у склоподібному стані лише при гартуванні із застосуванням жорстких умов. Для системи  $Tl_2S-In_2S_3-GeS_2$  параметр  $T_{gr}$  знаходиться в межах 0,60–0,69, що свідчить про їх високу здатність до склоутворення і можливість одержання при помірних швидкостях охолодження розплавів.

1. Kevshyn A.H., Halyan V.V., Davydyuk H.Y., Parasyuk O.V., Mazurets I.I. Concentration Dependence of the Optical Properties of Glassy Alloys in the  $HgS-Ga_2S_3-GeS_2$  System. *Glass Phys. Chem.*, 2010, 36, 27-32. <https://doi.org/10.1134/S1087659610010050>
2. Borisova Z.U. *Khimiya stekloobraznykh poluprovodnikov*. L.: LGU, 1972. 246 s.
3.  $Tl_2S-Ga_2S_3-GeS_2$  glasses for optically operated laser third harmonic generation / O. V. Tsisar, L. V. Piskach, O. V. Parasyuk L. P. Marushko, I. D. Olekseyuk, O. V. Zamuruyeva, P. Czaja, P. Karasiński, A. M. El-Naggar, A. A. Albassam, G. Lakshminarayana // *J Mater Sci: Mater Electron*. 2017. 28(2), 19003-19009. <https://doi.org/10.1007/s10854-017-7854-x>
4. Цісар О.В., Піскач Л.В., Марушко Л.П., Олексеюк І.Д., Замуруєва О.В. Склоутворення в системі  $Tl_2Se-Ga_2Se_3-GeSe_2$ . *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*, 2017, 1(37), 63-67.
5. Олексеюк І.Д., Парасюк О.В., Божко В.В., Галян В.В., Петрусь І.І. Склоутворення в системах  $Zn(Cd,Hg)Se-Ga_2Se_3-GeSe_2$ . *Всеукраїнська конференція "Актуальні проблеми фізико-хімії гетерогенних полімерних і дисперсних систем. Наукові записки Рівненського педінституту, м. Рівне, 1997, вип. 3, 158-162.*
6. Цісар О.В., Піскач Л.В., Парасюк О.В. Склоутворення в системах  $Tl_2S(Se)-In_2S(Se)_3-GeS(Se)_2$ . *Матеріали ІХ Міжнародної наукової конференції "Релаксаційні, нелінійні й акустооптичні процеси та матеріали" (м. Луцьк 1-5 червня 2018 р.)*. Луцьк, 2018. – С. 106–107.

УДК 667.64:678.026

## **РОЗРОБКА МОДИФІКОВАНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ З ПІДВИЩЕНОЮ СТІЙКІСТЮ ДО ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

**А.В. Чернов, В.П. Кашицький, О.Л. Садова**

*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, вул. Львівська, 75,  
[v.kashytskyi@lntu.edu.ua](mailto:v.kashytskyi@lntu.edu.ua)*

Епоксикомпозитні матеріали широко використовують для формування конструкційних матеріалів [1] та захисних покриттів [2], оскільки мають високу технологічність та адгезійну міцність до субстрату, однак використання таких виробів обмежене в умовах впливу динамічних навантажень через схильність їх до крихкого руйнування. Використання модифікуючих добавок та наповнювачів волокнистого типу забезпечує підвищення ударної в'язкості епоксикомпозитних матеріалів, що потребує визначення оптимального вмісту добавки та розробки технології формування епоксикомпозитів. Використання скловолокна як армуючого агента в полімеркомпозитній промисловості має велику тенденцію, оскільки ціна скловолокна є низькою в порівнянні з вуглецевим волокном або кевларом [3]. Вироби зі

скловолокна мають переваги в тому, що їх можна використовувати в традиційних процесах виробництва композитів (ручне укладання) або в високотехнологічних методах.

Завдяки високій технологічності епоксидних олігомерів до їх складу вводять модифікуючі добавки, зокрема кремнійорганічний лак марки КО-915Б, який за температури формування 120 °С протягом 1 год забезпечує додаткове структурування епоксиполімерної матриці. За такої температури відбувається підвищення ударної в'язкості на 52-55 % порівняно з ударною в'язкістю епоксикомпозитних матеріалів, які структурували за кімнатної температури. Підвищення тривалості структурування до 2 год за температури 120 °С сприяє формуванню епоксикомпозитного матеріалу, ударна в'язкість якого становить 6,2-6,4 кДж/м<sup>2</sup>.

Високу стійкість до впливу динамічних навантажень можливо досягнути за рахунок формування матеріалу з підвищеним вмістом волокнистого наповнювача (80 мас.ч.), який перебуває у стисненому стані в епоксиполімерній матриці. Ударна в'язкість таких епоксикомпозитних матеріалів становить 9,2-9,7 кДж/м<sup>2</sup>, що вище на 32-34 % порівняно з ударною в'язкістю ненаповненого модифікованого кремнійорганічним модифікатором епоксиполімеру.

Встановлено, що модифікування структури епоксиполімерів кремнійорганічним лаком КО-915Б забезпечує підвищення ударної в'язкості до 6,2-6,4 кДж/м<sup>2</sup> за рахунок формування просторової сітки з підвищеною гнучкістю сегментів макромолекул, що дозволяє епоксиполімеру поглинати частину динамічної енергії. Введення скловолокон в оптимальній кількості (80 мас.ч.) додатково підвищує стійкість до динамічних навантажень завдяки появі перешкод на шляху переміщення тріщини, що призводить до додаткової витрати енергії для поширення тріщини та забезпечує підвищення ударної в'язкості на 30-35 %.

1. Савчук П.П., Отченашенко О.А., Гулай О.І. (2013). Вплив природи кремнійорганічного модифікатора і умов тверднення на властивості епоксидних композитів. Наукові нотатки, 32, 5-9.

2. Kashytskyi V. P., Sadova O. L., Klymovets O. B. (2023). Technology of forming modified epoxy composite coatings for the protection of oil and gas complex structures. Journal of hydrocarbon power engineering, 9(2), 53-61. DOI: [https://doi.org/10.31471/2311-1399-2022-2\(18\)-53-61](https://doi.org/10.31471/2311-1399-2022-2(18)-53-61)

3. Cevahir A. (2017). Glass fibers. In book: Fiber Technology for Fiber-Reinforced Composites. DOI: [10.1016/B978-0-08-101871-2.00005-9](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101871-2.00005-9)

УДК 398.3

## ОПТИЧНІ ЯВИЩА В АТМОСФЕРІ ЗЕМЛІ

**Х.П. Чикеренда, С.А. Федосов**

*Луцький національний технічний університет,  
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Україна, [fedosov.serhiy@gmail.com](mailto:fedosov.serhiy@gmail.com)*

Для променів світла, що йдуть від Сонця або інших небесних світил, земна атмосфера являє собою своєрідну оптичну систему з постійно змінними параметрами, забезпечуючи освітленість земної поверхні, в певних умовах, розкладає на складові і викривляє хід променів, викликаючи, тим самим, різні атмосферні явища.

Природа виникнення оптичних явищ є наслідком заломлення, дисперсії, дифракції, рефракції світла та пов'язані із розсіюванням сонячного світла. При проходженні променів Сонця через атмосферу частина прямої сонячної радіації поглинається молекулами повітря, розсіюється та відбивається. У результаті цього в атмосфері спостерігаються різні оптичні явища, які сприймаються безпосередньо нашим оком. До числа таких явищ відносяться: веселка, гало, міражі, полярне сяйво, колір неба та ін.

*Гало.* Під явищем гало розуміються світлі або веселкові кола, які іноді спостерігаються навколо Сонця чи Місяця. Гало буває в тому випадку, коли ці небесні тіла доводиться бачити