

## Редакционная колонка – личное мнение

### Упрочнение полимерных материалов водой при отрицательной температуре

С. С. Песецкий<sup>1+</sup>, В. Е. Агабеков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, Гомель

<sup>2</sup> Институт химии новых материалов НАН Беларуси, ул. Ф. Скорины, 36, 220141, Минск

Вода может вызывать сильные и неочевидные изменения свойств полимеров. В частности, водная среда при повышенной температуре по сравнению с воздушной ускоряет термо- и фотоокисление макромолекул полиэтилена и функционализированных продуктов на его основе (Henry J.L., Ruaya A.L., Garton A. J. *Polym. Sci., Part A. Polym. Chem.* 1992. V. 30, p. 1693–1703; Pesetskii S.S. et al. *Polymer*. 2000. V.41, p. 1037–1043; Песецкий С.С., Кузавков А.И., Кривогуз Ю.М. *ЖПХ*. 2000. Т.73, вып.1, с. 272–276).

При нагревании в водной среде в кристаллизующихся термопластах протекают процессы кристаллизации и полиморфных превращений (Мачюлис А.Н., Торнау Э.Э. Диффузионная стабилизация полимеров. Вильнюс, Минтис. 1974; Карпова С.Г., Чвалун С.Н. и др. *Вестник Казанского политехнического университета*. 2013. Т. 16, № 22. с.136–142). При многократном замораживании-оттаивании криогелей ПВС происходит повышение их механической прочности (Лозинский, В.И. *Успехи химии*, 1998, т. 67, №7, с. 641–655), а в увлажненных пленочных образцах из ПВС наблюдается резкое, на 500 и более процентов, увеличение деформационной способности по сравнению с сухими, что используется в технологии оптически-активных материалов (Чапланова Ж.Д., Муравский А.А., Агабеков В.Е. и др. *Журн. прикл. спектр.* 2015. Т. 82, №2, с. 169–174). Выдержка в воде частично сшитых эпоксидных олигомеров ускоряет процесс их отверждения и обеспечивает получение материала со стабильными свойствами без воздействия высоких температур (Пыриков А.В., Лойко Д.П. *Вестник ТГЭУ* 2008. №4, с. 29–33).

Для гетероцепных полимеров влияние воды может быть разнообразным и даже противоположным при высокой и отрицательной температурах. Сорбирующая вода оказывает пластифицирующее влияние на полимеры, снижая температуру стеклования и модуль упругости. Вода, сорбируемая полимером и образующая с макромолекулами водородные связи, имеет в тонких (0,5–1,5 нм) слоях существенно более низкую температуру замерзания. Так, в растительных тканях (природные полимеры) связанная вода замерзает при -70...-80 °С, а прочно связанная – при -100...-130 °С (Белоус А.М., Грищенко В.Н. *Криобиология*. Киев, Навук. думка, 1994). Модуль упругости льда в среднем составляет 9 ГПа.

При криогенных температурах сорбируемая вода влияет на механические свойства гетероцепных полимеров неожиданным образом: происходит увеличение модуля упругости, а значит и рост жесткости материала. Этот эффект зафиксирован методом релаксационной спектроскопии для ПЭИ, ПЭС, ПА6 (Baschek G., Hartwig G., Zahradnik F. *Polymer*. 1999, V. 40, p. 3433–3441), органопластиков на основе эпоксидной смолы (Старцева Л.Г., Перепечко И.И. *МКМ*. 1984. №1, с. 145–148).

Механизм упрочнения полимеров водой до сих пор не выяснен. Однако наблюдаемые эффекты (возможно двукратное увеличение модуля упругости для влажных образцов по сравнению с сухими) определяют необходимость проведения дополнительных исследований. Особый интерес при этом представляют полимер/глинистые нанокompозиты, а также материалы, содержащие гибридные наполнители – наноглины и гидрофильные волокна (стеклянные, базальтовые и т.п.), способные прочно связывать на своей поверхности воду. Исследования в этом направлении позволят более глубоко понять специфику взаимодействия макромолекул с водой при низких температурах и обоснованно разрабатывать композиты, предназначенные для эксплуатации в холодных условиях.



Песецкий С.С. – главный редактор, д.т.н., проф., член-корр. НАН Беларуси

Агабеков В.Е. – член редколлегии, д.х.н., проф., академик НАН Беларуси