

Особливості впливу фізичних полів на процеси структуроутворення і властивості полімерних систем

В.О. Овсянкін

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”
37, пр. Перемоги, Київ, 02160, Україна

Огляд присвячено аналізу літературних даних про вплив фізичних полів на процеси структуроутворення в полімерних системах. Вирішення проблеми якості полімерних матеріалів неможливе без покращення характеристик, таких як міцність, стійкість до різного виду деформацій та інших фізико-хімічних властивостей. Електричні та магнітні поля – ефективний метод модифікації полімерів і їх композитів, оскільки дають змогу цілеспрямовано змінювати структуру та властивості таких систем і певним чином замінювати хімічний спосіб модифікації на фізичний. Як видно з огляду використання таких полів, знаходить широке застосування як при синтезі, так і при фізико-хімічних способах модифікації полімерів. Механізм впливу магнітного та електричного полів різний, і особливості його залежать від хімічної будови полімерів, а найбільш ефективний вплив на полярні полімери.

Ключові слова: електричне поле, полімери, діелектрична проникність, полімерна система, механізм, макромолекула, магнітне поле, особливості дії, структура.

Відомо [1], що більшість полімерів належать до діелектриків, однією з основних властивостей яких є здатність до поляризації під дією зовнішніх електричних полів (ЗЕП).

У діелектриках [1] перенос зарядів здійснюють іони, вільні чи зв'язані електрони. Хімічна будова полімеру визначає здатність, а також механізм його поляризації. Так, для неполярних полімерних систем, таких як поліетилен, поліпропілен, полістирол та ін., характерна електронна поляризація, значення якої практично не залежать від частоти прикладеного ЕП. У той же час, вплив ЕП на полярні полімери, коли реалізується підвищення рухливості фрагментів їхніх макроланцюгів, викликає орієнтацію електричних диполів у складі останніх, що сприяє росту діелектричної проникності (ϵ) цих систем.

Величина поляризації полімерних діелектриків залежить від: кількості диполів в одиниці об'єму полімеру [2]; взаємозв'язку між макромолекулами [3] та дипольного моменту макромолекул [4].

Розрізняють чотири основних механізми поляризації: електронну, іонну, орієнтаційну й об'ємну. Усі види поляризації настають з деяким запізненням, що характеризується часом релаксації (τ). Для різних механізмів поляризації τ збільшується в ряду: електронна – іонна – орієнтаційна – об'ємна.

Як відомо [5], елементи структури діелектрика, залежно від здатності їх зміщатися чи орієнтуватися під дією прикладеного ЕП, поділяються на два типи: сильно і слабо зв'язані. Зсуву пружно зв'язаної частки

полімерного діелектрика з положення рівноваги, біля якого вона робить теплові коливання, перешкоджають квазіпружні сили. Такі сили виникають після дії прикладеного ЕП при зсуві електронної оболонки і ядра в атомах, атомів у макромолекулах, дипольних молекул у молекулярних кристалах.

Розглянемо основні сучасні напрями застосування ЕП при модифікації полімерних систем. Так, проводяться роботи в напрямі модифікації епоксидних полімерів як перспективних матричних композитів [6]. У роботі [7] досліджено вплив ПЕП на структуру, питому теплоємність, термомеханічні властивості та електропровідність нанокомпозитів на основі поліепоксиду і наповнювачів Fe_2O_3 , Al_2O_3 . Отримані результати показують, що застосування ПЕП дає змогу впливати на рівень досконалості кристалічної структури наповнювача (Fe_2O_3) в складі композиту, при цьому розмір кристалів зменшується від 18,0 нм (для вихідних зразків композитів) до 7,7 нм (для композитів, сформованих під дією ПЕП). Нанокомпозити, сформовані в ПЕП, характеризуються вищими значеннями електропровідності.

Як дисперсні наповнювачі епоксидних полімерів використовують і частинки графіту та скловолокна, що приводить до покращення оптичних властивостей, підвищення теплопровідності в разі прикладання електричного поля з частотою 5 Гц і напруженістю (E) $12 \cdot 10^5$ В/м [8].

Вплив змінних електричних полів за $E=(40-80) \cdot 10^3$ В/м на полімерну систему епоксидний полімер – нанотрубка приводить до орієнтації вуглецевих

нанотрубок в епоксидній матриці [9].

Автори робіт [10, 11] досліджували полімерні композиції на основі епоксидної смоли ЕД і отверджувача поліетиленполіаміну (ПЕПА) та полімерні клеї марки ВК-3, ВК-9 і ВК-153, а також дисперсні наповнювачі у вигляді металевих порошоків, латунної і алюмінієвої пудри. При обробці зразків у термоелектровібраційному полі напруженість ЕП доводили до 2270 В/см за частоти коливань 18 Гц і температури 60 °С. Встановлено, що з підвищенням напруженості ЕП зростає коефіцієнт теплопровідності дисперсно-наповнених полімерних матеріалів (ДНПМ) (особливо це помітно для композиції з алюмінієвою пудрою, обробленою розчинником). Зростання теплопровідності зразків ДНПМ можна пояснити утворенням стрижневих структур з частинок наповнювача. При цьому обробка в комбінованому полі більш ефективна, ніж тільки в електричному. Таке підвищення теплопровідності можна пояснити більш щільною упаковкою частинок наповнювача при електровібраційному впливі. Більш висока теплопровідність зразків з наповнювачем з алюмінієвої пудри, обробленої розчинником, пояснюється видаленням з поверхні частинок наповнювача малотеплопровідних плівок оксиду.

Автори роботи [12] досліджували отвердження епоксидної композиції за умов дії ЗЕП. Було встановлено, що за умов впливу ЕП процес утворення тривимірного епоксиполімеру за наявності в системі фосфорвуглецевих волокон відбувається інтенсивніше з утворенням більш жорсткої зв'язаної структури полімеру в порівнянні з таким складом, отвердженим поза полем.

Як об'єкт досліджень у роботі [13] був обраний лінійний гнучколанцюговий полімер – полівінілхлорид (ПВХ) з константою Фікінгера 65. Як наповнювач ПВХ було використано типовий пластифікатор дибутилфталат (ДБФ). Зразки для досліджень отримували в електричному полі за напруженості 1 кВ/мм і без поля. Концентраційну та частотну залежність дійсної складової і величини діелектричних втрат ($\text{tg}\delta$) проводили в частотному діапазоні від 100 Гц до 100 кГц. Показано, що електрична релаксація в області слабких полів у таких системах має двостадійний характер. Встановлено, що ефективність дії пластифікатора зростає в 3–5 разів під дією ЗЕП. При подальшому збільшенні вмісту ДБФ ефективність дії ЕП нелінійно зменшується.

Останнім часом ведуться роботи з розробки електрочутливих матеріалів. Так, автори роботи [14] синтезували взаємопроникні сітки (ВПС) на основі полівінілового спирту (ПВА) та хітозану, які виявляли електрочутливий характер. Набрякли ВПС на основі ПВА/хітозану поміщали між парою електродів і вивчали характер відповіді під впливом ЕП. Було встановлено, що кут і швидкість їх згинання змінювалися зі збільшенням прикладеної напруги і концентрації NaCl у водному розчині.

Гелі на основі поліетилноксазоліну, декстранів різної

молекулярної маси були вивчені й охарактеризовані як потенційні матриці для електроконтрольованої доставки пептидів, білків і неповних антигенів ЛВ (аніон, катіонзаряджених і нейтральних). Під впливом ЕП електрочутливі гідрогелі в основному стискаються або згинаються, що залежить від форми і орієнтації гідрогелю щодо електродів [15–20].

Разом з цим вивчається вплив ЕП на природні полімери [21–24]. Так, авторами робіт [23, 24] досліджено вплив ПЕП на композити на основі поліуретану та ацетобутирату целюлози. Показано, що дія ЕП на етеруретан і композити на його основі сприяє змінам надмолекулярної структури, в той час як у випадку естеруретану такі зміни не спостерігаються внаслідок домінування термодинамічних процесів формування кристалітів поліуретану над ефектами поляризації. Під впливом ЕП відбувається зниження температури склування гнучких блоків етеруретану.

Зовнішнє постійне електричне поле також має вплив на процес фотолюмінесценції поліметинових барвників як у фотопровідному, так і нефотопровідному полімері [25–27]. У першому випадку воно призводить до зменшення інтенсивності випромінювання через фотогенерацію ЕД, їх дисоціації і зменшення ймовірності рекомбінаційної люмінесценції. У нефотопровідному полімері рекомбінаційна люмінесценція відсутня, і в ЗЕП може зростати інтенсивність люмінесценції. Хід зміни її інтенсивності визначається електронною густиною в хромофорі незбудженої i - π -перерозподілом молекули барвника під дією ЗЕП. Його дія приводить до зростання (зменшення) інтенсивності електронних переходів на нижчі (вищі) рівні основного стану у спектрах фотолюмінесценції і зворотних ефектів у спектрах поглинання. Тому можливе посилення електричним полем інтенсивності люмінесценції молекул барвників. Вплив ЕП на фотопровідність закономірно залежить від будови барвників. При збільшенні донорних властивостей кінцевих груп катіонних поліметинових барвників зростає струм фотопровідності в ППК на основі фотопровідних полімерів з власною дірковою провідністю. Такий же ефект простежується при зменшенні довжини поліметинового ланцюга в молекулах барвників.

Для збільшення ефективності фотогенерації носіїв заряду в ППК на основі полімерів з власним дірковим типом провідності слід використовувати катіонні барвники, що містять сильноелектронодонорні кінцеві групи. Ці фактори необхідно враховувати при створенні ППК з фотопровідними і електрооптичними властивостями.

Результати досліджень впливу ЗЕП на процеси поглинання і люмінесценції ППК з барвниками вказують на те, що в сильних ЕП дійсно відбувається перерозподіл електронної густини в молекулах. Цей перерозподіл анізотропний і його потрібно враховувати при аналізі механізмів фотогенерації та транспорту носіїв

заряду в ППК. Зокрема, зміщення електронної густини до потенційного бар'єру, що розділяє молекули, між якими відбувається міжмолекулярний перехід носія заряду, може бути однією з причин збільшення квантового виходу фотогенерації.

За допомогою комп'ютерного моделювання [28] досліджено вплив зовнішніх постійних і змінних ЕП на властивості фазових переходів у дво- та тривимірних системах обертання з анізотропними орієнтаційними взаємодіями. Показано, що дія поля призводить до збільшення критичної температури і «розмиття» фазового переходу. За певної частоти зовнішнього поля спостерігається максимум кривої гістерезису, положення якого слабо залежить від температури і констант орієнтаційних взаємодій. Висота піка площі кривої гістерезису зростає зі зменшенням температури і збільшенням енергії взаємодії між частинками.

Проводяться роботи з дослідження процесів формування волокнистих матеріалів з поліакрилонітрилу (ПАН) в електричному полі [29–35]. Встановлено, що діаметр сформованого волокна залежить від напруженості ЕП. Для розчинів з ММ 580 і 700 тис. збільшення напруги до 37 кВ призводить до погіршення умов сушіння волокон і утворення плівки на прийомному електроді. Це можна пояснити тим, що при формуванні волокна розчини полімерів під дією ЕП піддаються деформації розтягу.

Також можна зробити висновок, що ЕП викликає поляризацію (електричну, дипольно-релаксаційну, іонну) полімеру, пов'язану з хімічною і фізичною будовою. Внаслідок поляризаційної дії ЕП можуть змінюватись структура та властивості композитів (електропровідність, міцнісні характеристики і т.д.).

Особливості впливу зовнішнього магнітного поля на структуру і властивості полімерів та їх композитів.

На сьогодні застосування магнітного поля для спрямованої зміни структури і властивостей полімерів і композитів на їх основі набуває все більш широкого поширення [36–61]. Серед найбільш відомих напрямів застосування постійного магнітного поля (ПМП) можна відзначити реакції органічного синтезу [41–54], фізико-хімічну модифікацію полімерів і композитів [55–57] і надання фізичної анізотропії полімерам рідкокристалічної будови. Зупинимося на результатах дослідження впливу ПМП на синтез і модифікацію полімерів та композитів у згаданих роботах.

Методом хроматографії показаний позитивний вплив ПМП на зміну ММ і молекулярно-масовий розподіл. Вплив магнітного поля на реакцію фотоотверднення (зшивання) збудженого азометильованого полістиролу досліджували в роботі [37]. Полі(стирол-кополівнілбензилазид), який був отриманий у ПМП і за його відсутності, досліджували методом ДСК на термостабільність і встановили, що поле має інгібуючий вплив на фотополімеризацію. Такий же зростаючий ефект магнітного поля на нестабільність перебігу

електроініційованої полімеризації поліпіролу спостерігали в роботі [38] при вивченні формування зразків електрополімеризованих поліпіролів у концентрованих і слабоконцентрованих розчинах. Нестабільність електроініційованої полімеризації залежала від зростання концентрації розчину реакційної маси і прикладання ПМП. Вплив сильних ПМП на процес низькотемпературної полімеризації було вперше теоретично обгрунтовано, виходячи з припущення, що процес полімеризації зумовлено взаємодією квазічасток молекули поблизу фазового переходу [39, 40]. При зближенні двох ланцюгів виникають сили колективної взаємодії між електронами. Якщо припустити, що кожна з квазічасток перебуває тільки у двох положеннях, що відповідають фазовим станам, енергії яких поблизу точки переходу близькі, то при накладенні ПМП із напруженістю 10^5 А/м відбувається перекидання енергетичних зон.

Автори роботи [41] досліджували полімеризацію метил-, етил-, бутілметакрилатів у магнітному полі. Поле сприяє упорядкуванню полярних компонентів у полімеризаційній системі, що сприяє покращенню термостабільності.

Залежно від величини напруженості магнітне поле може бути [42]: перешкоджаючим елементом процесу радикального росту макромолекул, інструментом управління процесом полімеризації; резонансним фактором щодо вихідної реплікації макроланцюга.

Ефект обробки магнітним полем залежить від таких факторів як: напруженість [43, 44]; температура, за якої ведеться обробка [45–47]; стадії процесу ініціювання.

Усе більш ширше застосовується ПМП при фізичній модифікації полярних полімерів [48–50] з метою полегшення умов переробки таких полімерів як целюлоза [50] чи надання визначених властивостей полімерам. При цьому часто використовуються розчини полімерів і поверхневоактивні речовини для підвищення рухливості і полярності макромолекул полімеру, що піддається спрямованій модифікації. У загальному випадку для полімерів різних класів [50], які були піддані відпалу і впливу ПМП, відбувається упорядкування їхньої структури, підвищення щільності, твердості, механічної міцності, разом з тим деформованість їх зменшується.

Ефективний вплив зовнішнього постійного магнітного поля (ЗПМП) на структуру полімерів можливий тільки у випадку створення кінетичної рухливості макромолекул ланцюга. Тому полімери, що піддаються впливу ЗПМП, перебувають у розплавленому чи в'язкотекучому стані. Поряд з цим для створення кінетичної рухливості використовують набрякання зразків у визначеній кількості розчинника. При взаємодії молекул полімерів із ЗПМП спостерігається їх орієнтація, наслідком якої є зростання упорядкованості структури полімеру, збільшення ступеня кристалічності, зміна ряду фізико-механічних властивостей.

Із літературних джерел відомо, що для полімерних

композитів з дисперсними феромагнітними наповнювачами, сформованих під дією ЗПМП, спостерігаються сильніші ефекти, ніж для сформованих у ЗПМП композитів з діамагнітним типом наповнювача [51, 52]. В роботі [45, 52] досліджували композити на основі поліетилену високої густини (ПЕВГ), наповнені феромагнітними наповнювачами, зокрема Fe_2O_3 ; NiO ; MnO_2 ; NiZnO_2 , які були піддані дії ЗПМП ($H = 1,9 \cdot 10^5$ А/м) протягом 0,5 год. Було показано, що обробка композитних матеріалів у ЗПМП приводить до збільшення діелектричної проникності композитів, що, на думку авторів, пов'язано з поляризацією магнітної частинки, в результаті чого відбувається зміна структури та властивостей композитів. На характер розподілу феромагнітних наповнювачів впливають переважно напрямок і напруженість магнітного поля.

За відсутності сегрегації частинок [53] високодисперсного Fe_3O_4 як наповнювача полівінілхлориду (ПВХ) розглянуто структурні магнітні підсистеми, що характеризуються періодичним розподілом магнетиту. Проведено розрахунок величини внутрішнього магнітного поля композиту й характер його розподілу між підсистемами. Показано, що за вмісту Fe_3O_4 в діапазоні $0,1 \leq p \leq 0,0$ % ваг., ПВХ-система, сформована в ЗПМП, характеризується підвищеним значенням внутрішнього тиску. Результати розрахунків слугують основою для отримання полімерних композитів із регульованим комплексом властивостей

Вплив ПМП на природні полімери досліджували автори роботи [54]. Встановлено, що в разі використання аморфного поліуретану для створення композитів магнітне поле не сприяє формуванню далекого впорядкування ні в поліуретані, ні в композитах на його основі, а спостерігається зменшення гетерогенності внаслідок руйнування системи міжмолекулярних водневих зв'язків. У частково кристалічному поліуретані магнітне поле спричинює поліморфний перехід від α до β -кристалічної модифікації в естерній складовій поліуретану, чим зумовлює зміни термічних і діелектричних властивостей композиту.

Під впливом магнітного поля [55–57] на рідкокристалічні розчини ефірів целюлози спостерігаються такі ефекти: підвищення температури фазового рідкокристалічного (РК) переходу; збереження підвищеної температури фазового РК переходу протягом кількох годин після припинення впливу магнітного поля. Це дає змогу говорити про те, що системи ефіри целюлози – розчинники є «системами з пам'яттю». Було встановлено, що чим менша молекулярна маса полімеру, тим більш виразна доменна структура. Отже, чим менший розмір молекул полімеру, тим краще вони орієнтуються в магнітному полі.

Останнім часом проводяться дослідження впливу імпульсних магнітних полів на полімери та їх композити [58–74]. Так у роботі [58] виявлено збільшення (до 50 %) торцевої твердості зразків модифікованої деревини,

підданої короткочасній (секунди) дії слабких (до 0,5 Тл) імпульсних магнітних полів (ІМП). Ефект характеризується граничним значенням амплітуди імпульсу (0,2 Тл). Виявлено 15 %-ве зменшення адсорбційних властивостей поверхні зразків модифікованої деревини, пошкодженої ІМП. Ефект пов'язується з можливістю утворення в результаті ІМП-впливу зшивання між бічними групами макромолекул целюлози в зразках модифікованої деревини.

Проведені вимірювання ІЧ-спектрів зразків модифікованої деревини до і після ІМП-впливу підтвердили факт утворення в оброблених зразках поперечних зв'язків між макромолекулами целюлози. Розшифрування спектрів дає можливість припустити, що цими поперечними зв'язками є нові хімічні зв'язки С–О–С.

Роботи, присвячені дослідженню впливу постійних і імпульсних магнітних полів на фізичні властивості аморфних і кристалічних полімерів, почали з'являтися у публікаціях порівняно недавно [75, 76]. Разом з тим, у результаті подібних досліджень було виявлено ряд цікавих ефектів. У роботі [76] результатом впливу магнітних полів ($B=0,7$ Тл) на зразки аморфних поліметилметакрилату (ПММА) і ПВХ спостерігали зменшення тангенса кута діелектричних втрат ($\text{tg} \delta$) в області температур склування обох полімерів, причому постійне поле сильніше впливало на величину $\text{tg} \delta$ зразків, ніж імпульсне. Крім того, в роботі відзначено, що ефект зниження $\text{tg} \delta$ для обох полімерів був тим сильніший, чим нижча частота вимірюваного поля (вона могла змінюватися в межах від 400 до 5000 Гц). Автори пов'язують ці ефекти з орієнтацією в ПМП макромолекулярних фрагментів полімерів, причому, оскільки ПВХ має більшу полярність порівняно з ПММА, ефект зміни $\text{tg} \delta$ у нього в результаті впливу магнітного поля виявляється сильніше, що і спостерігається в експерименті. В роботах [77, 78] були проведені дослідження зміни діелектричних втрат у результаті впливу ПМП ($B=1,4$ Тл) на плівки іншого слабкополярного полімеру – політетрафторетилену (ПТФЕ). У магнітному полі максимум кривої $\text{tg} \delta(T)$ зміщується в бік вищих температур і знижується по висоті, причому ефект проявляється сильніше у випадку, коли вектори індукції магнітного поля (B) і напруженості електричного вимірюваного (E) виявляються взаємоперпендикулярними

Імпульсні магнітні поля мають більш складний механізм впливу [77]. Можна розглянути, як мінімум, два сценарії такого впливу на полімерні системи. З одного боку, короткострокова, ударна дія коротких фронтів імпульсів або поодиначних імпульсів, з іншого – тривале з досить високою частотою проходження двополярних або синусоїдальних імпульсів поля. Короткий фронт імпульсу може бути утворений тільки при вкладі високочастотних компонент, причому в цьому випадку активно буде діяти не тільки магнітна складова поля, а й вихрова електрична, яка може бути дуже важливою в прояві впливу на механічну міцність полімерів.

На сьогодні великий інтерес дослідників викликають магнітокеровані еластомери, які здатні змінювати свої властивості під дією ЗМП [79–87]. Ці матеріали являють собою полімерні матриці з введеними в них нано та/або мікрочастинками. В роботі [85] показано, що магнітокеровані еластомери можуть зворотно текстуруватися під дією прикладеного магнітного поля і змінювати свою структуру залежно від його напрямку. Ці матеріали мають невеликий модуль Юнга (близько декількох десятків кПа), що свідчить про їхню низьку акустичному імпедансність. Це уможливує їх застосування для поєднання п'єзоелектриків і низькоімпедансних середовищ (рідини або газу). Крім того, використання цих матеріалів у структурах, що містять п'єзоелектрики, дасть змогу за допомогою магнітного поля змінювати швидкість акустичних хвиль у них. Це може бути використано при створенні магнітокерованих пристроїв обробки сигналів.

З метою модифікації полімерних покриттів і забезпечення необхідних спеціальних властивостей досить широко використовують постійні або змінні магнітні поля. Це приводить до покращення таких експлуатаційних характеристик як твердість, міцність при згинанні, міцність при розтягненні, адгезія. Авторами роботи [86] проведено систематичне дослідження модифікації полімерних систем впливом змінного магнітного поля за частоти 10–196 Гц і напруженості 50–2000 А/м з метою регулювання комплексу їхніх властивостей. Запропоновано механізм модифікуючого впливу поля, який базується на уяві про більш рівномірний і ефективний розподіл пластифікатора в полімерній матриці. Показана можливість зниження за допомогою методу фізичної модифікації матеріалоемності виробництва за рахунок зменшення витрат пластифікатора від 50 до 25 % мас. без погіршення експлуатаційних властивостей готового матеріалу.

Встановлено [88], що вплив електромагнітного поля високочастотного діапазону при нанесенні полімерного покриття на поверхню металу збільшує адгезійну міцність за рахунок релаксації внутрішніх напружень та появи міцної поперечно-зшитої структури адгезиву. Значний вплив на захисні властивості полімерних покриттів мають внутрішні напруження, що виникають у шарі полімеру після його отвердження. Ці напруження викликають довільне відшарування і руйнування по-

криттів.

Отже аналіз літературних даних показав, що магнітна обробка матеріалів у багатьох випадках дає змогу впорядкувати структуру і значно збільшити міцність матеріалів; впливати на діаманітні речовини, до яких належить більшість органічних полімерів. Діапазон прогнозованих найбільш ефективних значень напруженості магнітного поля різний, як і різні механізми дії. Для напруженості в інтервалі 10^3 – 10^7 А/м різні автори схильні вважати характерними явища орієнтації, а для області 10^{11} – 10^{15} А/м – перебудову основного магнітного стану. Важко віддати перевагу якомусь одному з підходів не тільки внаслідок істотної відмінності розглянутих значень напруженості поля. В цих механізмах не враховано особливості будови макромолекул, структури розплавів і їхні магнітні властивості.

Також можна зробити висновок, що для полімерних композитів за участю дисперсних феромагнітних наповнювачів, сформованих під дією поля, спостерігаються сильніші ефекти, ніж для сформованих у магнітному полі композитів із діаманітним типом наповнювача, що спричиняє зміну багатьох властивостей полімерних композиційних матеріалів.

Численні експериментальні результати, отримані останнім часом різними групами дослідників, свідчать про те, що слабкі магнітні поля можуть ефективно впливати на широкий клас конденсованих систем, викликаючи в них довготривалі структурні перебудови. Фізична сутність та механізми впливу таких магнітних полів на немагнітні матеріали все ще залишаються нез'ясованими.

Висновки.

Незважаючи на великі потенціальні можливості та перспективи практичного застосування полімерних матеріалів, проблема регулювання їхньої структури з метою отримання спеціальних характеристик далека від вирішення. Один із перспективних шляхів її вирішення – застосування електричних і магнітних полів. Проведений аналіз літературних даних показав, що використання електричних та магнітних полів знаходить широке застосування та використовується як при синтезі, так і при фізико-хімічних способах модифікації полімерів. Механізм впливу й ефективність фізичних полів залежать від хімічної структури полімерів, а найбільш ефективний вплив на полярні полімери.

Література

1. *Воронежцев Ю.И., Гольдаде В.А., Пинчук Л.С., Снежков В.В.* Электрические и магнитные поля в технологии полимерных композитов. – Минск: Наука и техника, 1990. – 262 с.
2. *Kovalevsky A.Yu, Ponomarev I.I.* Influence of steric and electronic effects of substituents on the molecular structures and conformational flexibility of 1,8 – naphthalenedicarboximies // *Anal.Chem.B1.* – 2000. – 49,

№ 1. – P.70-76

3. *Cumming E.B.* Conditions for similitude between the fluid velocity and electric field in electroosmotic flow // *Anal. Chem. B1.* – 2000. – 72, №11. – P. 2526-2532

4. *Nobuhiro Ohta, Koizumi Masaru* External electric field effects on fluorescence of methylen-linked D-A systems in polymer films // *J. phys.chem.*– 1996. – 100, № 50. – P. 19295-19302

5. Губкин А.Н. Физика диэлектриков: Учебное пособие для вузов. – М.:Высш. школа, 1971. – Т.1. – 230 с.
6. Демченко В.Л., Віленський В.О. Вплив постійних електричного і магнітного полів на структуру і термомеханічні властивості композитів на основі епоксидного полімеру і оксиду Fe_2O_3 , Al_2O_3 // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. - 2009. - №2. - С.114-121
7. Віленський В.О., Демченко В.Л. Вплив величини напруженості постійного електричного поля на структуру, теплофізичні властивості та провідність нанокompозитів поліепоксид - оксид металу // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. - 2009. - №2. - С. 227-232
8. Kim. G. Physical fields // Composites Science and Technology. - 2005. – Vol.65. – P.1728-1735
9. Prassea T., Cavaille J.Y. The application of magnetic and electric fields // Composites Science and Technology. – 2003. - Vol.63. – P.1835-1841
10. Попов В.М., Новиков А.П., Лушникова Е.Н. Технология получения теплопроводных полимерных композиционных материалов повышенной прочности путем модифицирования физическими полями // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2011. – № 1. – С. 72–77.
11. Попов В.М., Новиков А.П., Черников Э.А., Лушникова Е.Н. Теплопроводность полимерных материалов, модифицированных воздействием физическими полями // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – С.37-45
12. Дубкова В.И., Крутько Н.П. Физические поля и их применение // Инженерно-физич. журн. – 2007. – 80, №3. - С.47-54
13. Максимцев Ю.Р. Влияние электрического поля на диэлектрические свойства пластифицированных систем на основе гибкоцепных полимеров // Фізика, електроніка, електротехніка : матеріали та програма науково-технічної конференції, м. Суми, 16-21 квітня 2012 р. - Суми : СумДУ, 2012. - С. 50.
14. Bhattarai N., Gunn J., Zhang M. Chitosan based hydrogels for controlled, localized drug delivery // Adv. Drug Deliv. Rev. – 2010. – Vol. 62. – P. 83–99.
15. Bajpai A. K., Shukla S. K., Bhanu S., Kan , Kane S. Responsive polymers in controlled drug delivery // Progr. Polym. Sci. – 2008. – Vol. 33. – P. 1088–1118.
16. Michal Pribyl, Ruzena Chmelikova, Pavel Hasal, Milos Marek Modeling of hydrogel immobilized enzyme reactors with mass-transport enhancement by electric field // Chemical Engineering Science. - 2001. – 56, Issue 2. – P. 433-442
17. Liator-Santos J.J., Fernandez-Nieves A. Motion of microgels in electric fields // Advances in Colloid and Interface Science. – 2009. – Vol. 147–148. - P. 178-185
18. Jianming Lin, Qunwei Tang, De Hu, Xiaoming Sun, Qinghua Li, Jihuai Wu. Electric field sensitivity of conducting hydrogels with interpenetrating polymer network structure // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2009. – 346, Issues 1–3. - P. 177-183
19. Venelin Enchev, Valentin Monev, Nadezhda Markova, Marin Rogozherov, Silvia Angelova, Milena Spassova. A model system with intramolecular hydrogen bonding: Effect of external electric field on the tautomeric conversion and electronic structures // Original Computational and Theoretical Chemistry. – 2013. – Vol. 1006. - P. 113-122
20. Zrinyi M. Magnetically responsive polymer gels and elastomers: properties, synthesis and applications // Smart Polymers and their Applications. - 2014. – Vol.5. – P. 134-165
21. Lebovka N.I., Shynkaryk M.V., El-Belghiti K., Benjelloun H., Vorobiev E. Plasmolysis of sugarbeet: Pulsed electric fields and thermal treatment // J. of Food Engineering. - 2007. – 80, Issue 2. - P. 639-644
21. Souza B.W.S., Cerqueira M.A., Martins J.T., Casariego A., Teixeira J.A., Vicente A.A. Influence of electric fields on the structure of chitosan edible coatings // Food Hydrocolloids. – 2010. – 24, Issue 4. - P. 330-335
22. Віленський В.О., Керча Ю.Ю., Штомпель В.І. Дослідження впливу постійного електричного поля на процеси структуроутворення в композитах поліестеруретану і АБЦ, отриманих з розчину // Доп. НАН України. – 2004. - №7. – С.34-45
23. Віленський В.О., Гончаренко Л.А., Глієва Г.Є. Порівняльний вплив постійних електричного і магнітного полів на кристалічну структуру, теплофізичні і діелектричні властивості металовмісних поліуретан-целюлозних кополімерів // Фізика конденсованих високомолекулярних систем. - 2005. - №11. - С. 43-51
24. Давиденко Н.А., Деревянко Н.А., Ищенко А.А., Студзинский С.Л., Павлов В.А., Четыркин А.Д., Чуприна Н.Г. Влияние постоянного электрического поля на фотолюминесценцию и фотопроводимость полимерных пленок, допированных катионными полиметиновыми красителями с концевыми группами различной ионности. // Оптика и спектроскопия. - 2009. - 106, №2. - С. 267-276.
25. Давиденко Н.А., Ищенко А.А., Гетьманчук Ю.П. Крокониевый краситель в качестве сенсibilизатора фототермопластических голографических сред для ближней ИК области спектра. // Оптический журн. – 2008. - 75, №3. - С. 54-59.
26. Davidenko N.A., Zabolotny M.A., Ishchenko A.A. Electronic absorption spectra of symmetric cationic dye in constant electric field. // Spectrochimica Acta. Part A. – 2005. - Vol.61. - P.213-218.
27. Петрова Т.О., Максимова О.Г. Исследование полимерных систем с ориентационными взаимодействиями, находящимися во внешних электрических полях, методами компьютерного моделирования // Сборник научных трудов «Физико-химия полимеров: синтез, свойства и применение».

- Тверь. -2012. – № 18. - С. 114-118.
28. *Генчурин Т.Х., Бұдыко А.К.* Влияние молекулярной массы на процесс электроформования волокнистых материалов, полученных из растворов полиакрилонитрила // Вестник МИТХТ. – 2010. - 5, № 6. – С. 93-101.
29. *Zhengping Zhou* Development of carbon nanofibers from aligned electrospun polyacrylonitrile nanofiber bundles and characterization of their microstructural, electrical, mechanical properties // Polymer. - 2009. – Vol.50. – P. 2999-3006.
30. *Wang-Xi Z.* Characterization on oxidative stabilization of polyacrylonitrile nanofibers prepared by electrospinning // Polym. Res. - 2007. – Vol.14. - P. 467-474.
31. *Seda Bekin, Shokat Sarmad, Koray Gurkan, Gonul Keceli, Gulden Gurdag* Synthesis, characterization and bending behavior of electroresponsive sodium alginate/poly(acrylic acid) interpenetrating network films under an electric field stimulus // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2014. – Vol.20. – P. 878-892.
32. *Kilic Ali, Shim Eunkyong, Pourdeyhimi Behnam* Measuring electrostatic properties of fibrous materials: A review and a modified surface potential decay technique // J. of Electrostatics. – 2015. – Vol. 74. – P. 21-26
33. *Jianbo Yin, Xiaopeng Zhao, Xiang Xia, Liqin Xiang, Yinpo Qiao* Electrorheological fluids based on nanofibrous polyaniline // Polymer. - 2008. – Vol.49. - P. 4413-4419.
34. *Domingues D., Logakis E., Skordos A.A.* The use of an electric field in the preparation of glass fibre epoxy composites containing carbon nanotubes // Carbon. - 2012. - 50, Issue 7. - P. 2493-2503.
35. *Warwick M.E.A., Romero-Nunez L.-M., Naik A.J.T., Binions R.* Electric Field-assisted Chemical Vapor Deposition for Nanostructured Thin Films // Comprehensive Materials Processing. – 2014. – Vol. 7. - P. 171-190.
36. *Демченко В.Л., Штомпель В.І., Рябов С.В., Унрод В.І.* Вплив магнітного поля на структуру і властивості полімерів та їх композитів // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2013. – № 4. – С.114-120.
37. *Camponeschi E. et al.* “Properties of carbon nanotube-polymer composites aligned in a magnetic field” // Carbon. - 2007. -Vol. 45. - P. 2037–2046.
38. *Antonio R. Guerreiro, Vadim Korkhov, Irene Mijangos, Elena V. Piletska, Juris Rodins, Anthony P.F. Turner, Sergey A. Piletsky.* New materials and their properties // Biosensors and Bioelectronics. – 2008. – 23, Issue 7. - P. 1189-1194.
39. *Simionescu C.I., Chiriac A.P.* Polymerization in a magnetic field: influence of ester chain length on the synthesis of various poly(methacrylate)s // Polymer. – 2001. - 34, № 18. - P. 3917–3920.
40. *Віленський В.О., Гончаренко Л.А.* Структура та теплоємність поліметакрилової кислоти, синтезованої в постійних магнітних полях // Доп. НАНУ. – 2001. – № 9. - С.137-146.
41. *Віленський В.О., Гончаренко Л.А.* Синтез поліметакрилової кислоти в постійних магнітних полях // Тез. Доп. 19 укр. конф. з органічної хімії, Львів. – 2001. - С. 360.
42. *Sessler G./M* physical fields in the modification of polymer systems // J. Acoust. Soc. Amer. – 2007. – 70, № 6. – P. 1596-1608.
43. *Колесникова Е.Д.* Воздействие слабых магнитных полей на процессы кристаллизации и плавления линейных полимеров : диссертация ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.07. - Воронеж, 2007. - 141 с.: ил. РГБ ОД, 61 07-1/1633.
44. *Новиков А.П., Попов В.М.* К вопросу о теплопроводности полимеров, подвергнутых воздействию постоянным магнитным полем // Вест. Воронеж. гос. технич. ун-та. – 2011. – 7, № 2. – С. 48–49.
45. *Попов В.М., Новиков А.П., Лушникова Е.Н.* Технология получения теплопроводных полимерных композиционных материалов повышенной прочности путем модифицирования физическими полями // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2011. – № 1. – С. 72–77.
46. *Попов В.М., Новиков А.П., Черников Э.А., Лушникова Е.Н.* Теплопроводность полимерных материалов, модифицированных воздействием физическими полями // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – С. 62–64.
47. *Песчанская Н.Н., Смолянский А.С., Рылов А.В.* Деформация полиметилметакрилата после воздействия радиации и магнитного поля // ФТТ. - 2002. - 44, № 9. - С. 1711.
48. *Демченко В.Л., Віленський В.О.* Вплив постійних електричного і магнітного полів на структуру і термомеханічні властивості композитів на основі епоксидного полімеру і оксиду Fe (III) АБО Al (III) // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2009. – № 2. – С. 114-121.
49. *Глієва Г.Є., Віленський В.О., Керча Ю.Ю., Гончаренко Л.А.* // Доп. НАН України. – 2007. – № 7. – С. 129–135.
50. *Віленський В.О., Овсянкіна В.О., Штомпель В.І., Керча Ю.Ю.* // Доп. НАН України. – 2004. – № 7. – С. 131–136.
51. *Демченко В.Л., Унрод В.І., Бененко С.П.* Вплив постійного електричного поля на електропровідність полімерних композиційних матеріалів // ВІСНИК КНУТД. – 2013. – № 3. - С. 15-19.
52. *Martin C.A., Sandler J. K.W., Windle A.H. [et al.].* Electric field-induced aligned multi-wall carbon nanotube networks in epoxy composites // Polymer. – 2005. – 46, № 26. – P. 877–886.
53. *Демчук В.Б., Колупаев Б.Б., Кленко В.В., Лебедев Е.В.* Влияние внешнего магнитного поля на внутреннее давление системы ПВХ-магнетит // Физика и техника высоких давлений. – 2012. – 22, № 2. – С. 95-109.

54. Віленський В.О., Керча Ю.Ю., Штомпель В.І. Дослідження впливу магнітного поля на теплоємність та кристалічну структуру полімерних композитів // Доп. НАН України. - № 4.- 2004. - С.32.
55. Вишков С.А., Русинова Е.В., Куценко Л.И., Галяс А.Г. Фазовые переходы жидкокристаллических растворов цианэтилцеллюлозы в магнитном поле. // Высокомолекуляр. соединения. Сер. А. - 2007. - 49, № 8. - С. 1582-1584.
56. Вишков С.А., Галяс А.Г. Фазовые жидкокристаллические переходы полимерных систем в магнитном поле. // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. - 2008. - 51, № 5. - С. 78-80.
57. Вишков С.А., Галяс А.Г., Куценко Л.И., Тюкова И.С., Терзиян Т.В., Шепетун А.В. Самоорганизация макромолекул и фазовые жидкокристаллические переходы в растворах эфиров целлюлозы // Высокомолекуляр. соединения. Сер. А. - 2011. - 53, № 1. - С. 3-8.
58. Юдина Е.П. Влияние импульсного магнитного поля на реологические свойства оксигидратных гелей иттрия и железа // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. - 2005. - № 3. - С. 54-59.
59. Постников В.В., Камалова Н.С., Левин М.Н., Матвеев Н.Н. Упрочнение модифицированной древесины после воздействия слабых импульсных магнитных полей. // Материалы IV Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (Intermatic – 2005). Москва: МИРЭА. – 2006. – С. 133-135.
60. Камалова Н.С., Кальченко С.В., Саушкин В.В., Постников В.В., Матвеев Н.Н. Воздействие импульсного магнитного поля на сорбционные свойства модифицированной древесины. // Материалы Межд. науч.-техн. школы-конференции «Молодые ученые – науке, технологиям и профессиональному образованию в электронике» (Молодые ученые – 2006). Москва, МИРЭА, 2006. – С. 100-102.
61. Камалова Н.С., Постников В.В., Матвеев Н.Н. Модель упрочнения модифицированной древесины. // Материалы V Междунар. НТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (Intermatic – 2006). – Москва: МИРЭА, 2006. – С. 82-86.
62. Постников В.В., Камалова Н.С., Евсикова Н.Ю., Матвеев Н.Н. Оптимизация процесса модифицирования древесины. Материалы VI Междунар. НТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (Intermatic – 2007). – Москва: МИРЭА, 2007. – С. 255-257.
63. Постников В.В., Камалова Н.С., Алпатова Д.В., Левин М.Н., Лисицын В.И. О возможности образования связей между макромолекулами целлюлозы в модифицированной древесине после воздействия импульсного магнитного поля. // Материалы VI Междунар. НТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (Intermatic – 2007). – Москва: МИРЭА, 2007. – Часть 3. – С. 93-95.
64. Камалова Н.С., Постников В.В. Теоретическая оценка упрочнения модифицированной древесины после воздействия импульсного магнитного поля. // Материалы VI Междунар. НТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (Intermatic – 2007). – Москва: МИРЭА, 2007. – Часть 3. – С. 96-98.
65. Влияние импульсных магнитных и электрических полей на пластичность линейных аморфных полимеров. Дис: ... канд. физ.-мат. наук. - Тамбов, 2000. - 123 с.
66. Серебрянников В. Влияние электрических полей и модификации полимеров на эксплуатационные свойства материалов электротехнического назначения. Автореф. дис. ... доктора технических наук. – М.: Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ), 2003. – 40 с.
67. Шарпатов В.А., Шапилов А.А., Пинтелин С.Н. // Хим. физика. - 2001. – 20, № 12. - С. 19–24.
68. Головин Ю.П., Моргунов Р.Б., Ликсутин С.Ю. Термодинамические и кинетические аспекты влияния импульсного магнитного поля на микротвердость полиметилметакрилата // Высокомолекуляр. соединения. Сер. А. - 2000. - 42, № 2. - С. 277-281.
69. Golovin Yu.I, Morgunov R.B, Liksutin S.Yu. Magnetosensitive physicochemical processes influencing plasticity of polymers and fullerites // EURO Material Research Society Conference. Spring Meeting. - Strasbourg, France 2000. - Symposium P «Crystal Chemistry of Functional Materials». - P. 467.
70. Ликсутин С.Ю. Исследование влияния импульсного магнитного поля на микротвердость полимерных стекол // Вест. Тамбовского ун-та (Сер. естественно-техническая). - 2000. - 4, № 4. - С. 492-495.
71. Постников В.В. Фазовая релаксация радикалов С–О в цепях целлюлозы в слабых магнитных полях / В.В. Постников, Н.С. Камалова, С.В. Кальченко, В.И. Лисицын // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения (Intermatic – 2009): материалы VII Международной научно-технической конференции – Москва: Энергоатомиздат, 2009. – Часть 1. – С. 200-202.
72. Постников В.В. О возможном влиянии импульсного магнитного поля на образование ковалентных связей между макромолекулами целлюлозы в модифицированной древесине // Физика и химия обработки материалов. – 2009. – № 6. – С. 91-93.
73. Песчанская Н.Н., Якушев П.Н. Деформация твердых полимеров в постоянном магнитном поле. // Физика твердого тела. – 2003. – 45, № 6. – С. 1130-1134.
74. Головин Ю.И., Моргунов Р.Б. Новый тип магнитопластических эффектов в линейных аморфных

- полимерах. // Физика твердого тела. – 2001. – **43**, № 5. – С. 827-832.
75. *Песчанская Н.Н., Смолянский А.С., Рылов А.В.* Деформация полиметилметакрилата после воздействия радиации и магнитного поля // Физика твердого тела. – 2002. – № 9. – С. 62–64.
76. *Песчанская Н.Н., Якушев П.Н.* Деформация твердых полимеров в постоянном магнитном поле // Физика твердого тела. – 2003. – **45**, № 6. – С. 56-65.
77. *Sterzynski T.* Features of application of magnetic fields // Integr. Fundum. Polym.Sci. and Technol. – 2009. – Vol.34. – P. 436-440.
78. *Okuzaki Hidenori, Kunugi Toshio* Analysis of the use of magnetic fields // J. Polym. Sci. Part B. – 2006. – **36**, № 9. – P. 1591-1594.
79. *Кузнецова И.Е., Зайцев Б.Д., Шухабудинов А.М.* Акустические свойства магнитных эластомеров и влияние на них внешнего магнитного поля // Журн. радиоэлектроники. – 2013. – № 10. – С. 46-56.
80. *Stepanov G.V., Abramchuk S.S., Grishin D.A., Nikitin L.V., Kramarenko E.Yu., Khokhlov A.R.* Effect of a Homogeneous Magnetic Field on the Viscoelastic Behavior of Magnetic Elastomers // Polymer. – 2007. – Vol. 48. – P. 488-495.
81. *Abramchuk S.S., Grishin D.A., Kramarenko E.Yu., Stepanov G.V., Khokhlov A.R.* Effect of Homogeneous Magnetic Field on the Mechanical Behavior of Soft Magnetic Elastomers under Compression // Polymer Sci. – 2006. – **48**, № 2. – P. 138-145.
82. *Lotonov A.M., Gavrilova N.D., Kramarenko E.Yu., Alexeeva E.I., Popov P.Y., Stepanov G.V.* Effect of Iron Particles on Dielectric Properties of Polydimethylsiloxane near Crystallization and Glass Transition Temperatures // Polymer Sci. – 2006. – **48**, № 10. – P. 267-270.
83. *Abramchuk S., Kramarenko E., Stepanov G., Nikitin L.V., Filipcsei G., Khokhlov A.R., Zrinyi M.* Novel Highly Elastic Magnetic Materials for Dampers and Seals I.: Preparation and characterization of the elastic materials. // Polym. Adv. Technol. – 2007. – Vol. 18 (11). – P. 883-890.
84. *Abramchuk S., Kramarenko E., Grishin D., Stepanov G., Nikitin L.V., Filipcsei G., Zrinyi M.* Novel Highly Elastic Magnetic Materials for Dampers and Seals II.: Material Behaviour in a Magnetic Field. // Polym. Adv. Technol. – 2007. – Vol. 18 (7). – P. 513-518.
85. *Stepanov G.V., Alekseeva E.I., Gorbunov A.I., Nikitin L.V.* Silicon Magnetoelastic Composite, In: Organosilicon Chemistry VI –From Molecules to materials, (Eds.: N. Auner, J.Weis) // Wiley-VCH, Weinheim. – 2005. – Vol. 2. – P. 779-784.
86. *Сайдук А.А., Сайдук В.А., Бокова Е.С.* Модификация поливинилиденхлорида электромагнитными полями // Молодые ученые XXI века: Тез. докл. науч. конф. – М.: МГУДТ, 2006. – С. 56.
87. *Бокова Е.С., Сайдук В.А., Андрианова Г.П.* Влияние электромагнитной обработки на условия получения и свойства полимер – полимерных комплексов на основе полиакриловой кислоты и мочевиноформальдегидного сополимера // Пластические массы. – 2007. – №2. – С.44-45
88. *Кузеев И.Р., Ибрагимов И.Г., Абакачев Е.М., Куреев К.А.* Влияние электромагнитных волн сверхвысоко-частотного диапазона на адгезионную способность полимерных материалов // Нефтяное дело. – 2011. – № 6. – С. 452-456.

Надійшла до редакції 18 листопада 2014 р.

Особенности влияния физических полей на процессы структурообразования и свойства полимерных систем

В. А. Овсянкина

Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”
37, пр. Победы, Киев, 02160, Украина

Обзор посвящен влиянию физических полей на процессы структурообразования в полимерных системах. Решение проблемы качества полимерных материалов невозможно без улучшения их характеристик, таких как прочность, устойчивость к различного вида деформациям и других физико-химических свойств. Анализ литературных данных показал, что электрические и магнитные поля являются эффективным методом модификации полимеров и их композитов, поскольку позволяют целенаправленно изменять структуру и свойства таких систем и определенным образом изменять химический способ модификации на физический. Использование таких полей, как видно из обзора, находит широкое применение и используется как при синтезе, так и при физико-химических способах модификации полимеров. Механизм воздействия магнитного и электрического полей разный, и особенности его зависят от химического строения полимеров. Установлено, что наиболее эффективным оказывается воздействие данных полей на полярные полимеры.

Ключевые слова: электрическое поле, полимеры, диэлектрическая проницаемость, полимерная система, механизм, макромолекула, магнитное поле, особенности действия, структура.

The peculiarities of the influence of physical fields on the processes of structure formation and properties of polymer systems

V.O. Ovsyankina

National technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”
37, prospect Pobedy, Kyiv, 02160, Ukraine

The review is devoted to the influence of physical fields on the processes of structure formation in polymer systems. The solution of problem of quality of polymeric materials is impossible without improving characteristics such as durability, resistance to various types of deformation and other physico-chemical properties. The analysis of literature data showed that electric and magnetic fields is an effective method for the modification of polymers and their composites, because they allow to intentionally alter the structure and properties of such systems and certain way to replace chemical modification on the physical. Using of such fields (as can be seen from this review) finds wide application and is used as in the synthesis and physico-chemical methods of modification of polymers. The mechanisms of influence of magnetic and electric fields are different and their features depend on the chemical structure of polymers. It is established, the most effective impact on polar polymers.

Keywords: electric field, polymers, dielectric permeability, polymer system, mechanism, macromolecule, magnetic field, action features, structure.