

РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ФІЗИКА
КОНДЕНСОВАНИХ
ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ
СИСТЕМ**

Наукові записки Рівненського державного гуманітарного
університету

Випуск 13

РІВНЕ – 2008

ФІЗИКА КОНДЕНСОВАНИХ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СИСТЕМ

Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету

Випуск 13. – Рівне: РДГУ, 2008. – 83с.

Збірник містить публікації, в яких розглядаються питання теоретичних і експериментальних досліджень, моделювання фізичних процесів, що характерні для конденсованого стану речовини. Опубліковані матеріали можуть бути використані науковцями, аспірантами, інженерними працівниками, які ведуть дослідження в цих наукових напрямках. Цілий ряд публікацій можна використати для навчально-виховного процесу в університетах та інститутах.

Головний редактор:

д.х.н., професор, академік МАПСН та АВО України **Б.С. Колупаєв**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

Заступник головного редактора:

к.ф.-м.н., професор **М.А. Бордюк**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

Члени редколегії:

д.т.н., професор **А.Я. Бомба**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.х.н., професор **О.М. Волошин**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.ф.-м.н., професор **Б.П. Дем'янюк**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор **Ю.Ф. Забацка**
(Київський національний університет ім. Тараса Шевченка)

д.ф.-м.н., провідний науковий співробітник **В.В. Кленко**
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

д.ф.-м.н., професор **Ю.А. Куницький**
(Технічний центр НАН України, м. Київ)

д.х.н., професор, академік НАН України **Є.В. Лебедєв**
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

д.ф.-м.н., провідний науковий співробітник **Є.П. Мамуня**
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

к.ф.-м.н., доцент **В.А. Мащенко**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.х.н., доцент **Б.І. Муха**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.ф.-м.н., професор **В.І. Нікітчук**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор **В.Я. Прохоренко**
(Національний університет "Львівська політехніка")

д.ф.-м.н., професор **О.П. Руденко**
(Полтавський державний педагогічний університет)

к.ф.-м.н., професор **В.А. Сідлецький**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор, член-кореспондент НАН України **В.І. Слісєнко**
(Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ)

д.т.н., професор **А.О. Сяський**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор, член-кореспондент АПН України **М.І. Шут**
(Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова, м. Київ)

Друкується за рішенням Вченої Ради Рівненського державного гуманітарного університету (протокол № 3 від 31 жовтня 2008 року)

Адреса редакції:

33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31
Рівненський державний гуманітарний університет
каб. 115
e-mail: fkvs_ua@ukr.net
ISBN 966-7281-03-7

© Рівненський державний
гуманітарний університет,
2008

УДК 541.64:537.212:852.82

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВОЛОГОПЕРЕНОСУ В ІОНОНАСИЧЕНОМУ НЕОРГАНІЧНОМУ ПОЛІМЕРІ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

М.С. Панченко¹, Н.В. Поліщук¹, І.М. Панченко², О.С. Мосієвич¹,
А.Л. Панасюк¹, І.М. Карпович³

¹ Рівненський державний гуманітарний університет, Україна, (UA-33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31);

² Європейський університет фінансів, інформаційних систем, менеджменту і бізнесу, Рівне, Україна, (UA-33028, м. Рівне, вул. Київська, 64Б);

³ Національний університет водного господарства і природокористування, Рівне, Україна, (UA-33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11).

Досліджено вплив електричного поля, а також обмінних іонів на внутрішній вологоперенос при сорбції вологи силікагелем КСМ-5 в умовах сталості температури і тиску водяної пари.

Investigated influence of an electric field, and also exchange ions on internal moisture carry at sorption a moisture silicagel KSM-5 in conditions of a constancy of temperature and pressure of water pair.

Постановка проблеми з вибором моделі дослідження та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями, аналіз останніх досліджень і публікацій

Значна кількість природних і штучних тіл являють собою вологі полімерні системи, які мають розгалужену сітку тріщин, пор, капілярів різної форми і розмірів. Вони можуть складатися з сукупності макромолекул, колоїдних частинок, глобул, міцел і більш-менш хаотично розміщених кристалічних областей різних розмірів. Такі тіла володіють великою внутрішньою поверхнею, яка взаємодіє з молекулами оточуючого пароповітряного середовища, наприклад, при сорбції пари води чи при змочуванні водою у фазі рідини.

Вода, як найбільш поширена рідина в природі, відіграє визначальну роль у природних процесах, у промисловості, в с/г, в хімічних і біологічних процесах, у ряді інших областей людської діяльності [1]. Унікальна природа води, великі запаси і об'єми її споживання, доступність і технологічність дозволяють використовувати воду як найбільш поширений розчинник і реагент. Разом з тим, широке впровадження таких твердих дисперсних систем як полімерні матеріали, що працюють у контакті з водою, поставило перед дослідниками принципово нове завдання – дослідити стан, структуру і взаємодію води з полімерами [2], її рух у порах цих тіл за різних зовнішніх умов, у тому числі і в присутності електричних полів (ЕП). Вода хоч і не полімерна речовина, проте являє собою високоасоційовану рідину.

Серед неорганічних полімерів найбільшу і найрізноманітнішу групу в земній корі становлять сполуки кремнію з киснем [3], які активно взаємодіють з водою за механізмом фізичної адсорбції її молекул, обмежено розчиняючись у ній [4 – 6]. По капілярах, утворених силікатами, рухається вода і її розчини в породах, глинах, піщаниках і ґрунтах [6 – 10].

Поширеною сполукою кремнію з киснем є SiO_2 –

кремнезем або кварц. Це тривимірний неорганічний сітчастий полімер з тетраедричною конфігурацією. Кварц має полімерну структуру типу $[-\text{SiO}_2-]_n$ і містить як іонні, так і ковалентні зв'язки [3]. Зовнішня поверхня кварцу покрита гідроксильними групами OH^- , які за допомогою водневих зв'язків активно взаємодіють з молекулами води [5, 6]. При цьому в залежності від вологості і температури повітря утворюються тонкі (від моношару, і до 2 та більше полімолекулярних шарів) α - і товсті β -плівки об'ємної води.

При гідратації SiO_2 утворюється кремнієва кислота, внаслідок поліконденсації з якої утворюється полікремнієва кислота. З часом вона перетворюється в гельсітчастий полімер тривимірної структури з певною кількістю гідроксильних груп у ланцюгах. Відщеплення їх сприяє утворенню силікагелю, різні марки якого широко використовуються як першокласні адсорбенти [5]. Вони володіють великою внутрішньою поверхнею за рахунок великої пористості і волога утримується в них за допомогою різних сил: водневих, ван-дер-ваальсових, капілярних і осмотичних у разі наявності порового розчину. Дійсно, дякуючи високій дисоціюючій здатності вологи, у вологому полімерному тілі завжди є поровий розчин різних іонів тієї чи іншої концентрації. При неповному вологонасиченні в порах завжди є повітря і водяна пара.

Таким чином, вологі полімерні тіла являють собою багатофазні гетерогенні системи. Крім того, існують поверхневі фази у вигляді адсорбційних шарів, фізико-хімічні і інші властивості яких відмінні від властивостей рідини в об'ємі. Сучасні уявлення про механізм утворення поверхневого міжфазного шару базуються на наявності електричного заряду на поверхні скелету твердого тіла і виникнення подвійного електричного шару із гідратованих іонів і зв'язаної вологи [11].

Складність складу і пористої структури вологих полімерних систем приводить до складної просторової картини силових ЕП в об'ємі зразка. При цьому електричні властивості полімерної системи залежать

від кількості і характеру розподілу вологи в тілі. Певно, що накладання зовнішнього ЕП, особливо неоднорідного електричного поля (НЕП) з градієнтом напруженості ∇E (E – числове значення напруженості ЕП в даній точці простору) на внутрішні поля порушить рівноважний стан утримуваної вологи і вона прийде в рух навіть при рівності нулю градієнта вологовмісту ∇W і градієнта температури ∇T . Якщо ж ці градієнти відмінні від нуля, тоді в пористому тілі буде існувати потік вологи [12]

$$j_m = -a_m \rho_0 \nabla W - a_m^T \rho_0 \delta \nabla T + a_m^T \rho_0 P_e \nabla E, \quad (1)$$

де a_m – коефіцієнт дифузії вологи при наявності ∇W ; ρ_0 – густина твердого сухого скелета тіла; a_m^T – коефіцієнт дифузії вологи при наявності ∇T ; δ – коефіцієнт термодифузії вологи; a_m^e – коефіцієнт електродифузії вологи; $P_e = \epsilon_0(\epsilon - 1)E$. Всі наведені величини залежать від вологовмісту, температури, пористості і фізико-хімічної природи полімерного тіла при різних напруженостях ЕП. Електродифузія у фазі пари в мікропористому тілі обумовлена дією зовнішнього постійного НЕП на кожен дипольну молекулу води сили

$$f_e = p_e \nabla E, \quad (2)$$

де p_e – електричний дипольний момент молекули. Під впливом сили (2) молекули пари набувають додаткового зміщення, яке напрямлене в сторону зростаючих значень напруженості поля. На одиницю об'єму пари буде діяти сила

$$F_{aI} = f_e n_0,$$

де n_0 – кількість молекул в одиниці об'єму пари. Якщо вважати пару ідеальним газом, то

$$n_0 = \frac{p}{kO}.$$

Тоді до дифузійного і термодифузійного потоків пари добавиться конвективний електродифузійний потік

$$j_I = \frac{\rho_I r^2}{8\eta_I} \frac{p}{kO} \delta_a \nabla A, \quad (3)$$

де ρ_I – густина пари; r – радіус капіляра; η_I – коефіцієнт в'язкості пари; p – тиск пари; k – стала Больцмана; T – температура.

Якщо ж при сорбції вологи тілом збільшити відносну вологість повітря ϕ до значень, коли на внутрішній поверхні мікропор утворюються полімолекулярні плівки води, то на кожен одиницю об'єму такої плівки буде діяти сила

$$F_e = 0,5\epsilon_0(\epsilon - 1)\nabla E^2, \quad (4)$$

де ϵ_0 – електрична постійна; ϵ – діелектрична проникність вологого тіла. Під дією цієї сили в плівці кожного капіляра виникне потік рідини [13]

$$j_{Ie} = \frac{2\rho h_{пл}^3 \epsilon_0(\epsilon - 1)\nabla E}{3\eta r}, \quad (5)$$

де ρ – густина води; $h_{пл}$ – товщина плівки; η – в'язкість рідини; r – радіус капіляра.

При подальшому збільшенні відносної вологості повітря ϕ до значень, коли в мікропорах відбувається капілярна конденсація і утворюються стовпчики води, то на кожен одиницю об'єму

будь-якого стовпчика буде діяти сила (4) і в кожному мікрокапілярі під дією НЕП буде реалізуватися потік [14]

$$j_e = \frac{\rho r^2}{8\eta} \left[\frac{\epsilon_0(\epsilon - 1)}{2} \nabla E^2 \right], \quad (6)$$

Якщо пористий зразок полімеру буде іононасиченим, то вода в мікрокапілярах буде являти собою електроліт з вмістом іонів цього знаку і на кожен одиницю об'єму цього електроліту буде діяти сила [15]

$$F_i = \rho_e E, \quad (7)$$

де ρ_e – об'ємна густина заряду, що його створюють присутні у воді іони, E – напруженість НЕП в даній точці порового простору. Тоді в кожному мікрокапілярі під дією НЕП буде реалізуватися потік

$$j_i = \frac{\rho r^2 \rho_e}{8\eta} E, \quad (8)$$

Потоки (3), (5), (6) і (8) складають часткові випадки третього члена у виразі (1). Зрозуміло, що в присутності НЕП у пористому тілі при сорбції ним вологи з повітря потік у полі буде більшим, ніж потік вологи без поля ($j_{me} > j_m$). Відношення

$$\frac{j_{me}}{j_m} = K, \quad (9)$$

можна назвати коефіцієнтом інтенсифікації вологопереносу в пористому тілі при сорбції ним молекул водяної пари. Оскільки виміряти без посередньо потік рідини в середині пористого тіла неможливо, то скористаємося тим, що величина такого потоку прямо пропорційна зміні вологовмісту W тіла за одиницю часу τ , тобто $dW/d\tau \sim j_m$. Тоді можна записати, що

$$K = \frac{\left(\frac{dW}{d\tau} \right)_{AI}}{\frac{dW}{d\tau}}. \quad (10)$$

Величини, що входять у чисельник і знаменник (10) можна знайти шляхом графічного або числового диференціювання кривих кінетики сорбції ($W = f(\tau)$) без поля і в полі.

Як зразок дослідження використовувався силікагель – КСМ-5, який широко використовується в народному господарстві для осушування різних газів і повітря в промислових адсорберах, обезводнення органічних рідин, а також використовується в науковій практиці, наприклад, в газоадсорбційній хроматографії і в інших випадках.

Адсорбційні властивості силікагелю визначаються його походженням як продукту конденсації ортокремнієвої кислоти, тобто даного виду полімерні тіла представляють собою тверду високомолекулярну кремнекислоту. Поверхня його густо покрита гідроксильними групами (відстань між ними складає приблизно 5 \AA) і тому в доповнення до неспецифічних дисперсійних, орієнтаційних та індукційних взаємодій відбуваються ще специфічні взаємодії молекул води з поверхнею силікагелю.

Згідно сучасних уявлень, взаємодія вологи з поверхнею силікагелю в основному відбувається

згідно механізму водневих зв'язків. Отже, можна вважати, що центрами адсорбції кремнезему являються гідроксильні групи, які через водневий зв'язок можуть зв'язувати адсорбовані молекули води. Процес капілярної конденсації, згідно існуючих уявлень, може розпочатись тільки при наявності суцільної певної товщини полімолекулярної плівки адсорбованої рідини, яка покриває внутрішню поверхню мікрокапілярів.

Будучи практично важливим капілярно-пористим тілом, силікагель КСМ-5, в силу особливостей структури і за проявом сорбційних, а також вологопереносних властивостей, може бути віднесений до модельних капілярно-пористих тіл. Основними адсорбційними центрами даного силікагелю являються гідроксильні групи, які знаходяться в його мікропорах. Основні структурно-сорбційні властивості окремої гранули силікагелю КСМ-5 такі: ефективний радіус переважаючих мікропор – $13 \cdot 10^{-10}$ м, питома внутрішня поверхня – $772 \cdot 10^3$ м²/кг, волога мономолекулярного шару – 11,5 %, загальна кількість адсорбційно-зв'язаної води (моно- і полімолекулярні шари) – 18 %, максимальний гігроскопічний вологовміст – 47,5 %. При насиченні іонами величини диференціальних водоутримуючих властивостей змінюються, про що мова йтиме нижче. Насичення іонами Ca^{2+} і K^+ зразків силікагелю КСМ-5 здійснювалося в Інституті фізичної хімії РАН м. Москва за методикою [6]. При цьому рівноважна концентрація адсорбованих іонів була не більшою 2,5 мг-екв/г.

Ізотерми сорбції і криві кінетики сорбції знімалися за допомогою електровакуумних сорбційних терезів [16], які були модернізовані таким чином, що досліджуваний зразок знаходився у вигляді гранули $d = 4 \cdot 10^{-3}$ м на осі ЕП циліндричного конденсатора. На внутрішній електрод, який являв собою прямолінійне продовження молібденової пружини, подавався від'ємний потенціал, а на зовнішній, надітий на сорбційну трубку, – позитивний потенціал.

Таким чином, зразок, який зволожувався сорбцією водяних парів, поміщався в різко неоднорідне ЕП (у вакуумі $\nabla \Phi = 8,5 \cdot 10^8$, В/м²) і градієнт відповідного поля був напрямлений в середину зразка. Криві статички і кінетики сорбції визначались при температурі $(293 \pm 0,05)$ К.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Розміщення і форми ізотерм сорбції, представлених на рис.1, свідчать про кількісні та якісні зміни сорбційних властивостей силікагелів при насиченні їх іонами різної валентності. Разом з тим, отримані дослідні дані на промисловому зразку КСМ-5, спеціально не насиченому іонами, а, навпаки, очищеному від них, говорить про те, що сорбційна рівновага не порушується ні в однорідних, ні в неоднорідних полях, оскільки при досяжних у наших дослідках напруженостях полів останні практично не впливають на максимальний гігроскопічний вологовміст даного зразка і в цілому не змінюють форми ні адсорбційної, ні десорбційної гілок ізотерми.

Випуск 13, 2008 р.

Значний вплив, як видно з рис.1, на сорбційну сміність зразків виявляє присутність в їх порах комплексу того чи іншого виду іонів. Приведені дані величин сорбції пари води зразками силікагелів КСМ-5, насичених різними іонами, дозволяють зробити висновок, що Ca^{2+} сильніше впливає на згадані величини, ніж K^+ . Спостережувані в даних умовах відмінності в сорбційних здатностях свідчать про появу додаткових адсорбційних центрів на внутрішній поверхні мікропор зразків, які певним чином координують адсорбовані молекули води. Очевидно, що більший вплив двохвалентних іонів на величину сорбції зв'язано зі значною зміною молекулярної природи поверхні силікагелю. Двохвалентні іони створюють більш щільне упакування адсорбованих молекул води, оскільки два одновалентні іони K^+ займають більше місця, ніж один двохвалентний Ca^{2+} [6].

Особливо помітні зміни ізотерм спостерігаються в областях капілярної конденсації і полімолекулярної

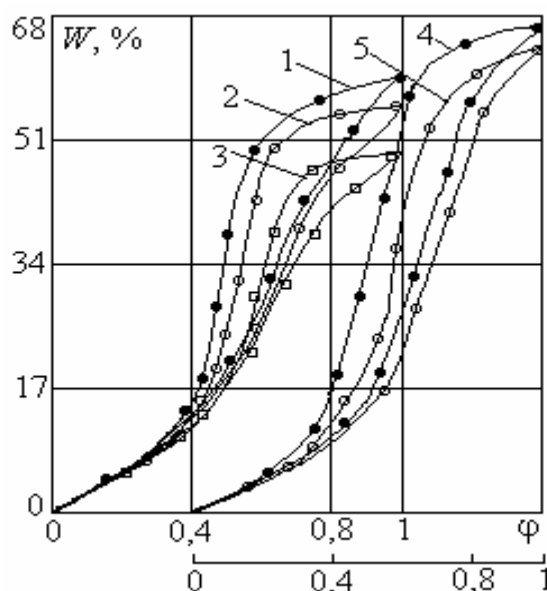


Рис.1. Ізотерми сорбції очищеного (крива 3) та іона насичених (криві 1, 4 – Ca^{2+} ; 2, 5 – K^+) зразків силікагелю КСМ-5 без поля (криві 1, 2, 3) і в умовах накладання НЕП з $\nabla E = 8,5 \cdot 10^8$ В/м² (криві 4, 5) при $T = 293$ К

адсорбції. Це обумовлено розчиненням надлишку іонів у капілярній і плівковій волозі, що призводить до пониження хімічного потенціалу при тій же степені насичення зразків рідиною. Для іона насичених зразків властиво значне розширення петлі гістерезису в область менших відносних вологостей. Це, ймовірно, можна пояснити гідратацією іонів у процесі капілярної конденсації.

Отримані ізотерми вказують також, що присутність іонів впливає не тільки на загальну кількість сорбованої води, але і на сам характер процесів сорбції і десорбції в умовах накладання НЕП. Останні в більшій мірі відносяться до зразка насиченого двовалентними іонами. В межах сорбційних вимірювань це явище можна пояснити перерозподілом води в сторону збільшення її густини ρ за рахунок концентрації гідратованих іонів в областях капілярно-пористого тіла з найбільшим градієнтом і напру-

женістю ЕП. При цьому відбувається зміна кількості іонів у поверхневому шарі капілярного конденсату в результаті чого змінюються величина поверхневого натягу σ , а, отже, величина вільної енергії зв'язку капілярно-утримуваної рідини

$$\Delta F = \frac{2V_p \sigma}{r_i}, \quad (11)$$

де V_p – молярний об'єм рідини, σ – поверхневий натяг, r_m – радіус кривизни меніска.

Ймовірно також є можливість деформації зарядженої поверхні менісків і зміна густини пари ρ_{II} над ними під впливом пондеромоторних сил у зв'язку з неоднорідністю даного поля [17], що призводить до зміни радіуса їх кривизни

$$r_m = \frac{2\sigma \cos \theta \rho_{II}}{\rho P_H \ln\left(\frac{1}{\phi}\right)}, \quad (12)$$

де θ – крайовий кут змочування, P_H – тиск насиченої пари.

Варто відзначити, що механізм адсорбції іонів у мікропорах силікагелю відмінний від природи адсорбції обмінних іонів у глинах. Так автор [6] вважає, що у силікагелях адсорбція катіонів має молекулярний характер і, отже, вони слабкіше зв'язані з поверхнею силікагелю ніж з поверхнею частинок глини. При розгляді положення обмінних іонів у шаруватих мінералах вважається, що вони вільно рухаються у міжшаровому просторі (по еквіпотенціальних поверхнях) разом з молекулами води, якими можуть обмінюватися шляхом трансляційних стрибків. Оскільки зв'язок іонів з поверхнею силікагелю ще слабкіший, ніж у глинах, то рухливість іонів має приводити до більшої швидкості процесу сорбції вологи в іононасичених зразках. Дійсно з рис. 2 випливає, що криві кінетики сорбції на іононасичених зразках йдуть вище аналогічної кривої $W(\tau)$ для звичайного зразка КСМ-5.

Здавалося б, що поява додаткових сорбційних центрів має привести до більшого гальмування молекул при дифузії в мікропорах силікагелю за рахунок збільшення часу життя їх в адсорбованому стані. Час життя, як відомо, визначається теплою адсорбції молекул [18]. Але, як показали досліди [6], обмінні іони не чинять помітного впливу на теплоту змочування силікагелю і, таким чином, не повинно було б спостерігатися різкої відмінності в швидкостях сорбції в обох випадках. Експеримент же показує, що швидкість сорбції на іононасичених зразках силікагелю значно зростає. Отже, можна покласти, що прискорення процесу відбувається за рахунок зниження величини потенціального бар'єру, який повинна перебороти молекула для переходу із одного положення в інше.

Експериментальні дані, представлені на рис.2, дозволяють також зробити висновок, що використання НЕП впливає на кінетику сорбції в сторону збільшення швидкості цього процесу при одному і тому ж вологовмісті. Це найбільш проявляється на кривих залежності коефіцієнта інтенсифікації вологопереносу від вологовмісту силікагелю (рис. 3).

Як видно з рис. 3 коефіцієнт інтенсифікації вологопереносу зростає для всіх зразків у напрямку від

мономолекулярно зв'язаної вологи до капілярно утримуваної вологи.

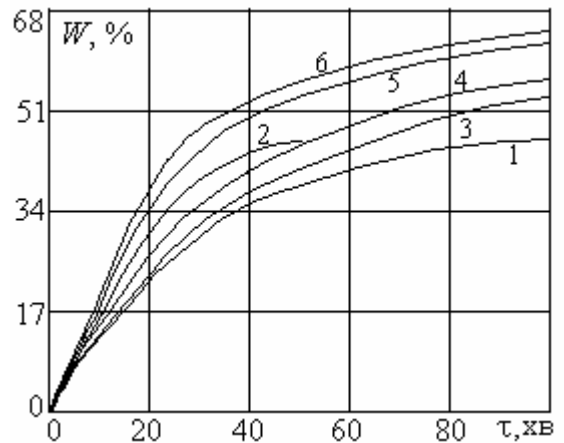


Рис. 2. Залежність вологовмісту очищеного (крива 1, 2) та іононасичених (криві 4, 6 – Ca^{2+} ; 3, 5 – K^+) зразків силікагелю КСМ-5 від часу без накладання ЕП (криві 1, 3, 4) і в умовах накладання НЕП з $\nabla E = 8,5 \cdot 10^8$ В/м² (криві 2, 5, 6) при $T = 293$ К.

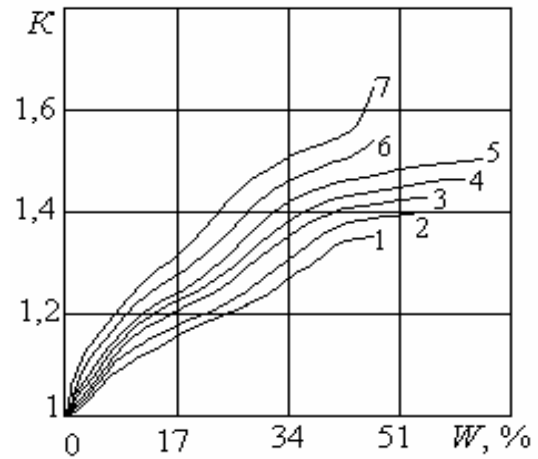


Рис. 3. Залежності коефіцієнта інтенсифікації K адсорбції пари води силікагелем КСМ-5 в НЕП від вологовмісту W для:

1 – очищеного силікагелю в полі по відношенню до цього ж силікагелю без поля; 2 – силікагелю, насиченого іонами K^+ без поля до очищеного силікагелю без поля; 3 – силікагелю, насиченого іонами Ca^{2+} без поля до очищеного силікагелю без поля; 4 – силікагелю, насиченого іонами K^+ в полі до силікагелю, насиченого іонами K^+ без поля; 5 – силікагелю, насиченого іонами Ca^{2+} в полі до силікагелю, насиченого іонами Ca^{2+} без поля; 6 – силікагелю, насиченого іонами K^+ в полі до очищеного силікагелю без поля; 7 – силікагелю, насиченого іонами Ca^{2+} в полі до очищеного силікагелю без поля.

Це і зрозуміло, оскільки мономолекулярна волога зв'язана з скелетом твердого тіла найбільш інтенсивно, а густина пари при таких малих вологовмістах надто мала, щоб створити помітний потік вологи. Тому й інтенсифікуюча дія іонів і НЕП хоча і помітно проявляється, проте відповідні коефіцієнти інтенсифікації набирають ще малі значення. З появою плівок полімолекулярної вологи виникає додатковий потік вологи і інтенсифікуюча дія іонів і НЕП зростає, відповідно зростають і значення коефіцієнтів інтенсифікації вологопереносу для всіх

зразків. Найбільше зростання коефіцієнтів інтенсифікації вологопереносу спостерігається для капілярно утримуваної вологи, оскільки енергія зв'язку її найменша у порівнянні з іншими формами зв'язку вологи, а густина води набагато більша ніж пари.

З аналізу розміщення кривих на рис. 3 випливає, що при наявності сумісно протікаючих у НЕП процесів адсорбції і капілярної конденсації значне зростання коефіцієнта інтенсифікації термодинамічно можна пояснити скінченною швидкістю поляризації компонентів вологого тіла: твердої фази тіла, водяної пари, адсорбованої і капілярно утримуваної вологи. В межах адсорбційно-зв'язаної вологи найбільший вклад в інтенсифікацію вологопереносу дає процес орієнтації молекул водяної пари, які володіють електричним моментом, вздовж силових ліній з наступним втягуванням їх в область найбільшої неоднорідності даного поля.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальших розвідок

Таким чином, існуючий в зразку градієнт ЕП сприяє прискоренню дифузії молекул водяної пари по системі мікрокапілярів у середину тіла. Крім того, можна покласти, що при накладанні НЕП адсорбовані на поверхні поляризовані молекули також втягуються в область максимальної напруженості ЕП в тілі.

Із збільшенням товщини плівки полімолекулярної вологи на поверхні мікрокапілярів і заповненні їх вологою в процесі капілярної конденсації частка вологи, яка знаходиться в тілі у вигляді пари, зменшується. При цьому поляризуються уже не окремі молекули, а їх велика сукупність у вигляді плівок чи стовпчиків капілярного конденсату. Тому в цій області вологовмістів так значно зростає коефіцієнт інтенсифікації.

Оскільки промислові зразки силікагелів, хоч і в малих кількостях, але завжди містять різні іони, які гідратуються в процесі сорбції водяної пари, то із всіх видів поляризації твердої фази капілярно-пористого тіла під дією НЕП, очевидно, найбільш суттєвий вплив на швидкість вологопереносу в області вологи капілярної конденсації здійснює іонно-релаксаційна поляризація зразка. Зрозуміло, що вплив НЕП дещо по-різному проявляється на зміні величини впливу іонів на трансляційний рух молекул води в капілярно-сконденсованій волозі.

Підвищення концентрації іонів Ca^{2+} і K^+ у зразку приводить до зміни степені і швидкості протікання згаданих видів поляризації вологого тіла, що в даних умовах тягне за собою збільшення впливу на швидкість вологопереносу в постійних НЕП.

Викладене вище дозволяє сподіватися, що використання НЕП, а також обмінних іонів, надасть можливість для ефективного регулювання швидкості внутрішнього вологопереносу в пористих полімерних тілах при незмінній температурі, що пов'язано з більш раціональним використанням енергетичних затрат у різних технологічних процесах.

Література:

1. *Эйзенберг Д., Кауцман В.* Структура и свойства воды: Пер. с англ. А. К. Шемелина; Под ред. чл.-кор. АН СССР Богородского. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 270 с.
2. *Вода в полимерах:* Пер. с англ.; Под ред. С. Роуланда. – М.: Мир, 1984. – 555 с.
3. *Босчко Ф.Ф.* Основы химии полимерів. – К.: Рад. школа, 1988. – 199 с.
4. *Грег С., Синг К.* Адсорбция, удельная поверхность, пористость: Пер. с англ. 2-е изд. – М.: Мир, 1984. – 306 с.
5. *Кельцев Н.В.* Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1976. – 512 с.
6. *Овчаренко Ф.Д.* Гидрофильность глин и глинистых минералов. – К.: Изд. АН УССР, 1961. – 292 с.
7. *Лыков А.В.* Явления переноса в капиллярно-пористых телах. – М.: Гос. изд-во техн.-теор. лит., 1954. – 296 с.
8. *Рудобаашта С.П.* Массоперенос в системах с твердой фазой. – М.: Химия, 1980. – 248 с.
9. *Кобранова В.Н.* Физические свойства горных пород; Под ред. В.Н. Дахнова. – М.: Гос. научн.-техн. изд-во неф. и горно-топлив. лит., 1962. – 481 с.
10. *Нертин С.В., Чудновский А.Ф.* Физика почвы. – М.: Наука, 1967. – 481 с.
11. *Духин С.С., Шилов В.Н.* Диэлектрические явления и двойной электрический слой в дисперсных системах и полиэлектrolитах. – К.: Наукова думка, 1972. – 206 с.
12. *Лыков А.В.* Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 468 с.
13. *Панасюк А.Л., Панченко М.С., Старов В.М., Чураев Н.В.* Влияние неоднородного электрического и магнитного поля на внутренний массоперенос в капиллярно-пористых телах // Инженерно – физический журнал. – 1978. – Т. 35. – № 1. – С. 93–100.
14. *Панченко М.С., Панасюк А.Л., Мосієвич О.С., Панченко І.М.* Вплив неоднорідного електричного поля на рух рідини в капілярах // Фізика конденсованих високомолекулярних систем. Наукові записки РДПШ. – Рівне: РДПШ, 1993. – Вип. 1. – С. 131–140.
15. *Тамм И.Е.* Основы теории электричества. – М.: Наука, 1976. – 504 с.
16. *Панченко М.С., Дущенко В.П., Панасюк А.Л., Мосієвич А.С., Романовский И.А.* Исследование коэффициентов массопереноса при сорбции влаги капиллярно-пористым телом в условиях наложения электрического поля // Электронная обработка материалов. – 1972. – № 6. – С. 44–48.
17. *Лазаренко Б.Р., Белкин П.Н., Факторович А.А.* Исследование пробоя воздуха между двумя электролитными электродами. – 1972. – № 2. – С. 42–47.
18. *Де Бур Я.Х.* Динамический характер адсорбции. – М.: ИЛ, 1962. – 281 с.

ЗМІСТ

<i>В.В. Клепко, Б.Б. Колупаєв, Є.В. Лебедєв.</i> Нормально-координатний аналіз змін частотного спектру аморфних полімерних систем.....	3
<i>Б.Б. Колупаєв, В.В. Клепко.</i> Вплив інгредієнтів на топологію фази наповнювача та частотний спектр аморфних полімерів	10
<i>О.П. Руденко, О.В. Саєнко, В.В. Прокопенко.</i> Дослідження пружних властивостей перфторполієфірів вздовж кривої рівноваги.....	17
<i>В.О. Віленський, В.Л. Демченко, Ю.Ю. Керча, М.І. Шут.</i> Дослідження термомеханічних та теплофізичних властивостей нанокомпозитів на основі поліепоксиду та дисперсних наповнювачів різної природи	18
<i>В.В. Корсканов, А.А. Усенко, В.В. Клепко.</i> Теплофізичні властивості поліпропілену, наповненого карбонатотрубками при підвищених тисках.....	24
<i>М.А. Бордюк, Т.М. Шевчук.</i> Визначення структурних параметрів гетерогенних полімерних систем на основі аналізу процесів перенесення теплової енергії.....	28
<i>Т.Ю. Нижник, І.М. Астрелін, В.В. Нижник, Т.В. Мурланова.</i> Поверхнева активність полігексаметиленгуанідину на границі поділу «водний розчин-повітря» у присутності металів	33
<i>Т.Ю. Нижник, І.М. Астрелін, В.В. Нижник, Т.В. Мурланова.</i> Реологія розчинів полігексаметиленгуанідину солянокислого з хлоридами металів.....	36
<i>Т.В. Murlanova, P.V. Vakuliuk, V.V. Nyzhnyk, T. Yu. Nyzhnyk.</i> Antibacterial track membranes with complex of chitosan-metal on their surface.....	40
<i>М.С. Панченко, Н.В. Поліщук, І.М. Панченко, О.С. Мосієвич, А.Л. Панасюк, І.М. Карпович.</i> Інтенсифікація вологопереносу в іонасиченому неорганічному полімерів під дією електричного поля	44
<i>О.С. Слободницький.</i> Загальні міркування щодо статистичного методу одержання рівняння с тану (зовнішнього тиску) реального газу	49
<i>В.В. Клепко, О.М. Фоменко, Ю.П. Гомза, С.Д. Несін, М.А. Гуменна, Н.С. Клименко, В.В. Шевченко.</i> Вплив природи кінцевих груп на структуру і діелектричні властивості поліуретанів на основі полієдральних силесесквіоксанів	56
<i>В.М. Гудь, Б.С. Колупаєв, В.В. Кривцов.</i> Вплив вологовмісту на структуроутворення полімерних системи.....	60
<i>Ю.Р. Максимцев, В.О. Сідлецький, В.В. Левчук, Б.С. Колупаєв.</i> Дослідження електричної релаксації пластифікованих аморфних полімерів	62
<i>В.В. Клепко, Ю.П. Гомза, Б.Б. Колупаєв, В.И. Слисенко, А.А. Василькевич.</i> Особенности структури и динамики молекул гель-электролитов на основе ПВХ	66
<i>В.В. Клепко, Ю.П. Гомза, Е.А. Лисенков.</i> Структура та теплофізичні властивості системи ПЕГ/монтморилоніт	69
<i>Р.В. Дінжос, С.В. Лобков, М.А. Рехтета, Е.Г. Привалко.</i> Кінетика неізотермічної кристалізації полімерної композиції на основі полівініліденфториду	71
<i>Р.В. Дінжос, М.А. Рехтета, Е.Г. Привалко.</i> Механізм та кінетика неізотермічної кристалізації нанокомпозитів на основі поліпропілену.....	77

Правила оформлення та подання рукопису до збірника «Фізика конденсованих високомолекулярних систем»

1. До опублікування в збірники приймаються праці з фізики високомолекулярних та гетерогенних систем (Постанова ВАК України від 09.06.1999 р. №1 – 05/7);
2. Статті подаються до редакції у двох формах: у вигляді файла на дискеті 3,5" (1,44); роздруковані в двох екземплярах;
3. Стаття подається на листах формату А4 (210×297). Поля: ліве – 3 см; праве – 2 см; верхнє – 2,5 см. Номер сторінки проставляється внизу. Рукопис повинен мати наскрізну нумерацію сторінок, міжстрочний інтервал одинарний, шрифт Times New Roman, 10;
4. Стаття набирається у редакторі Word 2000. Рисунки і фотографії слід вставляти в текст статті;
5. Рукопис починається з індексу УДК у верхньому лівому кутку листа. Текст рукопису має бути побудований за такою схемою:
 - ✓ назва статті – великими літерами (Times New Roman, 12 жирний)
 - ✓ ініціали та прізвища авторів – великими літерами (Times New Roman, 12)
 - ✓ назва організації, де працюють автори, її поштова адреса (Times New Roman, 8)
 - ✓ коротка анотація двома мовами (укр. і англ., рос. і англ., англ. і укр.)
 - ✓ основний текст статті
 - ✓ література
6. Для назв таблиць використовувати шрифт Times New Roman, 10, жирний. Для підпису під рисунком використовувати шрифт Times New Roman, 8, жирний. При наборі формул використовувати вбудований у Word 2000 редактор формул;
7. Літературні джерела, що цитуються, повинні бути пронумеровані відповідно з порядком звертання до них у тексті. Посилання на джерело подається у квадратних дужках. Список літератури наводиться наприкінці статті. Бібліографічний список джерел на мові оригіналу, відповідно до форми 23 (бюлетень ВАК України №2, 1997, с. 28);
8. Позначення фізичних величин повинні подаватися в одиницях системи СІ;
9. Рукопис статті, підписаний авторами, супроводжується експертним заключенням та відомостями про авторів.
10. Рішення про публікацію статті приймає редколегія;
11. Автори можуть бути ознайомлені з коректурою статті. Зміна верстки авторами, за виключенням виправлення помилок, не допускається. Виправлену та підписану коректуру слід повернути до редакції на протязі двох днів після її отримання;
12. Робота, яка не відповідає вимогам до набору тексту, повертається авторам редколегією.

ФІЗИКА
КОНДЕНСОВАНИХ
ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ
СИСТЕМ

Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету
Випуск 13.

Відповідальний за випуск *Бордюк М.А.*
Випуск підготував *Сідлецький В.О.*
Підписано до друку 31.10.2008 р. Тираж 100 прим.

Рівненський державний гуманітарний університет
33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31.