

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

На правах рукопису

ПОНОМАРЬСЬКА

Тетяна Миколаївна

ФАЗОВИЙ СТАН ТА ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ
ВОДИ В ПОЛІАКРИЛАМІДНИХ ГЕЛЯХ

02.00.11 – колоїдна та мембранна хімія

АБТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата хімічних наук

Київ-1994

Робота виконана в лабораторії м'яких контактних ліній Інституту
біологічної хімії НАН України

Наукові керівники:

доктор хімічних наук, професор Ульберг З.Р.
доктор фізико-математичних наук, провідний науковий
співробітник Мельниченко Ю.Б.

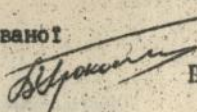
Офіційні опоненти:

доктор хімічних наук, професор Брьоменко А.М.
доктор хімічних наук, провідний науковий
співробітник Алексеев О.Л.

Провідна установа - Інститут хімії високомолекулярних сполук
НАН України

Захист відбудеться "27" грудня 1994р. о 14 годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д.01.41.01 при Інституті
біологічної хімії НАН України /254060, Київ-80, вул.Фрунзе, 85/
З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Інституту
біологічної хімії НАН України
Автореферат розісланий "25" листопада 1994р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н.


Прокопенко В.А.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00755806 (V)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Ступінь дослідженості тематики.

Однією з найважливіших проблем сучасної колоїдної хімії та фізико-хімії полімерів є формування та дослідження гелевих систем природного та синтетичного походження. Незважаючи на велику кількість робіт, виконаних в цій області, залишаються недостатньо вивченими фундаментальні аспекти цієї проблеми, що охоплюють механізми та основні закономірності утворення гелів, особливості їх структури, вміст та стан води в них, дифузії речовин різної природи. Відкриття в останні роки фазових переходів та критичних явищ в гелях, а також поява можливості прийти до єдиного розуміння гелів на основі об'єднання хімічного та фізичного підходів знову привертає увагу дослідників до цих систем. Завдяки встановленню глибокої фізичної аналогії між явищем гелеутворення та фазовими переходами другого роду був сформульований підхід, який відображає флуктуаційну природу золь-гель переходу і дає новий імпульс у вивченні явища гелеутворення в різних системах.

Поряд з тим, розвинуті в останні роки теоретичні підходи, які описують самодифузії молекул і малих частинок у пористих полімерних матрицях гелів і базуються на модельних уявленнях про самодифузії броунівських частинок через поле випадкових перешкод, є стимулом для експериментального вивчення динаміки рідин у таких пористих середовищах.

Необхідність таких досліджень викликана широкими перспективами та можливостями використання гідрогелевих матеріалів в медичній практиці, в великій мірі вже реалізованими для отримання контактних та інтраокулярних лінз, середовищ

для культивування мікроорганізмів, виготовлення полімерних терапевтичних систем з пролонгованою дією, біоспецифічних сорбентів та мембран для гемодіалізу.

Вода є необхідним компонентом для таких гелів і в більшості випадків саме для прояву їх біологічних властивостей. Проте інформація про стан, структуру та дифузійні властивості води в полімерній матриці - недостатня та суперечлива, що значною мірою, на наш погляд, пов'язано з необхідністю використання для таких експериментів адекватних методик дослідження.

На сьогодні залишаються недостатньо вивченими питання про фізичну природу та механізми гелеутворення в різних системах.

Обмеженість прецизійних експериментальних даних про дифузії рідин в пористих середовищах не дозволяє з'ясувати причини, що ведуть до обмеження мобільності молекул цих рідин при наявності просторово-ашиної полімерної сітки.

Все це і зумовляє актуальність дослідження гелеутворення, стану води та масопереносу в пористих гелях.

Метою роботи є комплексне дослідження механізму формування поліакриламідних гелів, особливостей фазового стану води, її динаміки та масопереносу в залежності від структури полімерної сітки гелю.

Основні завдання дослідження:

- вивчення механізму утворення поліакриламідних гелів з високим вмістом / $\approx 90\%$ /;
- аналіз стану води в гідрогелях в широкому інтервалі вмісту. Встановлення взаємозв'язку між станом води та структурою гелю;

- дослідження трансляційної динаміки молекул розчинника /води/ в поліакриламідних гелях на основі вивчення квазіпружного розсіювання повільних нейтронів;
- вивчення дифузії та кінетики вивільнення лікарських препаратів із гідрогелів.

Теоретична і практична цінність

Результати, отримані в роботі, слугують кількісною основою для глибокого розуміння гетерогенної структури зі складною топологією, якою є поліакриламідний гель. Поєднання декількох методик при вивченні стану води дозволило зрозуміти механізм взаємодії води з полімерною матрицею та дослідити вплив структури на стан води. Ці результати можуть бути використані для розробки наукових основ формування полімерних терапевтичних трансдермальних систем з дозованим вивільненням лікарських препаратів. Із одержаних даних випливає, що шляхом зміни густини полімерної сітки, співвідношення вільної та зв'язаної води, можливе регулювання процесів сорбції та десорбції речовин різної природи в гідрогелях.

Разом з тим, отримані результати, крім їх практичного застосування, можуть бути використані в розробці та розвитку фундаментальних уявлень про масоперенос рідин у пористому середовищі.

Наукова новизна

На основі комплексних досліджень процесу сополімеризації в розчинах акриламіду та метилен-біс-акриламіду вивчено

механізм формування поліакриламідного гелю, що ґрунтується на дослідженні золь-гель переходу в гідрогелях. Показано, що цей перехід може бути адекватно описаний в рамках скейлінгового підходу при середньопольових значеннях критичного індексу.

Запропоновано діаграму фізичних станів гідрогелю. Встановлено, що стан води залежить від структури полімерної матриці.

Вперше використано метод квазіпружного розсіяння повільних нейтронів для дослідження трансляційної динаміки молекул розчинника в поліакриламідних гелях. Виявлено механізми мобільності молекул води в пористому середовищі: при малих та середніх концентраціях полімеру переважає механізм одночасткової дифузії, а при збільшенні концентрації полімеру дифузія носить колективний характер.

Запропоновано нетрадиційний підхід при вивченні набухання поліакриламідного гелю. На основі цього підходу показано, що значення коефіцієнтів самодифузії води та колективної дифузії полімеру співпадають при концентрації води $W_1 \approx 0,1$; коли вся вода в гелі знаходиться в сольватних оболонках макромолекул.

Досліджено кінетику вивільнення лікарських речовин із поліакриламідного гелю. Проведено порівняльний аналіз дифузії насичуваних речовин на макро- та мікрорівнях.

Рівень реалізації, впровадження

В результаті проведених досліджень запропоновано терапевтичні системи на основі поліакриламідних гелів, які можуть бути використані як спеціальні аплікації для лікуван-

ня запальних процесів та ран різної етіології.

Апробація роботи

Результати дисертаційної роботи лягли в основу повідомлень на Міжнародному симпозиумі по вивченню впорядкованих та неупорядкованих середовищ /Москва, 1993/, I-й Українській конференції "Структура та фізичні властивості неупорядкованих систем /Львів, 1993/, на Всеросійській нараді по фізико-хімічним методам дослідження структури та динаміки молекулярних систем /Йошкар-Ола, 1994/. Результати дисертаційного дослідження опубліковані в 4 роботах.

Структура та обсяг роботи

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури /118 назв/. Робота викладена на 126 сторінках машинописного тексту, включає 27 рисунків та 2 таблиці.

Конкретний особистий внесок дисертанта

Синтезовано поліакриламідні гідрогелі для всіх фізико-хімічних досліджень. Освоєно методики динамічного механічного аналізу, диференційної та ізотермічної калориметрії. Експериментально виконані наступні дослідження: процесу гелеутворення, стану води, кінетики набухання гідрогелів. Проведена інтерпретація результатів по гелеутворенню, стану води, масопереносу води та лікарських речовин в поліакриламідних гелях та динаміці молекул полімеру в гідрогелі.

Методи дослідження

Процес гелеутворення поліакриламідного гелю вивчали за допомогою ізотермічного калориметру /на зразок Кальве/ та динамічного механічного аналізу, робочий вузол якого являв собою два коаксіальних циліндри.

Структуру набухшого та висушеного гелю вивчали на скануючому електронному мікроскопі. Поверхню зразків ліофільно висушених гелів обробляли в плазмі безелектродного високочастотного розряду, потім нашивали вуглець та золото до утворення провідного шару.

Динамічним механічним методом та методом диференційної скануючої калориметрії вивчали стан води в широкій концентраційній та температурній області. За допомогою цих методів були визначені модулі втрат, температури склування, теплоти та температури плавлення поліакриламідних гідрогелів.

Однією з вимог, поставлених для гідрогелів, є знання коефіцієнтів дифузії по відношенню до водорозчинних сполук. Вони визначались за допомогою комірки, в якій полімерний гель відігравав роль мембрани. Спектри десорбованих речовин записували на спектрофотометрі "Specord M-40".

Самодифузії молекул розчинника /води/ та лізоцитину в поліакриламідних гелях вивчали за допомогою методу квазіпружного розсіяння нейтронів. Характерні часи спостереження за молекулою складали 10^{-12} + 10^{-19} с.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми дослідження.

визначається предмет, мета та завдання дослідження, аргументується наукова новизна, теоретична і практична цінність роботи, формується основні положення, що виносяться на захист, описується структура роботи.

Перший розділ являє собою огляд літератури по темі дисертації. В ньому проведено аналіз існуючих підходів до опису явища гелеутворення. Розглянуто два механізми гелеутворення: класичний та перколяційний. Приведені основні скейлінгові співвідношення, за допомогою яких описується динаміка золь-гель процесу. В ньому також представлено критичний розгляд праць по стану води в полімерах та зроблено висновок, що воду можна розділити на два типи: безпосередньо пов'язану з поверхнею полімеру та капілярно-конденсовану. Проведено аналіз сучасних теорій, які описують самодифузії рідин в пористих середовищах.

На основі аналізу існуючих даних зроблено висновок про недостатню вивченість такого перспективного класу матеріалів медичного призначення як гідрогелі та обґрунтована необхідність експериментального вивчення гідрогелів з точки зору формування гідрогелю, фазового стану води та її дифузії в полімерному середовищі.

Другий розділ містить характеристику об'єктів дослідження. Охарактеризовано методи, що використовувались для вивчення золь-гель переходу, структури отриманого гелю, а також для вивчення стану води в них.

При вивченні дифузійних характеристик води і лікарських речовин в поліакриламідних гелях вперше використано високопрецизійний метод - квазіпружне розсіяння повільних нейтронів, при цьому характерні часи спостереження за молекулою складали $10^{-12} \pm 10^{-19}$ с.

У третьому розділі представлено результати досліджень явища гелеутворення, структури отриманого гідрогелю та стану води в поліакриламідних гелях.

Підхід, який використовувався при вивченні процесу гелеутворення, базувався на сучасних уявленнях про структуру розгалужених полімерів і сіток, що утворюються при синтезі поблизу точки гелеутворення.

Процес гелеутворення вивчали за допомогою динамічного механічного аналізу та ізотермічної диференційної калориметрії. Динамічні механічні вимірювання модуля зсуву обробляли за скейлінговим співвідношенням:

$$G' = (t/t_g - 1)^K \quad /I/$$

де t - час процесу гелеутворення; t_g - час досягнення точки золь-гель переходу; K - критичний показник.

Отримані результати показали, що значення скейлінгового індексу K дорівнює $2,85 \pm 0,3$. Це свідчить про те, що процес гелеутворення поліакриламідного гелю описується теорією середнього поля.

Виходячи із залежності динамічного модуля зсуву (G') від часу /рис. I/ запропонована слідувача схема процесу гелеутворення; ділянка I залежності $G'(t)$ пов'язана з формуванням мікротелів та з частковим ростом утвореного неперервного кластеру; II - відповідає процесу подальшого росту неперервного кластеру аж до заповнення ним всього реакційного об'єму; завершення процесу гелеутворення відображає ділянка III.

Вивчення процесу гелеутворення методом ізотермічної калориметрії вказує на те, що нижче точки золь-гель переходу маса мікрокластерів золь-фракції, а також маса неперервного кластеру в точці золь-гель переходу, незначні в порів-

нянні з масою повністю сформованого гелю.

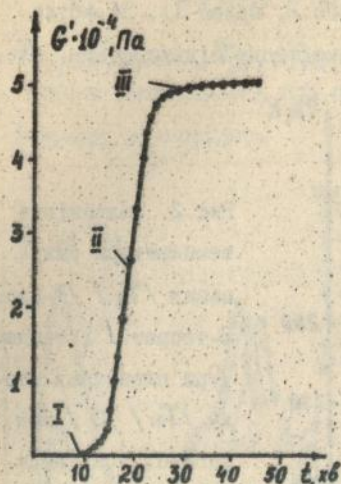


Рис. I. Залежність динамічного модулю зсуву від часу гелеутворення.

Дані електронної мікроскопії свідчать про те, що синтезований нами гелю, має складну трьохмірну пористу структуру. В гідрогелі присутні пори з розмірами, що відрізняються на декілька порядків. Так, розміри найбільших відкритих пор складають 20–40 мкм, вони з'єднані між собою сіткою, яка має відкриті та закриті пори з розмірами від 0,1 до 5 мкм, а також непористі ділянки з глобулярною морфологією. Гелю, що був висушений в вакуумі при кімнатній температурі, має дуже неоднорідну структуру, в ньому присутні пористі та непористі ділянки. Поперечний розмір пор в пористих ділянках не перевищує 0,1 мкм.

Слід чекати, що в гідрогелях з такою складною топологією, вода, яка є необхідною складовою частиною поліакриламідних гелів, буде знаходитись в різних фізичних станах в полімерній матриці.

При ваговому вмісті $W_2 \ll 0,1$; вода в гідрогелі знаходиться в молекулярно-диспергованому стані у вигляді сольват-

них оболонок макромолекул полімерної сітки, саме ця вода викликає пластифікацію полімеру /рис.2, крива 1/. Зі збільшенням вмісту води, кількість такої води підвищується, але,

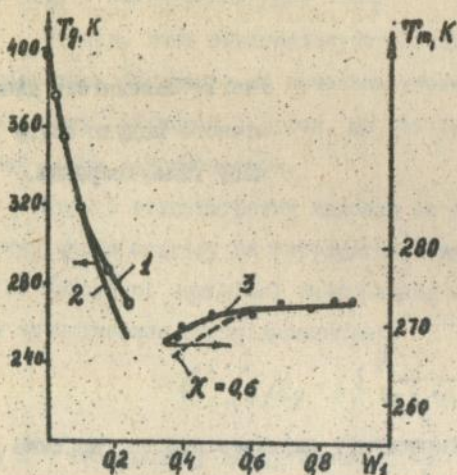


Рис.2. Залежність температури склування / T_g / 1-експ., 2-теорет. / і температури плавлення льоду / T_m / 3 / від масової долі води.

крім неї, з'являється вода, яка утворює кластери, розташовані в порах гелю. Ця вода здібна до склування при температурах нижчих 135 К /температура склування води/. Так, на кривих залежності модуля втрат від температури при концентраціях води $W_1 > 0$, і спостерігається релаксаційний максимум, температурне положення якого знаходиться в області склування води /рис.3/. Температура цього максимуму не залежить від вмісту води, а його інтенсивність має складну залежність з максимумом від вмісту води.

Поява такої води приводить до відхилення концентраційної залежності температури склування полімеру від теоретичної /рис.2, крива 2/, розрахованої за допомогою рівняння Коучмана, яке справедливе для випадку гомогенного розподілення компонентів в системі:

$$\ln T_g = \frac{W_1 \Delta C_{p1} \ln T_{g1} + W_2 \Delta C_{p2} \ln T_{g2}}{W_1 \Delta C_{p1} + W_2 \Delta C_{p2}} \quad |2|$$

де T_{g1} , ΔC_{p1} , W_1 , T_{g2} , ΔC_{p2} , W_2 - температура склування, скачок теплоємності при склуванні та вагова доля води та полімеру відповідно.

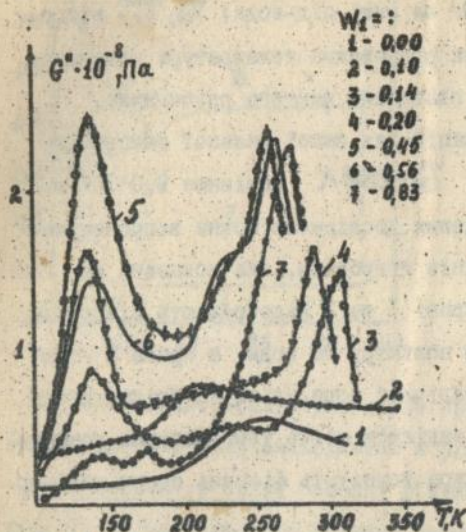


Рис.3. Температурна залежність модуля втрат ПАА гелів з різним вмістом води.

Коли концентрація води в гелі досягає $W_1 \approx 0,26$; кристалічна вода ще відсутня, а пориста структура гелю така, що спостерігається найбільша кількість склоподібної води.

При подальшому набуханні гелю з'являються умови до співіснування різних типів води: води, що утворює сольватні оболонки макромолекул, кластерно-склоподібної та кристалічної. Експериментальна залежність температури плавлення кристалічної води представлена на рис.2, крива 3. Ця залежність добре описується рівнянням Флорі для депресії температури плавлення розчинника в присутності полімеру при $\chi = 0,6$.

Крім того, дані по депресії температури плавлення льоду дають змогу розрахувати найменший критичний розмір зародка кристалізації води в гелі:

$$a^* = \frac{2\sigma T_m}{\Delta H^{\circ}(T_m^{\circ} - T_m)} \quad /3/$$

де σ - поверхневий натяг на межі лід-вода; T_m, T_m° - відповідно експериментальна та рівноважна температури плавлення розчинника; ΔH° - теплота плавлення чистого розчинника.

Розмір зародка кристалізації для самої низької температури плавлення розчинника $T_m = 268 \text{ K}$ дорівнює $9,0 \cdot 10^{-9} \text{ м}$.

В результаті проведених досліджень можна запропонувати діаграму фізичних станів гідрогелю, яка показана на рис.4. На цій діаграмі криві 1 та 2 відображають відповідно температури склування полімеру та води, а крива 3 - температуру плавлення кристалічної води /льоду/. Згідно з наведеною діаграмою можна виділити шість температурно-концентраційних областей, що характеризують фізичні стани полімерної сітки та води.

В області I полімерна сітка знаходиться в склоподібному стані, а вода - в молекулярно-диспергованому стані у вигляді сольватних оболонок макромолекул.

Область II характеризується тим, що поряд з молекулярно-дисперговою водою в порах склоподібної полімерної матриці існують кластери води, що склуться при зниженні температури до $T < 135 \text{ K}$ /область III/.

В IV області гелю складається із засклованої полімерної сітки, зв'язаної з нею води у вигляді сольватних оболонок, а також локалізованої в порах склоподібної та кристалічної води.

При нагріванні вище $T > 135 \text{ K}$ /область V/ кластерна во-

да переходить в рідкий переохолоджений стан, в той час як інші типи води і полімер не змінюють своїх фізичних станів.

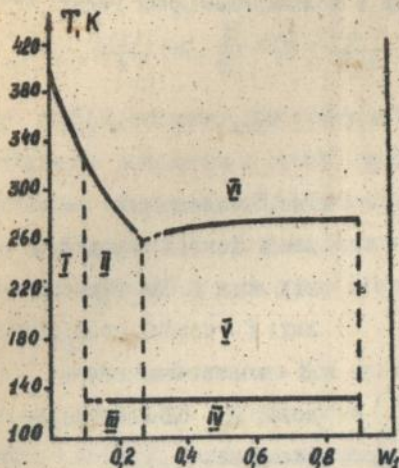


Рис.4. Діаграма фізичних станів ПАА гелю.

В УІ області полімерна сітка проявляє високоеластичні властивості, а вода знаходиться в рідкому стані.

У четвертій главі описані результати дослідження само-дифузії та масопереносу молекул розчинника /води/ та лівомі-цетину в поліакриламідних гідрогелях методом квазіпружного розсіяння нейтронів, а також динаміка макромолекул за допомогою вивчення кінетики набухання гелів. Ці дані дозволяють аналізувати динаміку молекул на мікроскопічному рівні, а також доповнюють результати, проведених нами, макроскопічних досліджень.

Аналізувалось розширення квазіпружного піку ΔE , викликане одночастковими і колективними рухами в рідинах, яке може бути представлено у вигляді:

$$\Delta E = 2\hbar D^k x^2 + \frac{2\hbar}{\tau_0} \left[1 - \frac{\exp(-2W)}{1 + D^0 x^2 \tau_0} \right] \quad /4/$$

де λ - хвильовий вектор нейтрону. На основі аналізу /4/ при великих і малих λ^2 визначені повний D і колективний D^k коефіцієнти самодифузії води в поліакриламідних гелях різних концентрацій /рис.5/.

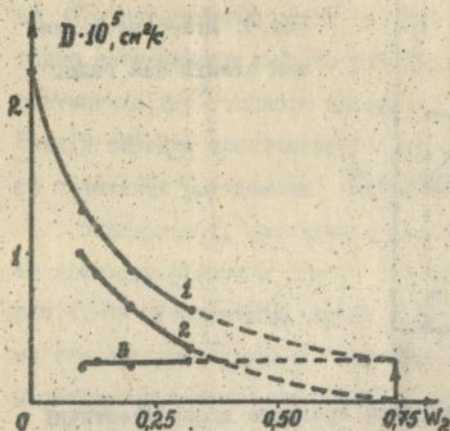


Рис.5. Залежність коефіцієнтів самодифузії води в ПАА гідрогелях: 1 - повний коеф.; 3 - колективна складова; 2 - одночасткова складова.

Із рис.5 видно, що самодифузія води в гідрогелях малих та середніх концентрацій полімеру проходить, в основному, по механізму одночасткової дифузії, яка фактично характеризує масоперенос води в пористому середовищі гелю.

Показано, що збільшення долі полімеру в гелі приводить до зменшення середнього розміру його пор та до росту долі зв'язаної води і при концентрації полімеру $w_2 > 0,74$, коли вся вода знаходиться у зв'язаному стані /про що свідчать дані калориметричних досліджень/, дифузія в поліакриламідних гелях буде носити колективний характер.

Були також розраховані коефіцієнти колективної дифузії полімеру D_k за допомогою досліджень по кінетиці набухання гідрогелю. Для опису кінетики набухання скористались рівнян-

ням Танаки, удосконаленим Петерсом і Кандо для руху фрагменту сітки відносно розчинника з часом. Воно може бути представлене як:

$$u(t) = u_0 \frac{t}{\tau} \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right] \quad /5/$$

де $u(t)/u_0$ - зміщення фрагменту сітки по відношенню до його кінцевого положення в момент часу t та $t=0$ відповідно.

Показана ефективність та адекватність запропонованого підходу для макроскопічного визначення коефіцієнту колективної дифузії полімеру та для опису кінетики набухання полімерних сіток.

Слід відмітити, що при малих концентраціях полімеру в гелі, рухливість молекул води (D^N), як окремих, так і утворюючих кластери, помітно перевищує рухливість фрагментів сітки (D_K), але зі збільшенням концентрації полімеру та з ростом долі зв'язаної води різниця між цими величинами зменшується і коли вся вода в гелі знаходиться в сольватних оболонках ($W_2 \approx 0.9$) вони співпадають ($D^N \sim D_K$).

Грунтуючись на отриманих даних, були розраховані вклади кластерованої та сольватної води в зв'язану воду. Ці дані представлені на рис.6.

Відомо, що механізм дифузії рідини з пористому середовищі залежить від хімічної природи рідини, її термодинамічного стану, а також топологічних особливостей самої пористої матриці. Тому теоретичний опис процесів самодифузії молекул в таких середовищах являє собою досить складну проблему.

Згідно сучасних тверджень, для опису самодифузії молекул рідини у пористих гелях може використовуватись теорія "ефективного середовища", запропонована Ахтенбергером та Тіррелом і модифікована Кукером.

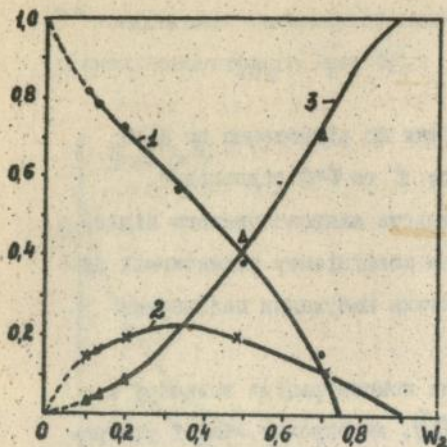


Рис.6. Схема розподілу різних станів води /1 - вільна, 2 - кластерована, 3 - сольватована/ в залежності від концентрації полімеру.

Фундаментальне співвідношення, яке описує концентраційну залежність коефіцієнту дифузії в рамках даної теорії, має вигляд:

$$D/D_0 = \exp(-KR) \cong 1 - KR \quad /6/$$

для $KR < 1$

де K - константа екранування, яка характеризує деяку ефективну взаємодію дифундуючих молекул радіусом R з середовищем. Приймається, що K має степеневу залежність від об'ємної доли перешкод: $K = \varphi^V$, де V змінюється від 0,5 до 1. Якщо $V = 1$ то обмеження мобільності молекул рідин відбувається за рахунок розсіяння на перешкодах, а при $V = 0,5$ - характерне для систем з гідродинамічною самовзаємодією.

Проведені нами дослідження дифузії лівоміцетину в поліакриламідних гелях різної концентрації методом квазіпружного розсіяння нейтронів, показали, що коефіцієнт самодифузії лі-

воміцетина добре описується рівнянням /6/. Тангенс кута нахилу цієї залежності визначає величину ν , що дорівнює в нашому випадку 0,5. Отриманий результат показує, що механізм самодифузії лівоміцетину в поліакриламідних гелях /рис.7/, подібний до самодифузії води в цих гелях і визначається, головним чином, гідродинамічною взаємодією між рідиною, що насичує гель, та перешкодами /ребрами та вузлами зшивок поліакриламідного гелю/.

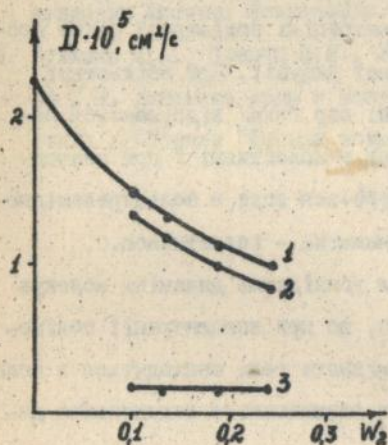


Рис.7. Залежність коефіцієнтів самодифузії лівоміцетину в ПАА гідрогелях: 1 - повний коефіцієнт; 3 - колективна складова; 2 - одностаткова складова.

ВИСНОВКИ

1. Досліджено механізм формування поліакриламідних гелів при сополімеризації акриламідну та N,N' -метилен-біс-акриламідну в водних розчинах. Показано, що поведінка модулю зсуву поліакриламідного гелю поблизу точки золь-гель переходу описується скейлінговим співвідношенням з критичним індексом

$K=2,05 \pm 0,3$, що дає можливість зробити висновок про те, що

процес гелеутворення може бути описаний за допомогою теорії, яка ґрунтується на середньопольовому підході.

2. Встановлено, що вода в поліакриламідних гелях з розмірами пор більшими 90 \AA знаходиться у двох різних фізичних станах, що відповідають вільній та зв'язаній воді; в порах менших 90 \AA присутня тільки зв'язана вода, яка знаходиться в сольватних оболонках макромолекул та в імобілізованих кластерах, які заповнюють внутрішній об'єм пор.

3. Показано, що самодифузія води в поліакриламідних гелях при малих та середніх концентраціях полімерної сітки проходить по механізму одночасткової дифузії. При збільшенні концентрації полімеру /зменшенні пор гелю/ відбувається перехід однокласткових дифузійних мод в колективні і при значеннях концентрації полімеру $W_2 > 0,74$ вся вода в поліакриламідному гелі стає зв'язаною, а її динаміка - колективною.

4. В результаті порівняння досліджень динаміки молекул розчинника та полімеру показано, що при концентрації полімеру $W_2 \approx 0,9$ /вся вода поліакриламідного гелю знаходиться в сольватних оболонках/ динаміка води визначається колективною дифузійною фрагментів сітки гелю.

5. Встановлено справедливості теорії ефективного середовища для опису дифузії молекул води та лівоміцетину в поліакриламідних гелях.

Основний зміст дисертаційної роботи викладено в публікаціях:

- I. Ponomareva T.N., Privalko E.G., Ulberg Z.R. Viscoelasticity of Water-Swollen Polyacrylamide Gels.// International Symposium "Advances in Structural and Heterogeneous Continuum" August 22-26, 1993, Moscow, Russia, p.86

2. Пономарьова Т.М., Мельниченко Ю.Б., Клепко В.В. Властивості води в поліакриламідних гідрогелях: дані нейтронних досліджень //Тези доп. I-ої Української конф. Структура та фізичні властивості неупорядкованих систем. Львів. 1993. с.110.
3. Клепко В.В., Мельниченко Ю.Б., Шилов Б.Н., Пономарева Т.Н. Протекание жидкости в разупорядоченных пористых средах //Материалы Всероссийского совещания. Физико-химические методы исследования структуры и динамики молекулярных систем. Йошкар-Ола. 1994. с.123.
4. Булавин Л.А., Клепко В.В., Мельниченко Ю.Б., Пономарева Т.Н. Динамика воды и макромолекул в полимерных гидрогелях //Сборник "Физика воды" Львов. 1994. с.132-136.

Пономарева Т.Н. Фазовое состояние и динамические свойства воды в полиакриламидных гелях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.11 - коллоидная и мембранная химия, Ин-т биокolloидной химии НАН Украины, Киев, 1994.

Защищается 4 научные работы, которые содержат информацию о состоянии воды в гидрогелях и механизм самодиффузии растворителя в зависимости от структуры полимерной сетки. Установлено существование следующих типов воды в полиакриламидных гелях: кристаллизующейся, кластерно-стеклующейся и воды, образующей сольватные оболочки. Показано справедливость теории "эффективной среды" для описания диффузии молекул воды и левомицетина.

Ponomarivova T.N. Phase State and the Dynamic Properties of Water in Polyacrylamide Gels. The candidate dissertation on academic degree in chemistry, speciality 02.00.11-Colloidal and Membrane Chemistry, Institute of Biocolloidal Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, 1994

Four scientific works are defended, which include the information on the state of water in hydrogels as well as on the mechanisms of diffusion of a solvent depending on the structure of the polymer network. There was established the presence of the following kinds of water in polyacrylamide gels: crystallizing, cluster glass-transitioning water and water, which forms the solvate shells. The validity of the theory of "effective medium" for describing the diffusion of water and levomycethinum was also specified.

Ключові слова: гель, вода, дифузія

Підп. до друку 24.II.94. Формат 60x84/16. Пел. офс. № 2. Офс. друк.
Ум. друк. арк. 1,39. Ум. фарбо-в'яб. 1,62. Обл.-внд. арк. 1,51. Ти-
рвиж 70 прим. Зам. 277.

ІЕС Ім. Е.О.Патона. 252650 Київ 5, МСП, вул. Горького, 69,
ЛОД ІЕС Ім. Е.О.Патона. 252650 Київ 5, ІСП, вул. Горького, 69.

1.55700

