

УДК 591.1.5.871.74
PACS number(s): 64.70.pm

ОСНОВНІ ЕФЕКТИ ПРИ КЛИНОПОДІБНІЙ ДЕГІДРАТАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ МОДЕЛЬНИХ РІДИН

О. Єлізаров, Г. Єременко

*Кременчуцький державний політехнічний університет
кафедра фізики
вул. Першотравнева, 20, 39614 Кременчук, Полтавська обл., Україна
e-mail: Muha - Eremenko@yandex.ru*

Досліджено дегідратацію на прикладі рідин, що моделюють біологічно активні рідини. Отримані результати дали змогу пов'язати просторовий перерозподіл компонентів досліджуваної рідини при клиноподібній дегідратації з її складом, а також виявити чинники, зокрема силове поле поверхневого натягу, які впливають на цей перерозподіл.

Ключові слова: дегідратація, фації, модельні рідини.

Останнім часом дедалі більшої актуальності набувають процеси дослідження самоорганізації матерії, які відбуваються як у живій, так і в неживій природі.

В рідинах, які містять в собі розчинені компоненти (солі, жири та ін.), відбувається взаємодія молекул розчинника з молекулами чи іонами розчиненої речовини. В останньому випадку цей процес називають сольватацією, а в водяних розчинах – гідратацією. Розчинені компоненти з молекулами води утворюють так звані „аквакомплекси”, які є метастабільними (наприклад, виниклі Н-зв'язки між окремими молекулами, об'єднують їх, утворюючи повільно дифундовані агрегати) [1]. Життєдіяльність біологічної клітини неможлива без наявності води, молекули якої разом з молекулами білків, вуглеводів, жирів утворюють складні просторово структуровані комплекси. Тому, якщо ми розпочнемо зворотний процес – дегідратацію, то боротьба за вологу призведе до порушення макрооднорідності розчину і виникнення певного просторового перерозподілу розчинених компонентів. За зовнішнім виглядом утворених при цьому структур можна судити про склад самої біологічної рідини, що відкриває шлях до діагностики.

Для діагностики різних захворювань широко використовують метод клиноподібної дегідратації біологічних рідин, який полягає в такому [2]: на знежирене скло, яке розташовують строго горизонтально, наносять краплину біологічної рідини об'ємом 10–20 мкл, діаметром 5–7 мм. За температури 20–25⁰С і відносній вологості 65–70% зразок висихає протягом 18–24 год. Висушена краплина біологічної рідини називається плівкою або фацією [2] і має складну структуру (рис. 1). Отримані фації порівнюють з умовним еталоном.

Багатокомпонентний склад сироватки крові та різноманітність фізико-хімічних процесів, які відбуваються в організмі, ускладнюють розуміння того, які саме чинники спричиняють утворення тих чи інших структур при клиноподібній

дегідратації. Тому актуальним є проведення досліджень на модельних рідинах більш простого складу. Використання модельних рідин дає змогу звести до мінімуму кількість суттєвих чинників, які впливають на структуроутворення, а також відстежити зміни структур зі зміною параметрів рідини.

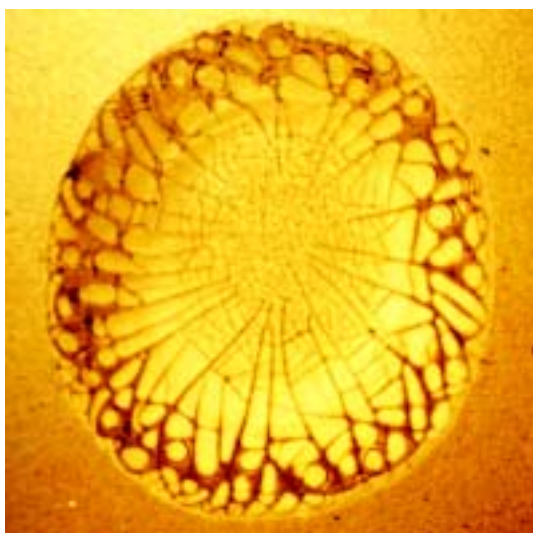


Рис. 1. Приклад фації сироватки крові людини, який ми отримали методом клиноподібної дегідратації

Сироватка крові – складна колоїдна система, яка на 90% складається з води і на 10% з розчинених речовин, з яких 70% становлять білки, близько 10% – неорганічні солі та близько 20% – низькомолекулярні органічні сполуки [3].

Керуючись інтересами практичної лабораторної діагностики, розроблено поняття норми, або нормального складу – діапазон концентрацій, що не свідчить про захворювання.

Для виділення основних ефектів, які простежені при клиноподібній дегідратації, ми використовували модельні рідини.

Основною метою нашої статті було дослідження характеру структур при клиноподібній дегідратації в модельних рідинах з параметрами як близькими до норми, так і тими, що виходять за її межі.

Об'єктами дослідження є: 1) водно-сольові розчини курячого білка, які утримують солі (NaCl) в нормі (1%), білок в концентраціях 5–12%; 2) водно – сольові розчини курячого білка, які утримують білок у нормі (7%), солі (NaCl) в концентраціях 0,5–1,5%.

Процеси змочування та капілярної течії рідин по поверхні твердого тіла зумовлені типом силових полів, що виникають як результат взаємодії молекул рідини між собою, а також як результат взаємодії з молекулами поверхні твердого тіла. Ізольована молекула, яка розташована в рідині на відстані радіуса дії молекулярних сил, притягує молекули, що її оточують і водночас діють на неї ж. Рівнодіюча всіх сил дорівнює нулю, в результаті чого молекула всередині рідини перебуває у рівновазі. При переміщенні молекули до поверхні на відстань меншу

за радіус дії молекулярних сил, виникне сила F_M , яка намагатиметься перемістити цю молекулу всередину рідини (рис. 2). Оскільки висихання краплини відбувається у центрально симетричному полі сил поверхневого натягу, структура фації зберігає цю симетрію в розподілі компонент.

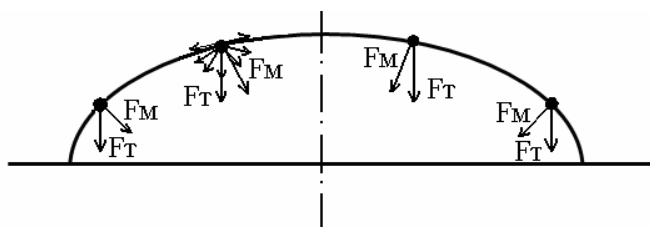


Рис. 2. Краплина біологічної рідини на плоско-горизонтальній поверхні твердого тіла. Вертикальний перетин краплини, який свідчить, що комбінаторика сил тяжіння F_T і міжмолекулярної взаємодії F_M зумовлює центрально-симетричний характер силового поля

Як свідчать дослідження з варіаціями співвідношення солі і білка, у фаціях, що утворилися, можна виділити периферійну зону білкових структур, перехідну зону білково-солевих структур і центральну зону кристалічних структур (рис. 3).

Це пояснюють тим, що дегідратація з поверхні краплини відбувається з різною швидкістю залежно від кривизни поверхні краплини у цій точці. Крім того, зменшення об'єму води спричинює збільшення концентрації солі та білка, при чому швидкість зміни концентрації більша там, де відносно зменшення висоти краплі більше – на периферії. При цьому градієнт концентрацій зумовить виникнення потоків, спрямованих до центра.

Білки складаються приблизно з 22 різних амінокислот і мають молекулярну вагу більше 15 000. У розчинах білки мають більш-менш фіксовану тримірну структуру, яка утримується за допомогою водневих зв'язків, зв'язків – S-S – між залишками цистинів, а також іонних та вандерваальсових сил. Органічні молекули – амінокислоти – мають як гідрофобні, так і гідрофільні частини, об'єднуючись в білок вони розташовуються так, щоб гідрофобні частини молекул знаходилися всередині, а гідрофільні – зовні [4]. Тому, перебуваючи у водному розчині, білкові молекули набувають квазісферичної форми.

Коефіцієнт дифузії можна оцінити за розміром компонентів розчиненої речовини, вважаючи, що форма компонентів не сильно відрізняється від сферичної [5]:

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r},$$

де D – коефіцієнт дифузії, η – коефіцієнт в'язкості, r – радіус компонента.

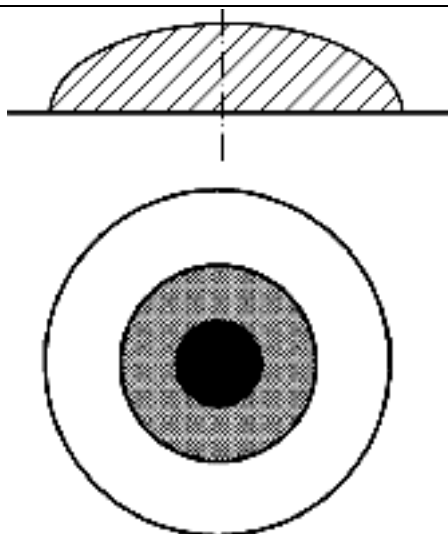


Рис. 3. Краплина біологічної рідини на плоско-горизонтальній поверхні твердого тіла. Білим кольором позначена область, в межах якої у разі висихання краплини переважно накопичується білок; чорним – область, в межах якої переважно накопичуються солі; сірим – перехідна зона

Порівнюючи типові значення коефіцієнтів дифузії іонів і білків (табл. 1), можна помітити їх суттєву відмінність: білки дифундують майже на два порядки повільніше іонів.

Таблиця 1

Дифундуюча речовина	Коефіцієнт дифузії, $D \cdot 10^{-11}$, $\text{м}^2/\text{с}$
Сироватний альбумін	6,15
Сироватний глобулін	4,0
Яєчний альбумін	7,8
NaCl	109
KCl	195

Завдяки цьому в центрі краплі збільшується відносна концентрація солі, що своєю чергою призводить до витіснення білка на периферію [6]. Зменшення об'єму краплі в процесі випаровування зумовлює зміну форми її поверхні, а тому і зміну концентрації компонентів у розчині. Під час випаровування значної частини води концентрації білка і солі збільшуються настільки, що суттєво змінюють умови дифузії. Передусім це стосується білка, який переходить у стан гелю [6]. При цьому коефіцієнт дифузії білка наближається до нуля. Коефіцієнт дифузії солі у разі підвищення концентрації білка завдяки збільшенню в'язкості теж знижується. Але з іншого боку, зростання концентрації солі спричинює зростання потоку іонів солі з периферії у центр. Після досягнення концентрації насичення солі у розчині починається процес кристалоутворення. Наявність солі у розчині збільшує час гелеутворення порівняно з чистим розчином білка. Отож, при клиноподібній

дегідратації відбуваються різноманітні процеси, які, що найбільш важливо, впливають один на одного.

Форма конденсованих кристалічних структур суттєво змінюються у разі зміни концентрації солі (рис. 4). Наприклад, при концентрації солі 0,5% кристалічні структури мають форму маленьких кристалічних ланцюгів. При підвищенні концентрації до 1% кристалічні структури мають зернисту форму. У разі подальшого збільшення концентрації (1,5%) з'являються щільні дендрити, які мають осьову симетрію у декількох напрямках, паралельно із цим наявні й інші форми.

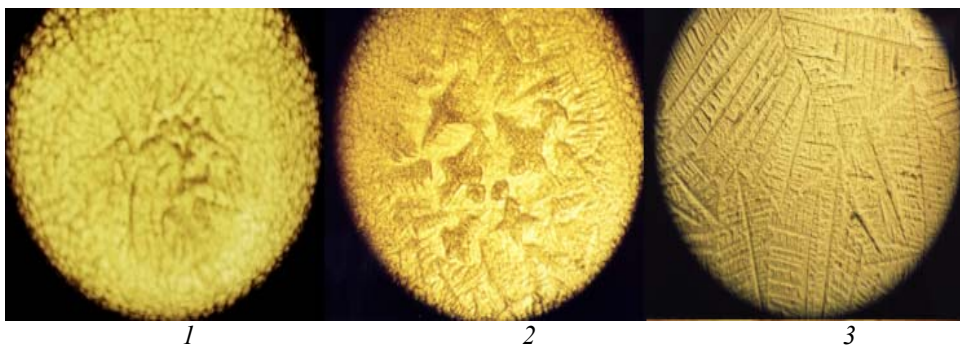


Рис. 4. Фації модельних рідин з різною концентрацією солі: 1 – 1%; 2 – 1,5%; 3 – 0,5%

Структури модельних рідин з різною концентрацією білка відрізнялися шириною білкового валика і щільністю радіальних розтріскувань (рис. 5).

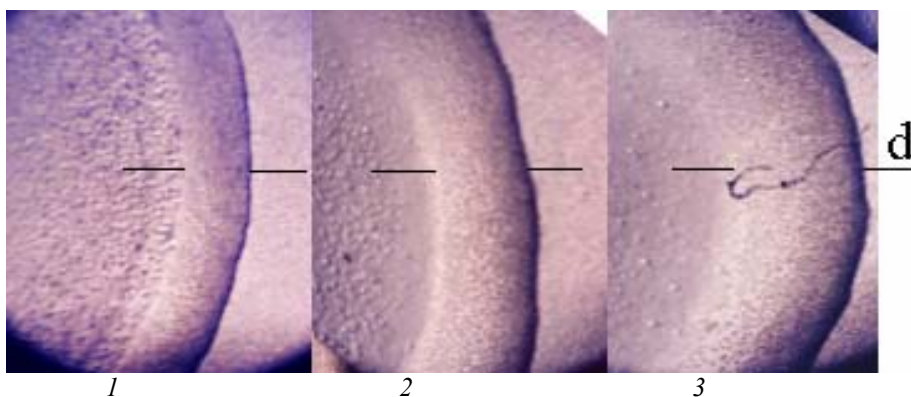


Рис. 5. Фації модельних рідин з різною концентрацією білка (діаметр краплі – 7 мм): 1 – 5% білка – ширина білкового валика 0,5 мм; 2 – норма (7%) – ширина білкового валика 0,7 мм; 3 – 12% білка – ширина білкового валика 1,2 мм

Досліди, які були проведені з модельними рідинами, дали змогу пов'язати просторовий перерозподіл компонентів біологічних рідин, що виникає під час клиноподібної дегідратації з діючими при цьому механізмами дифузії іонів та білкових молекул. Визначено суттєвий вплив складу модельних рідин на характер

утворених структур, що підтверджує перспективи використання клиновинної дегідратації для діагностики.

1. Лабораторные методы исследования в клинике. Под ред. проф. В. В. Меньшикова. М.: Медицина, 1987.
2. Шабалін В. Н., Шатохіна С. Н. Морфология биологических жидкостей человека. М.: Хризотом, 2001. 304 с.
3. Справочник лабораторных и функциональных показателей здорового человека. М., 1992.
4. Даніельс Ф., Олберті Р. Физическая химия. М., 1978. 645 с.
5. Кнорре Д. Г., Крилова Л. Ф., Музикантов В. С. Физическая химия. М., 1990. 413 с.
6. Морозова Г., Шабалін В. Н., Шатохіна С. Н. Кристаллографические методы исследований в медицине. М., 1997. С. 129–131.

MAIN EFFECTS OF CUNEATE DEHYDRATION IN MODELING LIQUIDS

O. Yelizarov, G. Yeremenko

*Kremenchuk State Polytechnical University,
Physical Department,
20, Pershotravneva Str., Kremenchuk,
Poltava region, 39614, Ukraine*

The dehydration of bioactivity modeling liquids was studied. Obtained results permit to interpret the spatial redistribution of components of investigated liquid during cuneate dehydration.

Key words: dehydration, modeling liquids.

Стаття надійшла до редколегії 15.02.2008
Прийнята до друку 08.07.2008