

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СОРБЦІЯ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА МЕЖІ  
РОЗПОДІЛУ ФАЗ. ІОННИЙ ОБМІН. ХРОМАТОГРАФІЯ**

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів I курсу з  
дисципліни «Медична хімія»

«Затверджено»  
Вченою радою Харківського  
національного медичного  
університету  
Протокол №11  
від 27 листопада 2014 р.

Харків 2014

Сорбція біологічно-активних речовин на межі розподілу фаз. Іонний обмін. Хроматографія: Метод. вказ. для студентів 1-го курсу / уклад. Г.О. Сирова, С.В. Андрєєва, В.О. Макаров, В.М. Петюніна, Є.Р. Грабовецька, Л.Г. Шаповал, Т.С. Тішакова, О.Л. Левашова, С.А. Наконечна, С.М. Козуб, Р.О. Бачинський, Л.В. Лук'янова, О.В. Савельєва, Н.В. Копотева, Н.М. Чаленко. – Харків: ХНМУ, 2014. – 16 с.

Укладачі:

Г.О. Сирова

С.В. Андрєєва

В.О. Макаров

В.М. Петюніна

Є.Р. Грабовецька

Л.Г. Шаповал

Т.С. Тішакова

О.Л. Левашова

С.А. Наконечна

С.М. Козуб

Р.О. Бачинський

Л.В. Лук'янова

О.В. Савельєва

Н.В. Копотева

Н.М. Чаленко

## **ТЕМА «СОРБЦІЯ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА МЕЖІ РОЗПОДІЛУ ФАЗ. ІОННИЙ ОБМІН. ХРОМАТОГРАФІЯ»**

**1. Кількість годин 2**

**2. Матеріальне та методичне забезпечення теми.**

Мультимедійне забезпечення (презентації, науковий фільм)

Таблиці:

1. Адсорбція із розчинів
2. Хроматографічні колонки
3. Розподільна хроматографія
4. Хроматографічно-сорбційний аналіз

Навчально-методична література:

1. Медична хімія : підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, Г.О. Сирова, В.І. Галинська та ін.; за ред. проф. В.О. Калібабчук. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 336 с. (Затверджено Міністерством освіти і науки України (лист МОН України №1/11-1152 від 05.02.13) та Міністерством охорони здоров'я України як базовий підручник для студентів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації (напрями «Лікувальна справа» та «Стоматологія»).

2. Завгородній І.В., Сирова Г.О., Ткачук Н.М. та ін. Медична хімія. Навчальний посібник рекомендований МОЗ та МОН України як навчальний посібник для самостійної роботи студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації, Харків, ХНМУ, 2010. – 268 с.

3. Завгородній І.В., Ткачук Н.М., Петюніна В.М. та ін. Навчальний посібник для самостійної роботи студентів медичного факультету по курсу «Медична хімія» Модуль 2: «Рівновага в біологічних системах на межі розподілу фаз», Харків, ХНМУ, 2008. – 116 с.

4. Робочий зошит для самостійної роботи студентів з курсу «Медична хімія» Харків, ХНМУ, 2013. – 72 с.

5. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Медична хімія» за темою «Сорбція біологічно-активних речовин на межі розподілу фаз. Іонний обмін. Хроматографія».

## 6. Конспект лекції

3. **Обґрунтування теми.** Живі системи характеризуються наявністю розвиненої поверхні, що відокремлює одні частинки цих систем від інших. Тому явища, що відбуваються на поверхні розподілу, грають важливу роль в процесах життєдіяльності. Властивості багатьох біологічно – активних сполук визначаються їх поведінкою на межі розподілу фаз. Розташування молекул фосфоліпідів в клітинних мембранах, здатність солей жовчних кислот емульгувати жири – ці та інші явища обумовлені поверхнево активними властивостями речовин, що беруть в них участь. Здатність деяких сполук накопичувати на своїй поверхні речовини з навколишнього середовища використовується для очищення крові від токсичних речовин, виведення отрут і токсинів з шлунково-кишкового тракту, лікування опіків і інших поверхневих патологій.

### 4. Мета заняття:

- загальна: навчитися інтерпретувати фізико-хімічні явища адсорбції у зв'язку з її біологічною функцією, а також знати особливості хроматографії як методу медико-біологічних досліджень.

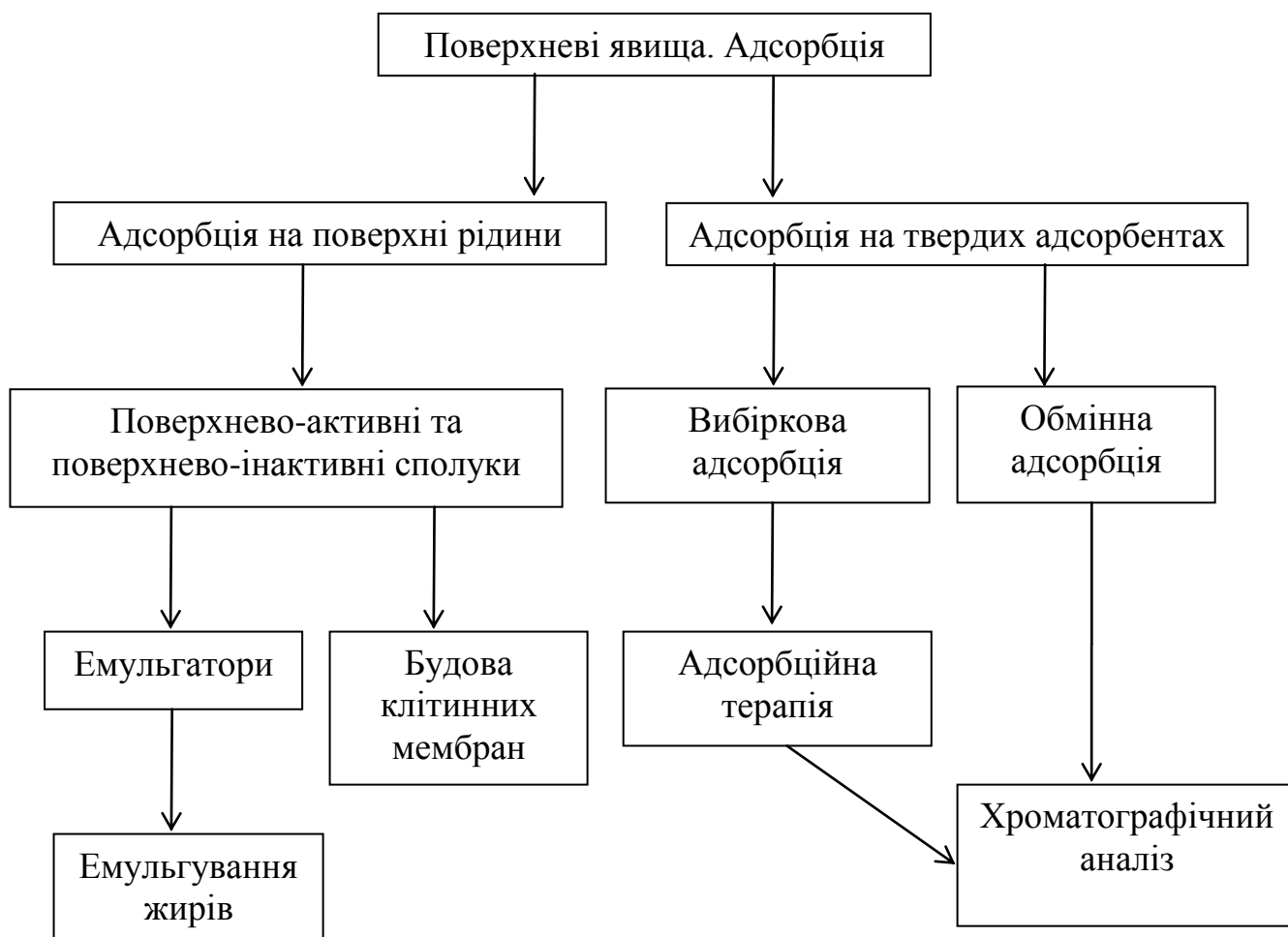
- конкретна: робити висновки щодо поверхневої активності речовин на підставі їх будови, аналізувати рівняння адсорбції та межі їх використання, розрізняти мономолекулярну та полімолекулярну адсорбцію, інтерпретувати закономірності адсорбції речовин з розчинів на твердій поверхні, пояснювати фізико-хімічні основи методів адсорбційної терапії, розрізняти вибіркочну та іонообмінну адсорбцію електролітів, інтерпретувати методи хроматографічного аналізу та їх роль в медико-біологічних дослідженнях.

а) **знати:** основні поняття – адсорбція, адсорбція на поверхні рідина – газ та рідина – рідина, поверхнево-активні й поверхнево-інактивні речовини, рівняння Гіббса, орієнтація молекул ПАР на границі розподілу фаз, поняття про будову клітинних мембран, емульгування жирів, адсорбція на поверхні твердих тіл, теорія Лэнгмюра, вибіркочність адсорбції, адсорбційна терапія,

обмінна адсорбція, іонообмінники, основні методи хроматографічного аналізу, хімічна сорбція;

б) **вміти:** вміти оцінювати поверхневі властивості речовин, виходячи з будови їх молекул, вміти пояснювати поведінку біологічно-активних речовин, виходячи з поверхневої активності, інтерпретувати використання адсорбентів для аналітичних і медичних цілей.

### 5. Граф логічна структура теми.



## 6. Орієнтована карта роботи студентів.

№ п.п	Етапи	Час у хв.	Навчальні й наочні засоби	Місце проведення
1.	Мотиваційна характеристика та план теми. Відповіді на питання студентів	30	Навчальний посібник (робочий зошит)	Навчальна кімната
2.	Самостійна робота студентів з методичною літературою, рішення навчальних завдань	35	Методичні вказівки для студентів, тексти лекцій, навчальний посібник для самостійної роботи студентів, довідкові дані, таблиці	
3.	Контроль знань	20		
4.	Аналіз і підведення підсумків заняття	4		
5.	Домашнє завдання	1		

## 7. Завдання для самостійної роботи:

- перелік питань, що підлягають вивченню:

1. Адсорбція: поняття і терміни.

2. Адсорбція на поверхні рідина – газ і рідина – рідина.

Поверхневоактивні і поверхневоінертивні речовини. Рівняння Гіббса.

3. Орієнтація молекул на межі розподілу фаз. Поняття про будову клітинних мембран. Емульгування жирів.
4. Адсорбція на поверхні твердих тіл. Теорія Ленгмюра.
5. Вибірковість адсорбції. Адсорбційна терапія.
6. Обмінна адсорбція. Іонообмінник.
7. Основні методи хроматографічного аналізу.

### **1. Адсорбція - поняття й терміни**

Адсорбція – це накопичення однієї речовини на поверхні іншої. Речовина, на поверхні якої відбувається адсорбція, називається адсорбентом, а речовина, що накопичується – адсорбтивом. Адсорбтивами можуть бути молекули або іони, у зв'язку із чим розрізняють молекулярну та іонну адсорбцію. Адсорбція, що супроводжується хімічною взаємодією адсорбенту з адсорбтивом, називається хемосорбцією.

Адсорбція являє собою оборотний процес. Процес, зворотний адсорбції називається десорбцією.

Кількісно адсорбцію виражають величиною різниці числа ммоль адсорбтива в об'ємі поверхневого шару площею  $1 \text{ см}^2$  і числа його моль у тому ж об'ємі всередині адсорбенту ( $\Gamma = \text{ммоль}/\text{см}^2$ ).

### **2. Адсорбція на поверхні рідина - газ і рідина - рідина. Поверхнево-активні та поверхнево-інактивні речовини. Рівняння Гіббса**

Адсорбентами можуть бути як рідини, так й тверді речовини. При розчиненні одні речовини накопичуються на поверхні розчинника, а інші прагнуть піти з поверхні усередину рідини. Це обумовлено різним впливом речовин, що розчиняють, на величину поверхневого натягу розчинника.

З курсу фізики відомо, що поверхневий натяг чисельно дорівнює питомій вільній енергії поверхні. Оскільки, у відповідності із другим началом термодинаміки, вільна енергія будь-якої системи прагне до мінімуму, речовини при розчиненні яких поверхневий натяг рідини зменшується, будуть накопичуватися в поверхневому шарі, тобто адсорбуватися позитивно ( $\Gamma > 0$ ). Такі речовини називаються поверхнево-активними (ПАР). Речовини, що

підвищують поверхневий натяг і прагнуть піти з поверхні усередину рідини, називаються поверхнево-інактивними. Стосовно води поверхнево-активними є багато органічних сполук – спирти, карбонові кислоти, аміни та ін., а поверхнево-інактивними – неорганічні: електроліти – кислоти, основи, солі.

Загальним для всіх видів ПАР є їх дифільний характер, тобто наявність у молекулі полярної групи ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{NH}_2$  та ін.), що гідратується при розчиненні у воді, та вуглеводневого радикалу, що не має водної оболонки. Дифільні молекули прийнято зображувати символом:  $\text{—O}$ , де кружок позначає полярну групу, а риска – вуглеводневий радикал.

У залежності від знака заряду частки, що володіє поверхневою активністю, розрізняють аніонні, катіонні та неіонні ПАР. Прикладом аніонних ПАР є мила – солі вищих жирних кислот ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa} \rightarrow \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + \text{Na}^+$ ), катіонних – аміни й органічні похідні амонію ( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{N}^+\text{H}_3 + \text{OH}^-$ ), неіонних – спирти, ефіри сахарози, оксиетильовані сполуки).

Залежність між величиною адсорбції ( $\Gamma$ ), концентрацією ПАР в розчині й зміною поверхневого натягу виражається рівнянням адсорбції Гіббса:

$$\Gamma = - (C / RT)(\Delta\delta/\Delta c)$$

Величина  $-\Delta\delta/\Delta c$  являє собою зміну поверхневого натягу на одиницю концентрації й називається поверхневою активністю. Зі збільшенням довжини вуглеводневого радикала ПАР на групу  $-\text{CH}_2$  – (гомологічна різниця) поверхнева активність зростає в 2–3,5 рази (правило Дюкло-Траубе).

### **3. Орієнтація молекул ПАР на границі розділу фаз. Поняття про будову клітинних мембран. Емульгування жирів**

При заповненні поверхні рідини частками ПАР вони розташовуються таким чином, що полярні групи дифільних молекул завдяки гідрофільності й здатності гідратуватися будуть занурені у воду, а вуглеводневі радикали розташовуються над водою, утворюючи так званий мономолекулярний шар (частокіл Ленгмюра.)

Після заповнення поверхневого шару (при концентрації  $10^{-5}$ — $10^{-3}$  моль/л) поверхнево-активні речовини будуть накопичуватися у внутрішніх

шарах розчину, утворюючи агрегати (міцели ПАР), внутрішня частина яких складається з гідрофобних вуглеводневих ланцюгів, а гідрофільні групи молекул розташовуються на зовнішній поверхні міцели.

Таку ж орієнтацію мають молекули фосфоліпідів, що входять до складу клітинних мембран. Гідрофільними групами молекул фосфоліпідів є залишки фосфорної кислоти й аміноспиртів, а гідрофобними – вуглеводневі радикали жирних кислот.

У мембрані клітини є два шари молекул фосфоліпідів, які гідрофільними групами орієнтовані назовні, а гідрофобні групи спрямовані усередину мембрани. На полярних групах фосфоліпідів адсорбовані білки й полісахариди. Крім того білки вбудовані в ліпідну основу таким чином, що їхні гідрофобні ділянки занурені у внутрішню порожнину мембрани, а полярні групи амінокислот перебувають на її поверхні.

Якщо поверхнево–активні речовини додати до емульсії масла у воді, то гідрофільні групи ПАР будуть перебувати у водній, а гідрофобні – у масляній фазі.

У результаті об'єднання крапель масла в емульсії буде утруднено, її стійкість збільшиться. При травленні в кишечнику утворюється жирова емульсія, стабілізатором якої служать солі жовчних кислот, що містяться у жовчі.

Розчини солей жовчних кислот мають дуже малий поверхневий натяг (менш/ерг./см<sup>2</sup>). При цьому відбувається мимовільне подріблення жиру, без попереднього механічного подрібнювання. Це визначає важливе значення жовчі для травлення й всмоктування жирів у шлунково-кишковому тракті.

#### **4. Адсорбція на поверхні твердих тіл. Теорія Ленгмюра**

На поверхні твердих тіл можуть адсорбуватися газоподібні речовини, а також молекули й іони розчинених речовин. Основні положення адсорбційної теорії були сформульовані в 1915 році американським вченим Ленгмюром і полягають у наступному:

1. Адсорбція викликається силами залишкової хімічної валентності. Частки (атоми, молекули або іони) твердих речовин, що перебувають на поверхні, з'єднуються з меншим числом часток цієї ж речовини, чим ті частки, які перебувають у внутрішніх шарах. За рахунок нереалізованих зв'язків можлива взаємодія з молекулою адсорбтива.

2. Адсорбція відбувається на активних центрах, що завжди існують на поверхні адсорбенту. Такими центрами є виступи, наявні на будь-якій навіть самій гладкій поверхні. Так тонко відполіроване дзеркало має на поверхні виступи до  $3 \cdot 10^{-7}$  см.

3. Кожний активний центр може зв'язувати тільки одну молекулу адсорбтива. Із цієї причини розглянута теорія одержала назву теорії мономолекулярної адсорбції.

4. Адсорбовані молекули втримуються активними центрами тільки протягом певного проміжку часу, після чого десорбуються й заміщуються на нові частки. У підсумку встановлюється динамічна рівновага між вільними й адсорбованими частками.

Величина адсорбції ( $\Gamma$ ) залежить від хімічної та фізичної природи адсорбента та адсорбтива, температури, концентрації речовини, яка адсорбується.

Оскільки поверхня твердого адсорбенту, як правило невідома, величину  $\Gamma$  звичайно виражають числом моль адсорбтива на одиницю маси адсорбенту.

Залежність кількості адсорбованої із розчину речовини від її концентрації в розчині при постійній температурі називається ізотермою адсорбції. Виходячи з розглянутого Ленгмюра вивів рівняння ізотерми адсорбції:

$$\Gamma = \Gamma_{\max} C / (C + K)$$

$\Gamma$  – кількість адсорбованої речовини (моль/г адсорбенту);  $\Gamma_{\max}$  – максимальна адсорбція, коли всі активні центри адсорбенту зайняті адсорбованою речовиною;  $C$  – концентрація адсорбтива після встановлення рівноваги;  $K$  – коефіцієнт адсорбції.

Якщо  $\Gamma = \Gamma_{\max} / 2$ , то  $C = K$ , тобто величина  $K$  чисельно дорівнює концентрації, при якій адсорбція дорівнює половині від максимальної можливої. Коефіцієнт адсорбції залежить від природи адсорбенту й адсорбтива.

При малих концентраціях адсорбованих речовин величиною  $C$  у знаменнику рівняння ізотерми можна зневажити, так як  $C \ll K$ . Тоді  $\Gamma = (\Gamma_{\max} C) / 2K$ , тобто кількість адсорбованої речовини прямо пропорційно її концентрації. Якщо ж концентрація речовини, що адсорбується, більша, то в знаменнику можна зневажити величиною  $K$ , так як  $C \gg K$  і тоді  $\Gamma = \Gamma_{\max}$ .

Часто зв'язування адсорбентом адсорбованої речовини не закінчується після утворення мономолекулярного шару, а триває далі, тобто має місце полімолекулярна адсорбція. При цьому адсорбційні сили діють на порівняно великих відстанях й тому можна говорити про існування в поверхні адсорбенту адсорбційного об'єму, утвореного молекулами адсорбтива. Дія адсорбційних сил зменшується по мірі віддалення від поверхні й на деякій відстані практично дорівнює нулю.

### **5. Вибірковість адсорбції. Адсорбційна терапія**

Іноді адсорбція будь-якої речовини або групи речовин тим або іншим адсорбентом значно перевершує адсорбцію інших, тобто має місце вибіркова адсорбція. Це має велике практичне значення, так як підбираючи потрібні адсорбенти можна виділяти зі складних сумішей певні речовини. Зокрема, вибірково протікає адсорбція з розчину іонів на адсорбентах, що також мають іонну кристалічну решітку. Як встановили Панет і Фаянс, кристали добуваються лише тими іонами, які входять до їхнього складу. Наприклад, кристали  $AgI$ , внесені в розчин  $KI$ , адсорбують на поверхні іони йоду, а якщо кристали  $AgI$  внести в розчин  $AgNO_3$ , то відбувається адсорбція іонів срібла. У цих випадках адсорбція обумовлена силами електростатичної взаємодії іонів, що добуваються кристал.

Явище вибіркової адсорбції часто спостерігається в організмі. Наприклад, токсини вибірково адсорбуються різними тканинами й клітинами. Так токсини збудників правця й ботулізму вражають насамперед клітини центральної

нервової системи, токсини збудників дизентерії - вегетативну нервову систему. Введення в організм навіть невеликих кількостей отрут, що володіють високими адсорбуючими властивостями на активних центрах деяких ферментів і інших біологічно активних сполук, приводить до їхньої блокади. Наприклад, при влученні в організм ціаністих сполук смерть настає через кілька секунд внаслідок блокади залізовмісних дихальних ферментів.

У деяких випадках у процесі лікування використовують адсорбційну терапію, основними методами якої є гемосорбція, ентеросорбція й аплікаційна терапія. За допомогою гемосорбції кров очищують від токсичних речовин при отруєннях, ниркової й печінкової недостатності та ін. Як адсорбент звичайно використовують гранульоване активоване вугілля.

Ентеросорбція - це застосування активованого вугілля й інших пористих адсорбентів у вигляді гранул і таблеток для адсорбції отрут і токсинів у шлунково - кишковому тракті.

Аплікаційна терапія застосовується при лікуванні опіків і інших поверхневих патологій.

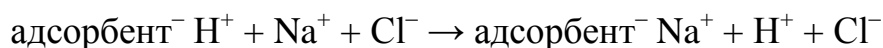
## **6. Обмінна адсорбція. Іонообмінники**

Велике практичне значення має обмінна адсорбція, при якій відбувається заміщення однієї адсорбованої речовини іншою, що перебуває у зовнішньому середовищі. При обмінній адсорбції адсорбент, поглинаючи певну кількість іонів з розчину, одночасно виділяє в розчин еквівалентну кількість інших іонів того ж знака, витиснутих з поверхні. При цьому відбувається витиснення слабкого адсорбенту більш сильним, у підсумку на адсорбенті будуть накопичуватися обидві частки, у кількостях пропорційних їхній адсорбційній здатності. Наприклад, якщо адсорбція одного іона у 10 разів більше ніж іншого, то його і буде перебувати на адсорбенті в 10 разів більше.

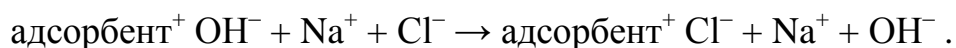
До обміну здатні не тільки раніше адсорбовані іони, але й іони, що утворюються із самого адсорбенту в результаті дисоціації його молекул.

Якщо, обмінюваними іонами є іони  $H^+$  або  $OH^-$ , при обмінній адсорбції змінюється рН середовища.

Якщо адсорбент поглинає з розчину який-небудь катіон, виділяючи при цьому в розчин іони  $H^+$ ,  $pH$  середовища зменшується:



Якщо адсорбент міняє який-небудь аніон на гідроксильний іон,  $pH$  зростає:



У промисловості й наукових дослідженнях широко використовуються іонообмінні смоли – високомолекулярні сполуки, здатні до обмінної адсорбції. Їх ділять на катіоніти й аніоніти залежно від знаку обмінюваних іонів. Функціональними групами катіонітів є карбоксильні, гідроксильні й сульфогрупи ( $-SO_3H$ ), що обмінюють катіон. Функціональні групи аніонітів – аміногрупи.

Іонообмінні смоли використовуються для пом'якшення води, витягу коштовних металів із складних сумішей та ін. Також вони можуть використовуватися для зв'язування отруйних речовин у шлунково-кишковому тракті.

## 7. Основні методи хроматографічного аналізу

Адсорбційні процеси широко використовуються з метою розподілу сумішей різних речовин. Вони лежать в основі хроматографічного методу аналізу (М. С. Цвет, 1903р).

Хроматографія – це фізико-хімічний метод розподілу суміші речовин, заснований на різному розподілі компонентів між двома фазами, одна з яких нерухома, а інша являє собою рухливий потік, що фільтрується через нерухому фазу.

Як нерухома фаза можуть використовуватися адсорбенти, поміщені в адсорбційні колони або нанесені у вигляді тонкого шару на скляні пластинки, а також спеціальний хроматографічний папір. Відповідно розрізняють колоночну, тонкошарову й паперову хроматографію.

Розподіл компонентів може відбуватися за різними ознаками: здатності вибірково адсорбуватися на даному адсорбенті, здатності до іонного обміну,

різному розподілі між двома рідинами, які не змішуються. Ці різновиди хроматографічного методу називають адсорбційною, іонообмінною і розподільною хроматографією.

При адсорбційній хроматографії в процесі пропускання суміші через адсорбент речовини розташовуються в послідовності, обумовленою їхньою здатністю до адсорбції. У верхньому шарі розташовується найбільше легко адсорбуюча речовина й далі по зменшенню здатності до адсорбції. Пропускаючи через адсорбент розчинник, можна послідовно вимивати компоненти суміші.

При іонообмінній хроматографії адсорбентами служать іонообмінні смоли. У верхній частині обмінюються найбільше адсорбуємі іони, потім менш інтенсивно адсорбуємі і т.д., в результаті чого відбувається поступове виділення іонів з розчину.

У методі розподільної хроматографії використовується різний розподіл речовин між рідинами, що не змішуються. Наприклад, якщо суміш речовин, що значно відрізняються між собою за розчинністю у воді й бензолі, неодноразово обробляти сумішшю цих рідин, то можна практично повно розділити речовини.

Одним з варіантів розподільної хроматографії є газорідинна хроматографія. У цьому випадку твердий адсорбент (активоване вугілля, целіт і ін.) пропитують нелетучою рідиною (гліцерин, поліетиленгліколь, ланолін) настільки, щоб він залишався на дотик сухим і легко продувався газом. Адсорбент поміщують у колону і через неї продувають який-небудь газ (азот, аргон і ін.), до якого додана розподіляема суміш речовин також у вигляді газу або пари. Розподіл речовин відбувається внаслідок різної адсорбційної здатності компонентів.

Для проведення хроматографічного аналізу широко використовуються прилади-хроматографи, які дозволяють автоматизувати процес і забезпечують швидкий і чіткий розподіл компонентів.

Хроматографічний аналіз разом з іншими фізичними й хімічними методами зараз дуже широко застосовується в біології та медицині. Він

дозволяє розділяти складні суміші амінокислот, нуклеїнових основ, вуглеводів і ін. Хроматографічний аналіз також використовується для встановлення первинної структури білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів, кількісного визначення вітамінів, гормонів та інших біологічно активних сполук.

#### **8. Ситуаційні задачі для визначення кінцевого рівня знань.**

1. Функції деяких важливих біологічно-активних речовин (фосфоліпідів, жовчних кислот і ін.) обумовлені їхньою поверхневою активністю. Поверхнево-активними речовинами можуть бути:

- A. Малорозчинні речовини.
- B. Речовини з розвинутою поверхнею.
- C. Речовини, молекули яких мають гідрофільні й гідрофобні групи.
- D. Іони розчинених неорганічних електролітів.

2. Які з наведених іонів будуть вибірково адсорбуватися на частках сульфату барію?

- A.  $\text{SO}_4^{2-}$
- B.  $\text{Ca}^{2+}$
- C.  $\text{PO}_4^{3-}$
- D.  $\text{Na}^+$

3. Чим пояснюється емульгування жирів солями жовчних кислот?

- A. Хімічною взаємодією між емульгатором і жиром.
- B. Значним зменшенням поверхневого натягу.
- C. Механічним здрібнюванням жиру.
- D. Утворенням агрегатів з молекул емульгатора

Еталони відповідей: 1- C; 2 - A; 3 - B.

#### **9. Рекомендації до оформлення результатів роботи.**

За результатами роботи на занятті студенти повинні занести у «Робочий зошит» алгоритми вирішення навчальних завдань аудиторної та самостійної роботи, а також зробити висновки щодо фізико-хімічних явищ адсорбції та особливостей хроматографічних методів досліджень у медичній практиці.

## 10. Література.

а) основна:

1. Медична хімія : підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, Г.О. Сирова, В.І. Галинська та ін.; за ред. проф. В.О. Калібабчук. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 336 с. (Затверджено Міністерством освіти і науки України (лист МОН України №1/11-1152 від 05.02.13) та Міністерством охорони здоров'я України як базовий підручник для студентів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації (напрями «Лікувальна справа» та «Стоматологія»).

2. Завгородній І.В., Сирова Г.О., Ткачук Н.М. та ін. Медична хімія. Навчальний посібник рекомендований МОЗ та МОН України як навчальний посібник для самостійної роботи студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації, Харків, ХНМУ, 2010. – 268 с.

3. Завгородній І.В., Ткачук Н.М., Петюніна В.М. та ін. Навчальний посібник для самостійної роботи студентів медичного факультету по курсу «Медична хімія» Модуль 2: «Рівновага в біологічних системах на межі розподілу фаз», Харків, ХНМУ, 2008. – 116 с.

б) допоміжна:

1. Садовнича Л.П., Хухрянский В.Г., Цыганенко А.Я. Биофизическая химия. – Киев: “Вища школа”, 1986. – 272 с.

3. Равич-Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. – М. “Высшая школа”, 1975. – 256 с.

2. Левітін Є.Я., Бризицька А.М., Ключова Р.Г. Загальна та неорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2003. – 464 с.

3. Зеленин К.Н. Химия. – Санкт-Петербург: «Специальная Литература», 1997. – 688 с.

4. Чанг Р. Физическая химия с приложениями к биологическим системам. – Москва, «Мир», 1980.