

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ СОРБЦІЇ ТА ПРОБЛЕМ ЕНДОЕКОЛОГІЇ**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
Вченою радою  
Інституту сорбції та проблем  
ендоекології НАН України  
протокол № 6  
від «17» вересня 2020 року

Голова Вченої ради  
Інституту сорбції та проблем  
ендоекології НАН України  
чл.-кор. НАН України



В.В. Брей

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Сорбція/сорбційні матеріали екологічного та медичного призначення**  
(назва навчальної дисципліни)

галузі знань **10 «Природничі науки»**

спеціальності **102 «Хімія»**

спеціалізації **«Фізична хімія»**

Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України  
(назва інституту, факультету, відділення)

Київ - 2020 рік

**Робоча програма «Сорбція/сорбційні матеріали екологічного та медичного призначення»**

(назва навчальної дисципліни)

для аспірантів спеціальності **102 «Хімія», спеціалізація – фізична хімія**

«17» вересня 2020 року, 20 стор.

Курс розроблено на підставі освітньо-наукової програми, затвердженої на Вченій раді Інституту сорбції та проблем ендоекології НАН України від «26» травня 2020р., протокол № 5.

Розробники: д.х.н., с.н.с. Романова Ірина Вікторівна,  
к.х.н., доцент Халявка Тетяна Олександрівна

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів - 3	Галузь знань <u>10 «Природничі науки»</u> (шифр і назва)  Спеціальність <u>102 «Хімія»</u> (шифр і назва)  Спеціалізація <u>«Фізична хімія»</u>	Нормативна	
Модулів - 4		<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів - 4		2-й	
		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин - 90		4-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 30, у т.ч. самостійної роботи аспіранта – 60 год.	Освітньо-кваліфікаційних рівень: доктор філософії	<b>Лекції</b>	
		22 год.	
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		8 год.	
		<b>Самостійна робота</b>	
		60 год.	
		<b>Вид контролю: іспит</b>	

## 2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Метою вивчення дисципліни «Сорбція/сорбційні матеріали екологічного та медичного призначення» є оволодіння знаннями про основні фізико-хімічні закономірності сорбційних процесів, формування уявлень про фізико-хімічні характеристики сорбентів екологічного та медичного призначення, методи їх одержання та регенерації.**

### **Основні завдання дисципліни:**

- сформувати фундаментальні знання щодо фізико-хімічних закономірностей сорбційних процесів;
- надати знання про методи одержання та регенерації сорбентів екологічного та медичного призначення;
- сформувати уявлення про основні механізми дії сорбентів екологічного та медичного призначення;
- навчити застосовувати отримані знання при розгляді та дослідженні різноманітних сорбентів;
- виробити навички використання методів адсорбції у дисертаційних дослідженнях.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспіранти набувають таких компетентностей:

### **загальні вміння (компетенції):**

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- здатність працювати у команді;
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;
- прагнення до збереження навколишнього середовища;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

### **спеціальні (фахові) вміння (компетенції):**

- здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії;
- здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії;
- здатність здійснювати сучасні методи аналізу даних;
- здатність оцінювати ризики;
- здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.

У результаті засвоєння дисципліни аспірант повинен демонструвати знання, вміння і навички, відповідні тематичним модулям дисципліни, і застосовувати їх в подальшому навчанні та роботі над дисертацією:

**знати:**

- основні закономірності та теорії, що описують сорбційні процеси;
- методи дослідження сорбційних процесів,
- фізико-хімічні властивості неорганічних та органічних сорбентів;
- прикладні завдання процесів сорбції;

**вміти:**

- визначати структурні та хімічні властивості сорбентів із використанням сучасних методів та комп'ютерних програм;
- аналізувати чинники, від яких залежить сорбційні процеси;
- використовувати основні положення хімічної термодинаміки для характеристики та аналізу поверхневих явищ;
- аналізувати переваги, недоліки та можливість застосування на практиці основних положень теорії адсорбції;
- трактувати найважливіші поняття про поверхневі явища на рухомих та нерухомих межах поділу фаз та закономірності, що описують їх протікання;
- аналізувати чинники, від яких залежить адсорбційні процеси на рухомих та нерухомих межах поділу фаз;
- пояснювати методики визначення поверхневий натяг розчинів;
- класифікувати адсорбенти;
- трактувати найважливіші поняття адсорбція із розчинів електролітів та закономірності, що описують її перебіг;
- аналізувати чинники, від яких залежить адсорбція із розчинів електролітів;
- трактувати найважливіші поняття хроматографічного методу та класифікувати методи за технікою виконання і механізмом процесу;
- аналізувати чинники, від яких залежить хроматографічне розділення;
- пояснювати методики визначати речовини із сумішей методом хроматографії.

### 3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### **Змістовий модуль 1. Сорбційні процеси та їх теоретичне обґрунтування.**

*Тема 1. Сорбційні процеси, їх класифікація. Рівняння адсорбції.*

Сорбція. Абсорбція. Адсорбція: основні поняття та визначення. Адсорбційна взаємодія. Адсорбційні сили. Неспецифічна і специфічна адсорбція. Фізична та хімічна адсорбція. Рівняння Генрі і Ленгмюра. Адсорбція суміші газів. Термодинамічне рівняння адсорбції Гіббса.

*Тема 2. Теорії адсорбції.*

Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра. Рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра, його виведення і аналіз. Теорія полімолекулярної адсорбції (БЕТ, Поляні).

*Тема 3. Теплота адсорбції. Ізотерма адсорбції, петля гістерезису. Рівняння адсорбції.*

Теплота адсорбції, її залежність від будови адсорбенту та адсорбату. Ізотерми адсорбції газів. Типи ізотерм адсорбції, класифікація та зв'язок з будовою адсорбенту та адсорбату. Типи петель гістерезису, їх класифікація. Рівняння Генрі-Фрейндліха, Ленгмюра, БЕТ і визначення питомої поверхні по ємності моношару, моделі де Бура, Хілла-де Бура, і Фрумкіна-Фаулера-Гуттенгейма та їх використання.

*Тема 4. Кінетика сорбції.*

Рівновага і кінетика сорбції. Вплив розміру пор сорбентів на адсорбцію парів при різному тиску. Теорія об'ємного заповнення мікропор. Селективність адсорбції. Експериментальні методи визначення адсорбції. Адсорбція сумішей, розрахунок адсорбції бінарних сумішей на основі теорії Ленгмюра. Визначення коефіцієнтів розподілу. Експериментальне вивчення кінетики сорбції. Кінетичні криві та рівняння кінетики адсорбції. Коефіцієнти дифузії.

*Тема 5. Адсорбція на тверде тіло із газу та розчину.*

Адсорбції на межі поділу тверде тіло-газ і тверде тіло-розчин. Експериментальне визначення адсорбції на цих межах поділу. Емпіричне рівняння адсорбції Фрейндліха, його практичне застосування. Фактори, що впливають на адсорбцію газів і розчинених речовин.

#### **Змістовий модуль 2. Сорбенти, їх властивості та застосування.**

*Тема 1. Характеристики сорбентів.*

Питома поверхня. Поруватість. Класифікація пор за розмірами (ЮПАК). Зв'язок між типами матеріалів та типами пор в них. Співвідношення між питомою поверхнею та розмірами часток. Правило зрівнювання полярності (П.О. Ребіндер). Гідрофільні і гідрофобні адсорбенти. Мікропори та мезопори. Теорія Дубініна.

*Тема 2. Методи дослідження сорбентів.*

Методи визначення питомої поверхні та розподілу пор за розмірами. Методи визначення структурних властивостей сорбентів. Термодесорбційні,

титриметричні та спектральні методи вивчення хімічних властивостей поверхневого шару вуглецевих сорбентів.

*Тема 3. Класифікація, будова, маркування, отримання та застосування силікагелів.*

Структура і фізико-хімічні властивості силікагелів. Хімічна природа, будова, порувата структура та хімія поверхні силікагелів. Гранулометричний склад, насипна густина, механічна міцність. Методи хімічного модифікування кремнеземів. Класифікація, основи маркування, марки промислових силікагелів. Стадії отримання силікагелів. Промислове отримання гранульованих силікагелів. Застосування різних марок. Застосування силікагелів у хроматографії.

*Тема 4. Іоніти.*

Органічні іоніти. Класифікація іонітів. Іонний обмін та комплексоутворення. Методи одержання органічних іонітів. Цеоліти або молекулярні сита. Склад, будова, зовнішній вигляд мінералу цеоліта. Природні та синтетичні цеоліти. Структура та адсорбційні порожнини синтетичних цеолітів. Класифікація синтетичних цеолітів. Адсорбція та іонний обмін на цеолітах. Молекулярні та іонно-ситові ефекти. Застосування цеолітів.

### **Змістовий модуль 3. Вуглецеві сорбенти.**

*Тема 1. Активоване вугілля: фізико-хімічні властивості, одержання, застосування.*

Визначення, кристалографічна структура, зовнішня поверхня, система внутрішніх пор, розміри пор та розподіл пор за радіусами у активному вугіллі. Елементний склад активного вугілля. Хімічний склад та властивості поверхневих оксидів. Іонообмінні властивості вугільної поверхні. Окиснене активне вугілля. Методи окиснення вугільної поверхні. Особливості азот- та сірковмісного активного вугілля.

Адсорбційна здатність. Адсорбція рідин, газів (парів), мікродомішок. Селективна адсорбція. Катіоно- та аніонообмінна ємність. Каталітична активність. Окисно-відновний та кислотно-основний каталіз. Окисно-відновна дія. Електрохімічні процеси за участю активного вугілля. Електронодонорна функція вугільної матриці.

Форми випуску активного вугілля. Класифікація активного вугілля за формою та розміром часточок. Загальна класифікація промислового активного вугілля. Освітлююче, рекупераційне та газове активне вугілля – властивості, вимоги, марки, технічні характеристики.

Сировинна база. Загальні принципи технологій виробництва активного вугілля. Хімічне та парогазове активування. Вплив вихідної сировини на властивості виробленого сорбенту. Порівняльна характеристика активного вугілля, що одержано на основі різної сировини. Апаратурне оформлення процесів активування. Печі активації – обертові, шахтні, багатополічні, реактори киплячого шару.

*Тема 2. Вплив природи сировини, умов карбонізації, активації та модифікування на характеристики вуглецевих сорбентів.*

Сучасне місце вуглецевих матеріалів в науці та технології. Класифікація та властивості вуглецевих наноматеріалів. Структурні та хімічні властивості вуглецевих сорбентів, одержаних з газоподібної, рідкої та твердої вуглецевмісної сировини.

Вплив температури та швидкості нагріву при карбонізації і умов активації вуглецевої сировини на властивості вуглецевих сорбентів. Графітізовані та неграфітізовані вуглецеві матеріали.

Методи розвинення питомої поверхні та пористості вуглецевих сорбентів. Одержання мезопористих вуглецевих матеріалів. Порівняння рідко- та газофазних методів модифікування поверхні вуглецевих сорбентів. Вплив умов модифікування на природу і властивості прищеплених поверхневих груп. Селективність методик введення гетероатомів в поверхневий шар вуглецевих матеріалів.

*Тема 3. Адсорбційні та каталітичні властивості вуглецевих сорбентів. Регенерація активованого вугілля.*

Адсорбція катіонів перехідних металів. Вплив поверхневих груп на адсорбцію. Адсорбція розчинників. Вплив гідрофобізації поверхні на адсорбцію. Модифіковані вуглецеві носії. Застосування вуглецевих сорбентів в окисно-відновних та кислотно-основних процесах. Вплив модифікування на каталітичні властивості та термічну стійкість вуглецевих сорбентів.

Способи та особливості регенерації активного вугілля. Термічне реактивування вуглецевих сорбентів: особливості, умови. Печі реактивування: обертові, поверхові багатополічні, реактори киплячого шару. Реактивування гранульованого та порошкового активного. Установки для реактивування активного вугілля.

## **Змістовий модуль 4. Сорбенти медичного та екологічного призначення**

*Тема 1. Класифікація, властивості і застосування сорбентів медичного призначення*

Історія застосування сорбентів в медицині. Класифікація, хімічний склад і вимоги до сорбентів медичного призначення.

Ентеросорбенти на основі природних матеріалів. Одержання, властивості, застосування. Механізми дії ентеросорбентів. Сорбційно-детоксикаційна дія. Вуглецеві сорбенти. Методи одержання та фізико-хімічні властивості вуглецевих ентеросорбентів.

Ентеросорбенти на основі діоксиду кремнію та органосилоксанів.

Ентеросорбенти на основі алюмосилікатних та глинистих матеріалів.

Ентеросорбенти на основі біополімерів та синтетичних органічних полімерів.

Поняття про гемосорбцію. Гемосорбенти. Адсорбційна терапія та її перспективи розвитку.



*Тема 2. Класифікація, властивості і застосування сорбентів екологічного призначення*

Класифікація, хімічний склад і вимоги до сорбентів екологічного призначення. Механізми дії сорбентів екологічного призначення.

Використання сорбентів екологічного призначення. Сорбційне очищення водних стоків: технологія, сорбенти та їх регенерація.

Сорбційні методи очистки газових викидів. Сорбційні методи ліквідації нафтових виливів: технологічна схема, вимоги до сорбентів, особливості використання різних видів сорбентів.

#### 4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назва тем	Кількість годин				Індивідуальна робота
	Всього	Аудиторна робота			
		Всього аудито рих	Лекції	Семіна рських	
<b>Змістовий модуль 1. Сорбційні процеси та їх теоретичне обґрунтування.</b>					
Тема 1. Сорбційні процеси, їх класифікація. Рівняння адсорбції.			1		2
Тема 2. Теорії адсорбції.			1		3
Тема 3. Теплота адсорбції. Ізотерма адсорбції, петля гістерезису. Рівняння адсорбції.			2	1	5
Тема 4. Кінетика сорбції.			2		5
Тема 5. Адсорбція на тверде тіло із газу та розчину.			2	1	5
Разом за змістовим модулем 1.			8	2	20
<b>Змістовий модуль 2. Сорбенти, їх властивості та застосування.</b>					
Тема 1. Характеристики сорбентів.			1		5
Тема 2. Методи дослідження сорбентів.			1	1	5
Тема 3. Класифікація, будова, маркування, отримання та застосування силікагелів.			1		2
Тема 4. Іоніти.			1	1	3
Разом за змістовим модулем 2.			4	2	15
<b>Змістовий модуль 3. Вуглецеві сорбенти.</b>					
Тема 1. Активоване вугілля: фізико-хімічні властивості, одержання, застосування.			2		5
Тема 2. Вплив природи сировини, умов карбонізації, активації та модифікування на характеристики вуглецевих сорбентів.			2	1	5
Тема 3. Адсорбційні та каталітичні властивості вуглецевих сорбентів. Регенерація активованого вугілля.			2	1	5
Разом за змістовим модулем 3.			6	2	15
<b>Змістовий модуль 4. Сорбенти медичного та екологічного призначення</b>					
Тема 1. Класифікація, властивості і застосування сорбентів медичного призначення.			2	1	5
Тема 2. Класифікація, властивості і застосування сорбентів екологічного призначення.			2	1	5
Разом за змістовим модулем 4.			4	2	10
Всього:	90	30	22	8	60

## 5. ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин
<b>Змістовий модуль 1. Сорбційні процеси та їх теоретичне обґрунтування.</b>		
1.	Теплота адсорбції. Ізотерма адсорбції, петля гістерезису. Рівняння адсорбції.	1
2.	Адсорбція на тверде тіло із газу та розчину.	1
<b>Змістовий модуль 2. Сорбенти, їх властивості та застосування.</b>		
3.	Методи дослідження сорбентів.	1
4.	Іоніти.	1
<b>Змістовий модуль 3. Вуглецеві сорбенти.</b>		
5.	Вплив природи сировини, умов карбонізації, активації та модифікування на характеристики вуглецевих сорбентів.	1
6.	Адсорбційні та каталітичні властивості вуглецевих сорбентів. Регенерація активованого вугілля.	1
<b>Змістовий модуль 4. Сорбенти медичного та екологічного призначення</b>		
7.	Класифікація, властивості і застосування сорбентів медичного призначення.	1
8.	Класифікація, властивості і застосування сорбентів екологічного призначення.	1
Всього годин:		8

## 6. САМОСТІЙНА РОБОТА

№	Назва теми	Кількість годин
<b>Змістовий модуль 1. Сорбційні процеси та їх теоретичне обґрунтування.</b>		
1.	Сорбційні процеси, їх класифікація. Рівняння адсорбції.	2
2.	Теорії адсорбції.	3
3.	Теплота адсорбції. Ізотерма адсорбції, петля гістерезису. Рівняння адсорбції.	5
4.	Кінетика сорбції.	5
5.	Адсорбція на тверде тіло із газу та розчину.	5
<b>Змістовий модуль 2. Сорбенти, їх властивості та застосування.</b>		
6.	Характеристики сорбентів.	5
7.	Методи дослідження сорбентів.	5
8.	Класифікація, будова, маркування, отримання та застосування силікагелів.	2
9.	Іоніти.	3
<b>Змістовий модуль 3. Вуглецеві сорбенти.</b>		
10.	Активоване вугілля: фізико-хімічні властивості, одержання, застосування.	5
11.	Вплив природи сировини, умов карбонізації, активації та модифікування на характеристики вуглецевих сорбентів.	5
12.	Адсорбційні та каталітичні властивості вуглецевих сорбентів. Регенерація активованого вугілля.	5
<b>Змістовий модуль 4. Сорбенти медичного та екологічного призначення</b>		
13.	Класифікація, властивості і застосування сорбентів медичного призначення.	5
14.	Класифікація, властивості і застосування сорбентів екологічного призначення.	5
Всього годин:		60

## 7. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

- Словесні методи: пояснення, інструктаж, розповідь, лекція, бесіда (репродуктивна, евристична, катехізисна), самостійна робота з підручником, обговорення проблем, навчальні дискусії, мозковий штурм, кейс-методи, тестування, перехресна перевірка знань;
- Наочні: метод ілюстрацій (схеми, таблиці, графіки, тощо), метод демонстрацій (приладів, дослідів, технічних установок, відеофільмів);
- Метод інструктування;
- Репродуктивні методи: пояснювально-ілюстративний, відтворювальний;
- Проблемно-пошукові методи навчання (проблемний виклад, евристичний, дослідний).

## 8. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ АСПРАНТИ

Поточне тестування та самостійна робота														Підсумковий тест (іспит)	Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2				Змістовий модуль 3			Змістовий модуль 4		100	100
T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T1	T2		
8	8	8	8	7	8	8	8	7	6	6	6	6	6		

## ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінки ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для іспиту	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C	задовільно	
65-69	D		
60-64	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## **9. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Навчально-методичний комплекс вивчення дисципліни вміщує робочу програму навчальної дисципліни, програму навчальної дисципліни, конспект лекцій з курсу, екзаменаційні білети, презентації, створені засобами Power Point, програми для аналізу адсорбційних даних, експериментальні дані по адсорбції з газового та рідкого середовища на різних матеріалах.

Для методичного забезпечення лекційного процесу використовуються дошки із записом крейдою та фломастером, ноутбук, мультимедійний проектор, лазерна вказівка.

### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ БІЛЕТИ**

#### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1**

1. Сорбція. Абсорбція. Адсорбція: основні поняття та визначення. Адсорбційна взаємодія. Адсорбційні сили. Неспецифічна і специфічна адсорбція. Фізична та хімічна адсорбція.

2. Структура і фізико-хімічні властивості силікагелів. Хімічна природа, будова, порувата структура та хімія поверхні силікагелів. Гранулометричний склад, насипна густина, механічна міцність. Методи хімічного модифікування кремнеземів.

3. Визначення, кристалографічна структура, зовнішня поверхня, система внутрішніх пор, розміри пор та розподіл пор за радіусами у активному вугіллі. Елементний склад активного вугілля. Хімічний склад та властивості поверхневих оксидів.

#### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 2**

1. Класифікація, основи маркування, марки промислових силікагелів. Стадії отримання силікагелів. Промислове отримання гранульованих силікагелів. Застосування різних марок. Застосування силікагелів у хроматографії.

2. Іонообмінні властивості вугільної поверхні. Окиснене активне вугілля. Методи окиснення вугільної поверхні. Особливості азот- та сірковмісного активного вугілля.

3. Цеоліти або молекулярні сита. Склад, будова, зовнішній вигляд мінералу цеоліта. Природні та синтетичні цеоліти. Структура та адсорбційні порожнини синтетичних цеолітів. Класифікація синтетичних цеолітів. Адсорбція та іонний обмін на цеолітах. Молекулярні та іонно-ситові ефекти. Застосування цеолітів.

#### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 3**

1. Органічні іоніти. Класифікація іонітів. Іонний обмін та комплексоутворення. Методи одержання органічних іонітів.

2. Рівняння Генрі і Ленгмюра. Адсорбція суміші газів. Термодинамічне рівняння адсорбції Гіббса.

3. Адсорбційна здатність. Адсорбція рідин, газів (парів), мікродомішок. Селективна адсорбція. Катіоно- та аніонообмінна ємність. Каталітична активність. Окисно-відновний та кислотно-основний катализ. Окисно-відновна дія. Електрохімічні процеси за участю активного вугілля. Електронодонорна функція вугільної матриці.

#### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 4**

1. Форми випуску активного вугілля. Класифікація активного вугілля за формою та розміром часточок. Загальна класифікація промислового активного вугілля. Освітлююче, рекупераційне та газове активне вугілля – властивості, вимоги, марки, технічні характеристики.

2. Поняття про гемосорбцію. Гемосорбенти. Адсорбційна терапія та її перспективи розвитку.

3. Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра. Рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра, його виведення і аналіз. Теорія полімолекулярної адсорбції (БЕТ, Полянї).

#### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 5**

1. Ентеросорбенти на основі діоксиду кремнію та органосилоксанів. Ентеросорбенти на основі алюмосилікатних та глинистих матеріалів. Ентеросорбенти на основі біополімерів та синтетичних органічних полімерів.

2. Сировинна база. Загальні принципи технологій виробництва активного вугілля. Хімічне та парогазове активування. Вплив вихідної сировини на властивості виробленого сорбенту. Порівняльна характеристика активного вугілля, що одержано на основі різної сировини. Апаратурне оформлення процесів активування. Печі активації – обертові, шахтні, багатополічні, реактори киплячого шару.

3. Теплота адсорбції, її залежність від будови адсорбенту та адсорбату. Ізотерми адсорбції газів. Типи ізотерм адсорбції, класифікація та зв'язок з будовою адсорбенту та адсорбату. Типи петель гістерезису, їх класифікація. Рівняння Генрі-Фрейндліха, Ленгмюра.

#### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 6**

1. Сучасне місце вуглецевих матеріалів в науці та технології. Класифікація та властивості вуглецевих наноматеріалів. Структурні та хімічні властивості вуглецевих сорбентів, одержаних з газоподібної, рідкої та твердої вуглецьвмісної сировини.

2. БЕТ і визначення питомої поверхні по ємності моношару, моделі де Бура, Хілла-де Бура, і Фрумкіна-Фаулера-Гуггенгейма та їх використання.

3. Ентеросорбенти на основі природних матеріалів. Одержання, властивості, застосування. Механізми дії ентеросорбентів. Сорбційно-



детоксикаційна дія. Вуглецеві сорбенти. Методи одержання та фізико-хімічні властивості вуглецевих ентеросорбентів.

### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 7**

1. Рівновага і кінетика сорбції. Вплив розміру пор сорбентів на адсорбцію парів при різному тиску. Теорія об'ємного заповнення мікропор. Селективність адсорбції. Експериментальні методи визначення адсорбції.

2 Вплив температури та швидкості нагріву при карбонізації і умов активації вуглецевої сировини на властивості вуглецевих сорбентів. Графітізовані та неграфітізовані вуглецеві матеріали.

3. Історія застосування сорбентів в медицині. Класифікація, хімічний склад і вимоги до сорбентів медичного призначення.

### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 8**

1. Методи розвинення питомої поверхні та пористості вуглецевих сорбентів. Одержання мезопористих вуглецевих матеріалів. Порівняння рідко- та газофазних методів модифікування поверхні вуглецевих сорбентів. Вплив умов модифікування на природу і властивості прищеплених поверхневих груп. Селективність методик введення гетероатомів в поверхневий шар вуглецевих матеріалів.

2. Адсорбція сумішей, розрахунок адсорбції бінарних сумішей на основі теорії Ленгмюра. Визначення коефіцієнтів розподілу. Експериментальне вивчення кінетики сорбції. Кінетичні криві та рівняння кінетики адсорбції. Коефіцієнти дифузії.

3 Правило зрівнювання полярності (П.О. Ребіндер). Гідрофільні і гідрофобні адсорбенти. Мікропори та мезопори. Теорія Дубініна.

### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 9**

1. Адсорбції на межі поділу тверде тіло-газ і тверде тіло-розчин. Експериментальне визначення адсорбції на цих межах поділу. Емпіричне рівняння адсорбції Фрейндліха, його практичне застосування. Фактори, що впливають на адсорбцію газів і розчинених речовин.

2. Методи визначення питомої поверхні та розподілу пор за розмірами. Методи визначення структурних властивостей сорбентів.

3. Адсорбція катіонів перехідних металів. Вплив поверхневих груп на адсорбцію. Адсорбція розчинників. Вплив гідрофобізації поверхні на адсорбцію.

### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 10**

1. Питома поверхня. Поруватість. Класифікація пор за розмірами (ЮПАК). Зв'язок між типами матеріалів та типами пор в них. Співвідношення між питомою поверхнею та розмірами часток.

2. Сорбційні методи очистки газових викидів. Сорбційні методи ліквідації нафтових виливів: технологічна схема, вимоги до сорбентів, особливості використання різних видів сорбентів.

3. Способи та особливості регенерації активного вугілля. Термічне реактивування вуглецевих сорбентів: особливості, умови. Печі реактивування: обертові, поверхові багатополічні, реактори киплячого шару. Реактивування гранульованого та порошкового активного. Установки для реактивування активного вугілля.

### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 11**

1. Класифікація, хімічний склад і вимоги до сорбентів екологічного призначення. Механізми дії сорбентів екологічного призначення. Використання сорбентів екологічного призначення. Сорбційне очищення водних стоків: технологія, сорбенти та їх регенерація.

2. Термодесорбційні, титриметричні та спектральні методи вивчення хімічних властивостей поверхневого шару вуглецевих сорбентів.

3. Модифіковані вуглецеві носії. Застосування вуглецевих сорбентів в окисно-відновних та кислотно-основних процесах. Вплив модифікування на каталітичні властивості та термічну стійкість вуглецевих сорбентів.

## 10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
2. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
3. Николаев В.Г., Стрелко В.В. Гемосорбция на активированных углях. – К.: Наук. думка, 1979. – 286 с.
4. Bansal R.C., Denner J.B., Stoeckly F. Active carbon. – New York and Basel: Marcel Dekker, 1988. – 482 p.
5. Тарковская И.А. Окисленный уголь. – К.: Наукова думка, 1981. – 200 с.
6. Тарасевич М.Р. Электрохимия углеродных материалов. – М.: Наука, 1984. – 253 с.
7. Стрелко В.В., Картель Н.Т. Активные угли медицинского назначения // Научные основы разработки лекарственных препаратов. – Харьков: Основа, 1998. – С. 490-516.
8. Колышкин Д.А., Михайлова К.К. Активные угли: Справ. – М.: Химия, 1972. – 57 с.
9. Олонцев В.Ф. Некоторые тенденции в производстве и применении активных углей в мировом хозяйстве // Химическая промышленность. – 2000. – Вып. 395, №8. – С. 7-14.
10. Когановский А.М., Левченко Т.М., Кириченко В.А. Адсорбция растворенных веществ. – К.: Наукова думка, 1977. – 222 с.
11. Колышкин Д.А., Михайлова К.К. Активные угли: Справ. – М.: Химия, 1972. – 57 с.
12. Leon у Leon С. А., Radovic L. R. Interfacial chemistry and electrochemistry of carbon surfaces // Chemistry and Physics of Carbon. – New York, Basel, Hong Kong: Marcel Dekker, 1994. – P. 213-310.
13. Айвазов Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции. – М.: Высш. школа, 1973. – 203 с.
14. Сорбенты и сорбционные процессы // Межвуз. сб. науч. тр.: Ленингр. технол. ин-т им. Ленсовета / Под ред. Н.Ф. Федорова. – Л.: ЛТИ, 1989. – 179 с.
15. Фенелонов В.Б. Пористый углерод. – Новосибирск, 1995. – 518 с.
16. Тарковская И.А. Окисленный уголь. – К.: Наукова думка, 1981. – 200 с.
17. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
18. Химические и физические свойства углерода. Под ред. Уокера Ф. – М.: Мир, 1969. – 366 с.
19. Шулепов С.В. Физика углеграфитовых материалов. – М.: Металлургия, 1972. – 254 с.
20. Колышкин Д.А., Михайлова К.К. Активные угли: Справочник. – М.: Химия, 1972. – 52 с.

21. Терещенко В. П., Піщиков В. А., Дегтярьова Л. В. та ін. Ентеросорбенти у медичній практиці:
22. Пос. для лікарів / За ред. В. П. Терещенко, В. А. Піщикова. – К.: Міжрегіональний видавничий центр «Медінформ», 2008. – 80 с.
23. Купчик Л.А., Картель М.Т. Тестування ентеросорбентів за селективністю до органічних забруднювачів різної молекулярної маси/Планета без стійких органічних забруднювачів (СОЗ): Збірник наук.-практ. семінару. – Київ: ВГЛ Обрії, 2005.–С. 79–82.
24. Гурина Н.М., Бардахівська К.І. Ентеросорбенти як засіб детоксикації організму/ Довкілля та здоров'я. – 2007. – Т.42, № 3. – С.64-66.
25. Стрелко В.В. Углеродные адсорбенты и их применение в промышленности / [В.В. Стрелко, Т.Г. Плаченов, Н.Т. Картель и др.]. М.: Наука, 1983.-324с.
26. Чуйко А.А. Медицинская химия и клиническое применение диоксида кремния / [А.А.Чуйко, В.К. Погорелый, А.А. Пентюк и др.]-Київ: Наукова думка, 2003.- 416 с
27. Белякова Н.А./ Энтеросорбция /Н.А.Белякова.- Л.: Центр сорбционных технологий, 1991.- 329 с.
28. Комаров В.С. Адсорбенты и их свойства./ В.С. Комаров - Минск: Наука и техника, 1977. – 248 с.
29. Леванова В.П. Лечебный лигнин./ В.П. Леванова- СПб.: Центр сорбционных технологий, 1992.- 136 с.
30. Решетников, В.И. Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм / В.И.Решетников // Хим. фарм. журн.-2003.-№5.- С.28 -32.
31. Николаев В.Г. Современные энтеросорбенты и механизмы их действия / В.Г. Николаев, С.В.Михайловский, Н.М. Гурина, А.К.Мартынов //Эфферентная терапия. — 2005. — т. 11, № 4. — С. 3-17.