



Національний університет

водного господарства

Міністерство освіти і науки України

та природокористування

Національний університет водного господарства

та природокористування

Кафедра хімії та фізики

05-06-95

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

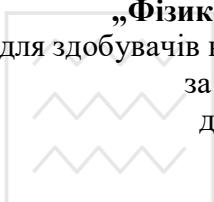
до лабораторних робіт з навчальної дисципліни

„Фізико-хімічні властивості гірничих порід”

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

за спеціальністю 184 "Гірництво"

денної і заочної форм навчання



та природокористування

Рекомендовано
Науково - методичною
комісією зі спеціальності
184 "Гірництво"
протокол № 5 від 28.11.2018 р.

Рівне – 2018



Національний університет

водного господарства

Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни
„Фізико-хімічні властивості гірничих порід” для здобувачів вищої
освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 184
„Гірництво” денної і заочної форм навчання / Н. М. Буденкова. –
Рівне : НУВГП, 2018. - 45 с.

Укладач: Н. М. Буденкова – канд.хім.наук, доцент кафедри хімії та
фізики



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Відповідальний за випуск: М. В. Яцков, канд.техн.наук,
професор кафедри хімії та фізики

© Буденкова Н. М., 2018
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2018



ЗМІСТ

Стор.

Передмова.....	4
Лабораторна робота №1. Визначення питомої ваги, питомої ваги і пористості гірських порід	5
Лабораторна робота №2. Олово і свинець.....	11
Лабораторна робота №3. Хром.....	16
Лабораторна робота №4. Манган.....	19
Лабораторна робота №5. Залізо.....	21
Лабораторна робота №6. Бор. Алюміній.....	23
Лабораторна робота №7. Вуглець.....	25
Лабораторна робота №8. Кремній.....	28
Лабораторна робота №9. Галогени.....	30
Лабораторна робота № 10. Сірка.....	33
Лабораторна робота № 11. Азот.....	35
Рекомендована література.....	44



ПЕРЕДМОВА

Метою геотехнології як науки є створення методів видобутку і оптимізація параметрів технології, вибір робочих реагентів, способів їх доставки до рудного тіла, управління технологічним процесом, переміщення корисних копалин до поверхні та їх подальша переробка.

Лабораторні роботи з навчальної дисципліни „Фізико-хімічні властивості гірничих порід” максимально наближені до майбутньої спеціальності студентів, охоплюють основні розділи фізичної та колоїдної хімії, неорганічної хімії і спрямовані на більш поглиблене засвоєння знань.

В процесі виконання лабораторної роботи студенти повинні закріпити теоретичні знання з даного розділу програми, навчитися працювати з лабораторним посудом та пристроями. Робота в лабораторії вимагає осмислення теоретичного матеріалу, з якими пов’язані досліди, тому студент повинен вивчити теоретичний матеріал з теми лабораторної роботи, який наведений у теоретичному вступі доожної роботи. Обов’язкові знання студентів з правил техніки безпеки при роботі з пристроями і відповідними реактивами, без чого не можна починати практичну частину роботи.

Студенти при оформленні лабораторних робіт повинні відповісти на контрольні запитання.

Лабораторна робота з відповідним оформленням в зошиті подається у вигляді звіту для захисту.

А в результаті вивчення теоретичного матеріалу і виконання лабораторних робіт, студент повинен знати хімізм процесів, які вивчаються у відповідній роботі, грамотно користуватися мірним посудом, пристроями, вміти провести аналіз і виконувати розрахунки, пов’язані з приготуванням і стандартизацією робочих розчинів, обчисленням і математичною обробкою результатів досліджень.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ВАГИ, ОБ'ЄМНОЇ ВАГИ І ПОРИСТОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД

1. Мета роботи.

1.1. Ознайомитися з методикою визначення питомої й об'ємної ваги, щільності і пористості гірських порід шляхом самостійного встановлення їх способом гідростатичного зважування і за допомогою пікнометра.

Гідростатичне зважування – зважування у воді.

Пікнометр – мірна колба постійного об'єму.

1.2. Визначити сферу застосування вищеперелічених параметрів у гірничому виробництві.

2. Загальні відомості.

Щільність, пористість та об'ємна вага – це фундаментальні властивості гірських порід, що використовуються при розрахунках обсягів видобутку, розпушування, збагачення, транспортування, складування корисних копалин і багатьох інших розрахунків.

Показник щільності також входить у розрахункові формули при обчисленні швидкостей поздовжніх і поперечних хвиль при визначенні акустичних і пружних параметрів гірських порід.

Щільність ρ – маса твердої фази гірських порід m , що міститься в одиниці об'єму V_{ob} :

$$\rho = \frac{m}{V_{ob}}, \text{ г/см}^3, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

де V_{ob} – об'єм досліджуваного зразка з урахуванням пор і пустот.

Питома вага γ_n - вага мінерального скелета гірської породи, що міститься в одиниці об'єму V_{ck} :

$$\gamma_n = \frac{P}{V_{ck}}. \quad (2)$$

де P – вага досліджуваного зразка породи; V_{ck} – сумарний об'єм мінералів, що складають гірську породу (без об'єму пор і пустот між мінералами).

Об'ємна вага γ_{ob} - вага сухої породи в її природному стані, що міститься в одиниці об'єму V_{ob} :



$$\gamma_{ob} = \frac{P}{V_{ob}} \quad (3)$$

За одиницю вимірювання величини питомої ваги γ_n та об'ємної ваги γ_{ob} , як параметрів, обумовлених силою гравітаційного поля, прийнята одиниця маси, що міститься в одиниці об'єму. Для оцінки кількості речовин розраховують щільність ρ та об'ємну масу ρ_{ob} .

При визначенні **щільності** як основної системної одиниці виміру враховується та обставина, що маса тіла завжди залишається постійною незалежно від його місцезнаходження, тоді як вага, і, відповідно, питома вага тіла, може досить істотно змінюватися в міру зміни прискорення сили тяжіння g .

Об'ємна маса – маса одиниці об'єму сухої породи в її природному стані без порушення структури (при даній пористості) має розмірність - $\text{г}/\text{см}^3$, $\text{кг}/\text{м}^3$, m^3 .

Питома вага породи і її щільність зв'язані співвідношенням:

$$\gamma_n = \rho \cdot g \quad (4)$$

де $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ – прискорення вільного падіння.

Пористість n – це відносний об'єм пор та пустот в одиниці об'єму, або сукупність вільного простору в одиниці об'єму. Розрізняють загальну n_{zae} та ефективну n_{ef} пористості.

Ефективна пористість – відносний об'єм відкритих пор, по яких циркулюють розчини і гази.

Загальна пористість – відносний об'єм усіх пор, що є в одиниці об'єму породи.

Загальну пористість можна знайти, знаючи питому й об'ємну вагу породи:

$$n_{zae} = \frac{\gamma_n - \gamma_{ob}}{\gamma_n} \cdot 100\%. \quad (5)$$

Найбільш розповсюдженими методами дослідження щільності гірської породи є безпосереднє обмірювання і гідростатичне зважування.

Обмірювання виконується в тому випадку, коли зразки мають правильну геометричну форму. Маса сухого зразка визначається зважуванням після висушування його при температурі не вище 105°C протягом 24 годин. Щільність розраховується з точністю до $0,02 \text{ г}/\text{см}^3$.



Гідростатичне зважування застосовується для зразків будь-якої форми. Для цього зразки вишліфовуються з метою видалення нерівностей, потім висушуються до постійної маси і зважуються вологими в повітрі і гідростатичним методом у скляній посудині з рідиною, якою наасичений зразок. Розрахунок виконується за формулою:

$$\rho = \frac{m_c}{m_n - (m_{pid} - m_{dp})} \cdot (G \cdot t - \lambda), \quad (6)$$

де m_c – маса сухого зразка, г; m_n – маса наасиченого зразка, г; m_{pid} – маса зразка в рідині, г; m_{dp} – маса дроту, використовується при гідростатичному зважуванні, г; $(G \cdot t - \lambda)$ – поправка на різницю температур і на зважування в повітрі. Для звичайних кімнатних температур (18-22°C) поправка дорівнює 0,997.

При встановленні об'ємної і питомої ваги методом гідростатичного зважування зразки порід необхідно покрити парафіном (якщо вони вбирають вологу), щоб не змінився природний об'єм зразка і його вага. При цьому кількість та вага парафіну, що пішов на парафінування, враховують шляхом зважування зразка до і після парафінування.

Під час видобутку корисних копалин, при відділенні від масиву або роздробленні порід відбувається їх розпушення, яке супроводжується зміною об'єму. Ця властивість порід враховується коефіцієнтом розпушення:

$$K_p = \frac{V_p}{V_m}, \quad (7)$$

де V_p , V_m - об'єм матеріалу в розпущеному стані та в масиві.

Коефіцієнт розпушення, завжди, більше одиниці. Для вугілля і породи він змінюється від 1,5 до 2,5.

3. Обладнання і матеріали.

1. Досліджуваний зразок гірської породи (зразок вкритий парафіном).
2. Здрібнений порошок досліджуваного зразка гірської породи.
3. Пікнометр.
4. Технічні ваги.
5. Скляна посудина для ваги, у якій роблять гідростатичне зважування.



4. Порядок виконання роботи.

Зразки породи видаються покриті парафіном з метою запобігання вбирання вологи зразком при зануренні його у воду (для спрощення розрахунків об'єм і вага парафіну в лабораторній роботі не враховується).

Результати зважування заносять в таблицю 1, а всі розрахунки із зазначенням розмірностей – у зошит.

4.1. Визначення об'ємної ваги методом гідростатичного зважування.

1. Спочатку визначають масу m_1 зразку, вкритого парафіном, у повітрі шляхом зважування його на вагах з точністю до 0,01 г.

2. Скляну посудину з водою встановлюють на підставку. Зразок підвішують за нитку до коромисла ваг (рис. 1) так, щоб не було дотику зразка з посудиною. Після цього зразок зважують у воді, визначаючи його масу m_2 .

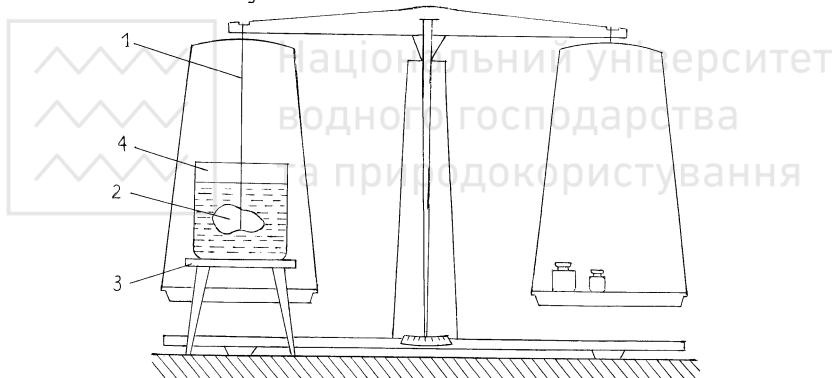


Рис. 1. Прилад для зважування зразка породи у воді:
1 – нитка, 2 – зразок породи, 3 – підставка, 4 – посудина з водою

Після першого зважування була визначена маса зразка у повітрі m_1 , а після другого – маса зразка, зануреного у воду – m_2 .

Зменшення маси зразка у воді пов'язано з дією сили, що виштовхує і дорівнює вазі (масі) рідини, яка витиснута зразком (закон Архімеда).

Об'єм зразка розраховується за формулою:

$$V_{\text{зразка}} = \frac{m_1 - m_2}{\rho_{\text{рідини}}} \quad (8)$$



Щільність води дорівнює, приблизно, об'ємній вазі і складає 1 г/см³. Таким чином

$$V_{\text{зразка}} = m_1 - m_2. \quad (9)$$

Об'ємну вагу за методом гідростатичного зважування розраховують за формулою:

$$\gamma_{\text{об}} = \frac{m_1}{V_{\text{зразка}}}, \text{ г/см}^3. \quad (10)$$

4.2. Визначення питомої ваги за допомогою пікнометра.

1. Визначають масу сухого пікнометра m_3 з точністю до 0,01 г.
2. Засипають у пікнометр здрібнений порошок досліджуваної породи і знову зважують, визначаючи масу пікнометра з порошком m_4 .

В даній роботі використовується до 15-20 г піску, що імітує здрібнену до стану порошку породу.

У подальшому здрібнений порошок досліджуваної породи висипають з пікнометра, зберігаючи його.

3. Пікнометр заливають дистильованою водою до мітки, орієнтуючись по нижньому меніску, протирають насухо його зовнішню поверхню фільтрувальним папером і встановлюють масу m_5 .

4. Визначають масу порошку m_6 :

$$m_6 = m_4 - m_3, \text{ г.} \quad (11)$$

5. Приблизно половину води з пікнометра виливають і засипають здрібнений порошок, маса якого була визначена у пункті 4. Ретельно перемішують, струшуючи пікнометр, з метою видалення бульбашок повітря з порошку.

6. Доливають воду в пікнометр до мітки (бажано за допомогою піпетки) і зважують його з водою і порошком породи, визначаючи масу m_7 .

Маса води зменшилась на величину, що дорівнює добутку питомої ваги води γ_w на об'єм, витиснутий порошком (мінеральним скелетом) V_{ck} .

Таким чином, беручи до уваги, що $\gamma_w = 1 \text{ г/см}^3$, вираз

$$V_{ck} = m_5 + m_6 - m_7 \quad (12)$$

дозволяє точно розраховувати об'єм мінерального скелета порошку.



7. З урахуванням формул (2), (11) і (12) одержимо:

$$\gamma_n = \frac{m_6}{m_5 + m_6 - m_7}. \quad (13)$$

5. Визначення загальної пористості.

За формулою (5) визначаємо загальну пористість досліджуваної породи:

$$n_{заг} = \frac{\gamma_n - \gamma_{об}}{\gamma_n} \cdot 100\%.$$

Результати лабораторних досліджень заносять до таблиці 1.

Таблиця 1

Результати визначення об'ємної і питомої ваги породи

Маса зразка в повітрі, m_1 , Г	Маса зразка у воді, m_2 , Г	Об'єм зразка, $V_{зразка}$, см ³	Маса сухого пікнометра, m_4 , Г	Маса пікнометра з водою, m_2 , Г	Маса пікнометра з порошком, m_3 , Г	Маса порошку (мінерального скелета зразка), m_4 , Г	Маса пікнометра з водою і порошком, m_5 , Г	Питома вага, γ_n , Г/см ³
----------------------------------	-------------------------------	--	-----------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---	---	---

Увага! Переведення розмірностей об'ємної ваги г/см³ в інші розмірності:

$$1) \text{ у кг/м}^3: \quad \text{г} \cdot 10^{-3}/\text{см}^3 \cdot 10^{-6} = 1/10^{-3} = 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$1) \text{ у т/м}^3: \quad \text{г} \cdot 10^{-6}/\text{см}^3 \cdot 10^{-6} = 1 \text{ т/м}^3$$

Контрольні запитання

- Назвіть щільнісні властивості гірських порід.
- З якою метою необхідно знати щільнісні властивості гірських порід?



3. Що називається питомою вагою гірських порід?
4. Що називається об'ємною вагою гірських порід?
5. Яка вага більше, об'ємна чи питома? Чому?
6. Які розрізняють види пористості?
7. Що таке загальна пористість?
8. Що таке ефективна пористість?
9. Дайте визначення закону Архімеда і наведіть приклад використання його в даній роботі.
10. У чому полягає ідея методу гідростатичного зважування за допомогою пікнометра?
11. Що таке коефіцієнт розпушення?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. ВИЛУЧЕННЯ МІДІ З КУПРУМОВМІСНИХ ПРОДУКТИВНИХ РОЗЧИНІВ

1. Мета роботи.

Ознайомитися з методиками вилучення міді з купрумовмісних продуктивних розчинів, одержаних вилуговуванням.

2. Загальні відомості.

В даній роботі розглядається вилучення міді з курпрумовмісних розчинів, одержаних вилуговуванням. Купрумовмісні продуктивні розчини одержують вилуговуванням таких корисних копалин, як азурит, куприт та ін.

Найбільш поширеним є хімічний метод вилучення міді шляхом вилуговування продуктивних розчинів вапняним молоком до pH осадження купрум(II) гідроксиду ($pH = 8-10$). Потім відокремлюють осад гідроксиду і обезводнюють його. Вміст Купруму в розчині після відокремлення осаду не перевищує 5 мг/л.

Однак, при цьому утворюються велика кількість осаду купрум(II) гідроксиду. Утилізувати такий осад неможливо. Крім того, виникає ряд труднощів при обезводненні і, особливо, при вивезенні та захороненні даних осадів.

Виділення металу (міді), може проводитися методом контактного виділення (**цементації**) міді на залізі, цинку. В якості цементаторів використовують відходи, металообробки – металічну



стружку. Особливо зручний даний метод для електролітів, що містять добавки хлоридів ($NaCl$, HCl), оскільки йони хлору попереджають пасивацію стружки. Основними реакціями процесу є: розчинення металу (заліза, алюмінію), осадження міді, виділення водню. Лімітуючи стадія – дифузія йонів купруму до поверхні реагенту. Тому більш ефективно процес проходить при перемішуванні (наприклад, в барабані) або при інтенсивному протіканні розчину через цементатор. При деякому надлишку металічної стружки залишкова концентрація Купруму не перевищує 2-3 мг/л. Після контактного виділення міді розчин містить алюміній або ферум сульфати. Алюміній сульфат може бути використаний як ефективний коагулянт при очищенні стічних вод.

Виділення металу можливе також при проведенні електролізу у бездіафрагмовому електролізери із застосуванням свинцевих анодів і мідних катодів. При цьому мідь виділяється у вигляді порошку і може бути утилізована як мідний брухт на підприємствах, що переплавляють кольорові метали. Ефект вилучення Купруму залежить від концентрації розчину і часу проходження електролізу, тому покращується зі збільшенням цих показників. Максимальний ефект очищенння досягає 99%, залишкова концентрація Купруму складає 0,7-0,2 г/л. Залишкова кількість Купруму може бути вилучена проведенням доочищенння електроліту реагентним методом доведенням pH розчину до значень, за яких відбувається утворення купрум(ІІ) гідроксиду з наступним відокремленням осаду.

Електролізна обробка курпрумовмісних продуктивних розчинів проходить при густині струму на електродах 50-200 А/м² і витраті струму 25-30 тисяч Кл/л.

Суть хімічного методу

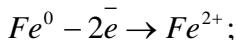
Курпрумовмісний продуктивний розчин має значення $pH = 0,9$. Для вилучення Купруму додається основний реагент (10%-ний розчин натрій гідроксиду) для досягнення pH осадження купрум(ІІ) гідроксиду ($pH = 8-10$). В результаті йони купруму переходят в нерозчинний осад купрум(ІІ) гідроксиду. Осад відокремлюється від розчину фільтруванням або відстоюванням.



Суть методу контактного виділення міді на залізних стружках (цементація)

Мідь з курпрумовмісних продуктивних розчинів може бути вилучена шляхом відновлення на поверхні металу, що має більш від'ємний електродний потенціал. Найчастіше використовують залізну стружку.

Суть процесу можна охарактеризувати окисно-відновними напівреакціями:



У даному випадку відновник – залізо – віддає електрони.

Окиснювач – іон купруму – приймає електрони.

Методи нейтралізації з використанням йономіра ЕВ-74

Йономір повинен бути ввімкнений у мережу за 15-20 хв. до початку робот з ним. Після прогріву потрібно переконатися, що клавіша термокомпенсації („ t' ”) зафікована, вийняти електроди зі стаканчика з дистильованою водою, висушити їх фільтрувальним папером і занурити у стаканчик з досліджуваним розчином. Натиснути клавішу „аніони/катіони”, потім натиснути клавішу „ pH ”. У правому ряду клавіш перемикання діапазонів, зафіковано – о повинна бути також верхня клавіша (діапазон – 1-19). У такому випадку стрілка приладу покаже значення pH розчину.

Для регулювання pH піпеткою на 10 мл відбирається розчин натрій гідроксиду і краплями додається в стаканчик з продуктів – ним розчином (магнітний змішувач при цьому повинен бути вімкнений). Стрілка приладу у цьому випадку буде змішуватися вправо. Титрування електроліту розчином натрій гідроксиду виконується до досягнення значення $pH = 9$. Потім, після натиснення клавіш термокомпенсації, електроди виймаються зі від титрованого розчину, ретельно промиваються дистильованою водою, висушуються фільтрувальним папером й занурюються у стаканчик з дистильованою водою. Йономір вимикається з електромережі.



Методика визначення Купруму на фотоелектроколориметрі

В мірну колбу місткістю 50 мл піпеткою відмірюють 1 мл купрумовмісного розчину. Розчин нейтралізують розчином NH_3 до зявлення слабкої каламуті і потім ще 30 см³ залишку розчину NH_3 , доводят об'єм дистильованою водою до риски і перемішують. Визначають оптичну густину розчину на ФЕКу.

3. Обладнання і матеріали.

1. Вага технічна.
2. Магнітний змішувач.
3. Йономір 38-74.
4. Photoelектроколориметр КФК-2.
5. Розчин $NaOH$ (20%).
6. Набір реактивів для проведення аналізу наявності Купруму
7. Купрумовмісний продуктивний розчин.
8. Мірний циліндр на 250 мл.
9. Мірні колби на 100 мл.
10. Мірні колби на 50 мл.
11. Піпетки на 5 мл.
12. Піпетки на 2 мл.
13. Піпетки на 1 мл.
14. Піпетки на 10 мл.
15. Фільтрувальний папір.
16. Скляні лійки.
17. Скляні стаканчики на 100 мл.
18. Стальна стружка.

4. Порядок виконання роботи.

Проведення процесу вилучення міді з купрумовмісних продуктивних розчинів

a) Реагентний метод.

У стаканчик місткістю 100 мл наливають 25 мл продуктивного розчину. Стаканчик встановлюють на магнітний змішувач. Проводять титрування електроліту розчином $NaOH$ до досягнення значення $pH = 9$. По закінченні титрування необхідно записати об'єм розчину натрій гідроксиду, використаного на титрування. Розчин відфільтровують через фільтрувальний папір. Фільтрат аналізують на вміст в ньому Купруму.



б) Метод контактного заміщення на стальній стружці.

На технічних терезах готується наважка сталеної стружки (марка сталі Ст.3) масою 1,5 г. Дано стружка насипається в стаканчик місткістю 100 мл. В цей самий стаканчик заливається 25 мл продуктивного розчину. Час від часу стружка в стаканчику переміщується скляною паличкою. Після 15 хв. цементації розчин зливається і фільтрується через фільтрувальний папір. У фільтраті визначається вміст Купруму. Потім стаканчик з фільтратом встановлюється на магнітний змішувач. Проводиться титрування електроліту розчином $NaOH$. По закінченні титрування розчин фільтрується. У фільтраті визначається вміст Купруму фотоколориметрично.

в) Фотоколориметричне визначення Cu^{2+} в розчині

Стандартний розчин Cu^{2+} готують розчиненням точної наважки 1,9647 г $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ в мірній колбі ємністю 1000 мл з додаванням 5 мл конц. H_2SO_4 . Роботу починають з побудови калібрувального графіка. В ряд мірних колб на 100 мл наливають 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 мл стандартного розчину $CuSO_4$. Розчини в кожній колбі нейтралізують розчином NH_3 до з'явлення слабкої каламуті і потім додають по 30 мл залишку розчину NH_3 , доводять дистильованою водою до риски і перемішують. Замірюють оптичне поглинання одержаних розчинів в кюветі з 1-5 см. По результатах вимірювання будуєть графік залежності оптичного поглинання від концентрації Cu^{2+} (в мг/100 мл). Визначуваний розчин наливають в мірну колбу на 100 мл, додають 30 мл розчину NH_3 , додають дистильовану воду до риски. Ретельно перемішують вміст колби та вимірюють оптичне поглинання розчину на ФЕКу. За калібрувальним графіком знаходять концентрацію Cu^{2+} в визначуваному розчині. Результати вносять в таблицю:

Методи	$C_{вих.}$, г/л	C після цементації, г/л	$C_{Кн.}$, г/л	Витрата $NaOH$, мл	Об'єм осаду, мл
Реагентний					
Контактного витіснення					



Контрольні запитання

- Способи переведення корисних копалин в рухомий стан.
- Купрумовмісні мінерали.
- Написати окисно-відновні напівреакції, які відбуваються при електролізі розчину $CuSO_4$ з: а) інертними електродами; б) мідним анодом.
- Закони електролізу Фарадея.
- Цементація, застосування.
- Написати йонно-молекулярне рівняння реакції:
$$CuSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow$$
- Фотоколориметричне визначення Cu^{2+} .
- Розчин містить іони Fe^{2+} , Ag^+ , Bi^{3+} і Pb^{2+} в однаковій концентрації. В якій послідовності ці іони будуть виділятися при електролізі, якщо напруга достатня для виділення будь-якого металу.
- При електролізі розчину $CuCl_2$ на аноді виділилося 560 мл газу (н.у.). Знайти масу міді, яка виділилась на катоді.

водного господарства
та природокористування

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3.

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК ТА МІНЕРАЛІВ ІВ ПІДГРУПИ ПСЕ

Властивості металів ІВ-підгрупи і простих речовин

Властивості	Cu	Ag	Au
Порядковий номер	29	47	79
Відносна атомна маса	63,62	107,87	196,97
Валентні електрони	$3d^{10}4s^1$	$4d^{10}5s^1$	$5d^{10}6s^1$
Металічний радіус атома, нм	0,128	0,144	0,144
Енергія йонізації, еВ	7,726	7,576	9,226
Відносна електронегативність	1,75	1,42	1,42
Густина, $\text{г}/\text{см}^3$	8,96	10,52	19,30
Температура плавлення, $^{\circ}\text{C}$	1083	960,5	1063,4
Температура кипіння, $^{\circ}\text{C}$	2543	2167	2880



Радіуси атомів елементів ІВ-підгрупи є менші за радіуси атомів лужних металів, тому ці метали мають інші фізичні властивості: більшу густину, високі температури плавлення, а також вищі значення енергії йонізації, ніж у лужних металів. Це призводить до відмінностей у хімічних властивостях.

Елементи ІВ-підгрупи – малоактивні метали. Вони важко окиснюються, а їх йони легко відновлюються. Відновні властивості нейтральних атомів спадають від *Cu* до *Au*, а окисні властивості йонів зростають в цьому ж напрямку. Стандартні електродні потенціали цих металів мають додатні значення.

Вміст *Cu*, *Ag* та *Au* в земні корі дорівнює відповідно $5,5 \cdot 10^{-3}$ і $1 \cdot 10^{-5}$, $5 \cdot 10^{-7}\%$ (мас.). Купрум та Аргентум зустрічаються переважно вигляді сульфідів, але трапляються іноді у вигляді вільних металів. Золото знаходиться майже виключно в самородному стані.

Головні мінерали, які містять Купрум та Аргентум, – це **халькозин**, або **мідний бліск** Cu_2S ; **халькопірит**, або **мідний колчедан** $CuFeS_2$; **малахіт** $(CuOH)_2CO_3$; **аргентит**, або **срібний бліск** Ag_2S .

Експериментальна частина

1. Окиснювальні властивості йону Cu^{2+} .

Налити в пробірку 1-2 мл розчину купрум (ІІ) сульфату і добавити 2 мл розчину калію йодиду. Утворюється осад –купрум(ІІ) йодид, а розчин стає коричневого кольору від йоду, який виділяється. Склести рівняння реакції в молекулярній і йонній формі.

2. Гідроліз солей двовалентного купруму.

На синій лакмусовий папірець нанести на деякій відстані одна від одної по 2 краплі розчинів купрум(ІІ) сульфату і хлориду (або нітрату). Чому змінюється колір лакмусового папірця? Склести рівняння реакції в молекулярній і йонній формі.

3. Аміакат купруму.

а) В пробірку налити 2-3 мл розчину солі двовалентного купруму і добавити розчину амоніаку до розчинення осаду, який випав спочатку. Написати рівняння двох послідовних реакцій утворення і



розчинення осаду в розчині амоніаку. Який йон забарвлює розчин в синьо-фіолетовий колір?

б) Добавити до розчину отриманого аміакату міді невеликими порціями розчин натрію сульфіду до утворення незникаючого при перемішуванні рідини чорного осаду купрум(ІІ) сульфіду. Як поясними утворення осаду? Написати рівняння реакції.

4. Аргентум оксид.

Налити в пробірку 2-3 мл розчину $NaOH$ і добавити декілька крапель розчину аргентум нітрату. Скласти рівняння реакції. Осад залишити для досліду №6.

5. Галогеніди аргентуму.

В три пробірки налити по 1-2 мл розчину натрію хлориду, натрію броміду і калію йодиду. Потім до цих розчинів добавити по декілька крапель аргентум нітрату. Що спостерігається? Скласти рівняння реакції. Отриманий осад залишити для досліду №6.

6. Комплексні сполуки аргентуму.

а) До пробірки з оксидом аргентуму (дослід 4) додати розчин амоніаку до розчинення осаду. Скласти рівняння реакції.

б) До кожного із отриманих в досліді 5 осадів галогенідів аргентуму добавити розчин амоніаку. Що спостерігається? Скласти рівняння реакції.

7. Взаємодія солей цинку і кадмію з розчином лугу.

Налити в дві пробірки по 1-2 мл розчинів солей цинку і кадмію і додати (по краплях) в кожну пробірку розчин натрію гідроксиду до утворення осаду. Скласти рівняння реакції. Потім до осаду додати надлишок розчину лугу. В якому випадку спостерігається розчинення осаду? Скласти рівняння реакції. Зробити висновок про хімічний характер осаду, який утворюється.

8. Спільній гідроліз солей.

В пробірку до 1-2 мл розчину цинку сульфату добавити приблизно такий самий об'єм розчину натрію карбонату. Написати рівняння реакції, враховуючи, що в осад випаде цинк гідроксид карбонат.

9. Утворення кадмію сульфіду (якісна реакція на іон кадмію).

До 1-2 мл розчину кадмію сульфату додати біля 1 мл розчину натрію сульфіду. Що спостерігається? Скласти рівняння реакції.



10. Комплексні сполуки цинку і кадмію (аміакати).

Налити в пробірку по 1-2 мл розчинів солей цинку і кадмію і добавити в кожну стільки ж розчину амоніаку до утворення і наступного розчинення осаду. Пояснити дослід. Скласти рівняння реакції.

Контрольні запитання

- Чому купрум(ІІ) гідроксид розчиняється в розчині амоній гідроксиду?
- Як застосовують комплексні сполуки аргунтуму і ауруму для вилучення металів із руд?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК І МІНЕРІЛІВ СТАНУМУ І ПЛЮМБУМУ

Властивості елементів IVA-підгрупи і простих речовин

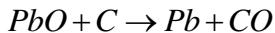
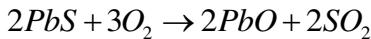
Властивості	C	Si	Ge	Sn	Pb
Порядковий номер	6	14	32	50	82
Відносна атомна маса	12,011	28,086	72,59	118,69	207,19
Валентні електрони	$2s^22p^2$	$3s^23p^2$	$4s^24p^2$	$5s^25p^2$	$6s^26p^2$
Радіус атома, нм	0,077	0,134	0,139	0,158	0,175
Енергія йонізації, eВ	11,26	8,15	7,90	7,34	7,42
Відносна електронегативність	2,50	1,8	1,8	1,8	1,9
Густина, г/см ³	3,52 (Алмаз) 2,26 (графіт)	2,42	5,32	7,30	11,34
Температура плавлення, °C	3750 (графіт)	1415	937	232	327
Температура кипіння, °C	-	3250	2850	2620	1745



Станум і плюмбум мають невеликі масові кларки: відповідно $4 \cdot 10^{-3}\%$ і $1,6 \cdot 10^{-3}\%$. Станум трапляється переважно у вигляді касiterиту (олов`яний камінь) SnO_2 , плюмбум утворює сульфідну руду галеніт PbS . Менше значення має мінерал плюмбуму церусит $PbCO_3$.

Сире олово (92-95%) добувають відновленням касiterиту: $SnO_2 + 2C \rightarrow Sn + 2CO$, з якого чисте олово отримають унаслідок електролізу (анодного розчинення олова) водного розчину $SnSO_4$ або $Na_2[Sn(OH)_4(H_2O)_2]$.

Свинець добувають із галеніту, випалюючи PbS та відновлюючи плюмбум(ІІ) оксид коксом:



Потім свинець очищають електролізом: анодом є пластини сирого свинцю, а електролітом – розчин $PbSiF_6$.

Експериментальна частина

1. Властивості станум(ІІ) гідроксиду.

До 2-3 мл розчину станум(ІІ) хлориду добавити таку ж кількість розчину амоніаку. Осад, який утворився, розділити на дві частини. До однієї – додати надлишок розчину натрію гідроксиду, до другої – хлоридної кислоти. Який хімічний характер станум(ІІ) гідроксиду. Скласти рівняння реакції.

2. Гідроліз станум(ІІ) хлориду.

Покласти в суху пробірку декілька кристалів $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ і, добавляючи по краплях воду, розчинити його. Якщо розчин буде каламутний (чому?), добавити до нього по краплях концентровану хлоридну кислоту до утворення прозорого розчину (надлишку кислоти треба уникати). До утвореного прозорого розчину долити води. Чому утворився осад? Скласти рівняння реакції.

3. Властивості плюмбум(ІІ) гідроксиду.

Добути плюмбум(ІІ), гідроксид додавши до 1-2 мл розчину плюмбум(ІІ) ацетату розчин амоніаку. Довести, що осад



плюмбум(ІІ) гідроксиду має амфотерні властивості. Скласти рівняння відповідних реакцій.

4. Добування малорозчинних солей плюмбуму.

В окремі пробірки до 1-2 мл розчину солі плюмбуму(ІІ) додати такий самий об'єм розчину калію хлориду, калію йодиду, натрію сульфіду. Який колір осадів? Скласти рівняння реакцій.

5. Окисні властивості сполук чотиривалентного плюмбуму.

Налити в пробірку з невеликою кількістю оксиду свинцю (ІV) 1-2 мл концентрованої хлоридної кислоти. Суміш нагріти, розпізнати за запахом, який газ виділяється. Скласти рівняння реакції.

Контрольні запитання

- Чому C і Si – неметали, а Sn і Pb – метали? Пояснити, виходячи із будови атомів елементів.
- Написати процеси, які відбуваються на електродах при електролізі розчину $SnSO_4$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК І МІНЕРАЛІВ ХРОМУ

Властивості металів VIB-підгрупи і простих речовин

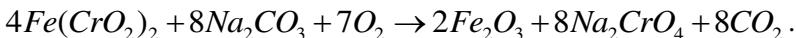
Властивості	Cr	Mo	W
Порядковий номер	24	42	74
Відносна атомна маса	52,1	95,95	183,92
Валентні електрони	$3d^54s^1$	$4d^55s^1$	$5d^46s^2$
Радіус атома, нм	0,127	0,137	0,140
Енергія йонізації, еВ	6,77	7,10	7,98
Відносна електронегативність	1,56	1,30	1,40
Густина, г/см ³	7,2	10,2	19,3
Температура плавлення, °C	1890	2620	3380
Температура кипіння, °C	3390	4800	5900

Основна галузь застосування цих металів є чорна металургія, де вони використовуються як легуючі компоненти відповідних видів



сталі. окрім того, хром використовують як захисне гальванічне покриття.

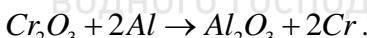
Найважливіші мінерали, що містять Хром – це хроміт $Fe(CrO_2)_2$, магнохроміт $(mg, Fe)(CrO_2)_2$, алюмохроміт $Fe(Cr, Al)_2O_4$. Для добування металічного хрому хроміт у суміші із содою нагрівають у спеціальних печах за наявності повітря. При цьому хром(ІІІ) окиснюється до хромату:



Потім натрій хромат відмивають водою від погано розчинного залишку, підкислюють сульфатною кислотою і переводять у дихромат $Na_2Cr_2O_7$, який викристалізовують із розчину та відновлюють вугіллям:



Для добування хрому з оксиду використовують алюмотермічний метод, тобто нагрівають оксид з металічним алюмінієм у спеціальних іпечах:



Цим методом добувають хром, чистота якого становить близько 98%. Крім того, чистий хром добувають електролітичним методом, використовуючи для цього підкислені водні розчини хром(ІІІ) сульфату або хромових галунів $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

Експериментальна частина

1. Гідроксид хрому(ІІІ).

До 2-3 мл розчину солі тривалентного хрому по краплях при перемішуванні добавляти розведений розчин лугу до утворення осаду. Описати його фізичні властивості і скласти рівняння реакції.

Осад разом з розчином розділити на дві частини і дослідити його відношення до кислоти і лугу. Скласти рівняння реакції, маючи на увазі, що хрому(ІІІ) гідроксид з лугом утворює метахроміт.

2. Гідроліз солей тривалентного хрому.

a) Дослідити універсальним індикаторним папірцем розчин солі тривалентного хрому. Яка реакція розчину? Скласти рівняння реакції гідролізу солі .



б) До 2-3 мл розчину солі тривалентного хрому прилити рівний об'єм розчину натрію карбонату. Скласти рівняння реакції.

в) До 2-3 мл розчину солі тривалентного хрому прилити рівний об'єм розчину амонію сульфіду. Скласти рівняння реакції.

3. Хромати і дихромати.

а) До 2-3 мл розчину хромату натрію хрому Na_2CrO_4 прилити рівний об'єм сульфатної кислоти. Пояснити причину зміни кольору. Скласти рівняння реакції.

б) До 2-3 мл розчину дихромату $K_2Cr_2O_7$ прилити рівний об'єм розчину лугу. Скласти рівняння реакції.

4. Окиснення тривалентного хрому в шестивалентний.

До 1-2 мл розчину солі тривалентного хрому додати таку кількість лугу, щоб осад, який випав, повністю розчинився. В розчин метахроміту, який утворився (див.дослід 1), додати трохи бромної води і суміш нагріти. Чим пояснюється зміна кольору розчину? Урівняти реакцію за допомогою схем електронного балансу

5. Окиснювальні Властивості сполук шестивалентного хрому.

До 2-3 мл розчину дихромату прилити рівний об'єм розведеної сульфатної кислоти, суміш перемішати і додати до неї розчин натрію сульфіту до появи зеленого кольору. Урівняти реакцію за допомогою схем електронного балансу.

Контрольні запитання

1. Написати рівняння реакцій, які підтверджують амфотерний характер Cr_2O_3 .
2. Анодним чи катодним є покриття заліза хромом? Пояснити.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК І МІНЕРАЛІВ МАНГАНУ

З усіх елементів підгрупи тільки Манган є поширенім елементом (0,1% (мас.)), Реній – це рідкісний елемент ($5 \cdot 10^{-6}\%$)



(мас.)), а Технезій добутий в 1937 році штучно. Це перший елемент, що одержаний „технічним способом”, звідси і його назва.

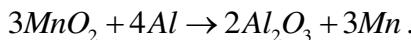
Незначні кількості Технезію виявлені в земній корі.

Властивості металів VIIB-підгрупи і простих речовин

Властивості	<i>Mn</i>	<i>Tc</i>	<i>Re</i>
Порядковий номер	25	43	75
Відносна атомна маса	54,980	[99]	186,20
Валентні електрони	3d ⁵ 4s ²	4d ⁵ 5s ²	5d ⁵ 6s ²
Металічний радіус атома, нм	0,130	0,136	0,137
Енергія йонізації, еВ	7,44	7,28	7,88
Відносна електронегативність	1,60	1,36	1,46
Густина, г/см ³	7,44	11,49	21,04
Температура плавлення, °C	1245	2200	3190
Температура кипіння, °C	≈2080	≈4600	≈5600

Манган входить до складу різних руд, найважливіші з яких піролюзит MnO_2 , брауніт $Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$, гаусманіт Mn_3O_4 . Іноді міститься в залізних рудах.

З піролюзіту манган добувають відновленням вуглецем, силіцієм або алюмінієм:



Експериментальна частина

1. Добування манган(ІІ) гідроксиду.

До розчину солі двовалентного мангану додати до утворення осаду розчин лугу. Дослідити відношення добутого осаду до надлишки лугу і кислоти. На повітрі осад, перенесений на паперовий фільтр, швидко темніє, окислюючись в бурій гідроксид мангану(ІV). Скласти рівняння реакції.

2. Окиснення сполук двовалентного мангану.

До розчину солі двовалентного мангану прилити розчин лугу і бромної води. Реакція йде з утворенням диоксиду марганцю(ІV) за схемою:





Закінчiti рiвняння реакцiї. Урiвняти за допомогою схем електронного балансу.

3. Добування калію мanganату.

Сплавити в пробiрцi крупинку диоксиду мангану з невеликою кiлькiстю селiтри KNO_3 . Сплав по охолодженнi розчинити у водi. Манганат калiю, що утворився, забарвлює розчин в зелений колiр. Скласти рiвняння реакцiї. Розчин залишити для наступного дослiду.

4. Окиснення калію мanganату в перманганат.

До добутого в дослiдi 3 розчину манганату долити концентрованої нiтратної кислоти або хлорної водi. Спостерiгати перехiд зеленого кольору розчину у фiолетово-червоний.

6. Окиснювальнi властивостi калiю перманганату в залежностi вiд кислотностi розчину.

Налити в три пробiрки однакову кiлькiсть розчину калiю перманганату. В першiй пробiрцi розчин пiдкислити розведенюю сульфатною кислотою, в другiй – розчин залишити нейтральним, до розчину у третiй пробiрцi додати концентрований розчин лугу.

В кожну з трьох пробiрок долити однакову кiлькiсть розчину натрiю сульфiту Na_2SO_3 . Перманганат калiю вiдновлюється в кислому середовищi – до сполук дводвалентного мангану, в нейтральному – до оксиду мангану(IV) MnO_2 , а в лужному – до манганатiв. Скласти рiвняння вiдповiдних реакцiї.

Контрольнi запитання

- Чому зелений розчин калiю мanganату K_2MnO_4 при тривалому зберiганнi стає бурим?
- Написати рiвняння реакцiй, якi пiдтверджують амфотернi властивостi MnO_2 .

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК І МІНЕРАЛІВ ФЕРУМУ

Ферум найбiльш поширений пiсля Алюмiнiю елемент, в земнiй корi його мiститься 4% (мас.). Найважливiшими рудами Феруму є



магнітний залізняк Fe_3O_4 , **червоний залізняк** Fe_2O_3 , **бурий залізняк** $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$, **шпатовий залізняк** $FeCO_3$, **пірит** FeS_2 . Іноді зустрічається самородне залізо космічного і земного походження; сполуки Феруму містяться в природних водах.

Властивості металів родини Феруму

Властивості	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>
Порядковий номер	26	27	28
Відносна атомна маса	55,847	58,9332	58,71
Валентні електрони	$3d^64s^2$	$3d^74s^2$	$3d^84s^2$
Металічний радіус атома, нм	0,1260	0,1257	0,245
Енергія йонізації, еВ	7,81	7,86	7,63
Відносна електронегативність	1,64	1,70	1,75
Густина, г/см ³	7,87	8,84	8,90
Температура плавлення, °C	1535	1493	1452
Температура кипіння, °C	2870	2960	2900

Залізо одержують з руд шляхом відновлення карбон(ІІ) оксидом. Розплавлене залізо розчиняє вуглець і одержують сплав чавун, який містить близько 93% (мас.) заліза та 4% (мас.) вуглецю, а також домішки силіцію, мангану, фосфору та сірки.

Частину чавуну переробляють на сталь шляхом окиснення вуглецю киснем повітря в конверторах, мартенівських та електропечах. Тверда сталь містить вуглецю 0,3-2% (мас.), а м'яка – менше 0,3% (мас.).

Експериментальна частина

1. Добування ферум(ІІ) гідроксиду).

В пробірку до 1-2 мл розчину ферум(ІІ) сульфату прилити розчин лугу до утворення осаду ферум(ІІ) гідроксиду. Осад з розчином вилити на фільтрувальний папір, залишити на деякий час на повітрі. Осад гідроксиду ферум(ІІ) в присутності лугу легко окиснюється киснем повітря і стає поступово темно-зеленим, чорним і, нарешті, червоно-бурим. Скласти рівняння реакції.



2. Добування гідроксиду ферум(ІІІ) гідроксиду.

В пробірку до 1-2 мл розчину тривалентного феруму додати розчин лугу до утворення бурого осаду гідроксиду феруму(ІІІ). Скласти рівняння реакції.

3. Гідроліз солей тривалентного феруму.

В водних розчинах солі тривалентного феруму легко піддаються гідролізу. Дослідити розчин солі феруму(ІІІ) універсальним індикаторним папером. Скласти рівняння реакції.

До 1-2 мл солі тривалентного феруму додати розчин соди або поташу.

Випадає червоно-бурий осад гідроксиду феруму(ІІІ) і виділяється вуглекислий газ. Написати йонно-молекулярне рівняння спільногого гідролізу солей.

4. Реакція на іон Fe^{3+} .

До 1-2 мл розчину солі тривалентного феруму додати декілька крапель розчину калію тіоціанату $KSCN$. Розчин забарвлюється в криваво-червоний колір за рахунок утворення тіоціанату феруму(ІІІ).

Реакція утворення ферум(ІІІ) тіоціанату досить чутлива і слугує для виявлення іону Fe^{3+} . Рівняння реакції написати в молекулярному та іонному вигляді.

5. Комплексні солі двовалентного і тривалентного феруму.

a) В пробірку до 1 мл розчину сульфату феруму(ІІ) додати декілька крапель розчину червоної кров'яної солі – гексаціано(ІІІ) ферату калію $K_3[Fe(CN)_6]$. Розчин забарвлюється утвореною синню в темно-синій колір гексаціано(ІІІ) фератом феруму(ІІ) $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$. Скласти рівняння реакції.

б) В пробірку до 1 мл розчину солі хлориду феруму(ІІІ) додати декілька крапель розчину жовтої кров'яної солі – гексаціано(ІІ) ферату калію $K_4[Fe(CN)_6]$. Розчин забарвлюється утвореною берлінською лазуррю гексаціано(ІІ) фератом феруму(ІІІ) $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ в інтенсивно синій колір. Скласти рівняння реакції.

Контрольні запитання

1. Написати рівняння реакцій відновлення заліза з червоного залізняка коксом, чадним газом.
2. Написати електронну формулу атома Феруму.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК І МІНЕРАЛІВ БОРУ І АЛЮМІНІЮ

Алюміній належить до найбільш поширених елементів. Його вміст в земній корі досягає 8,8%. Основну масу земної кори складають різні алюмосилікати – глини, польові шпати, слюди тощо. Через велику хімічну активність Алюміній не зустрічається у вільному стані.

Властивості елементів IIIA-підгрупи і простих речовин

Властивості	B	Al	Ga	In	Tl
Порядковий номер	5	13	31	49	81
Відносна атомна маса	10,81	26,98	69,72	114,82	204,37
Валентні електрони	$2s^2 2p^1$	$3s^2 3p^1$	$4s^2 4p^1$	$5s^2 5p^1$	$6s^2 6p^1$
Радіус атома, нм	0,091	0,143	0,139	0,166	0,171
Енергія іонізації, еВ	8,30	5,99	6,00	5,79	6,11
Відносна електронегативність	2,01	1,47	1,82	1,49	1,44
Густота, г/см ³	2,34	2,70	5,90	7,31	11,85
Температура плавлення, °C	2075	660	29,8	156,4	304
Температура кипіння, °C	3700	2500	2205	2000	1475

Найважливіші руди Алюмінію – **боксити** $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ (містять 32-60% (мас.) Al_2O_3), **корунд** Al_2O_3 , **кріоліт** Na_3AlF_6 , **алуніт** $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6H_2O$, **каолін** $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, **нефелін** – $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$.

Інші елементи цієї підгрупи поширені значно менше. Вміст Бору в земній корі складає $3 \cdot 10^{-4}$, Галію – $1,5 \cdot 10^{-3}$, Індію – $1 \cdot 10^{-5}$ і Талію – $4 \cdot 10^{-6}$ % (мас.). У вільному стані вони не зустрічаються.

Найважливіші природні сполуки Бору: **бура** $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, **керніт** $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$, боратна кислота - **сасолін** H_3BO_3 (у воді деяких гарячих мінеральних джерел) і силікати бору.



Експериментальна частина

1. Борна кислота.

Приготувати концентрований розчин бури $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ при нагріванні її в невеликій кількості води. До отриманого розчину після охолодження додати 2-3 мл розчиненої сульфатної кислоти. Реакція супроводжується виділенням великої кількості теплоти. Охолодити розчин водою. Спостерігати випадання білого кристалічного осаду борної кислоти. Скласти рівняння реакції.

2. Гідроліз солей борної кислоти.

Розчинити у воді декілька кристалів бури. До отриманого розчину добавити краплю фенолфталейну. Яка реакція розчину? Скласти рівняння реакції гідролізу.

3. Взаємодія алюмінію з кислотами.

Налити в три пробірки 1-2 мл 2н. розчинів кислот: в першу – хлоридної, в другу – сульфатної і в третю – нітратної. В кожну з пробірок внести невелику кількість алюмінієвих стружок. Чи у всіх випадках реакція йде без нагрівання? Нагріти ту з пробірок, в якій реакція не проходить. Скласти рівняння реакції.

4. Взаємодія алюмінію з лугом.

В пробірку з декількома шматочками металевого алюмінію прилити 1-2 мл концентрованого розчину лугу. Спостерігати виділення бульбашок газу, яке прискорюється з часом. Пояснити, чому збільшується швидкість реакції. Яка роль лугу? Скласти рівняння реакції.

5. Властивості алюмінію гідроксиду.

До 1-2 мл розчину солі алюмінію додати таку ж кількість розчину амоніаку. Отриманий осад гідроксиду алюмінію розділити на дві частини: до однієї частини осаду прилити при перемішуванні надлишок розчину їдкого натру, до другої – хлоридної кислоти. Зробити висновок про хімічний характер гідроксиду алюмінію.

6. Гідроліз солей алюмінію.

a) Змочити універсальний індикаторний папірець розчином алюмінію сульфату. Записати рівняння реакції гідролізу солі, яке пояснює зміну забарвлення індикатору.

б) До 1-2 мл розчину солі алюмінію додати таку ж кількість розчину натрію карбонату. Пояснити появу бульбашок газу та каламуті. Записати рівняння реакції спільногого гідролізу солей, знаючи, що внаслідок гідролізу утворюється гідроксид алюмінію.



Контрольні запитання

- Пояснити причину подібності і різниці в хімічних властивостях бору і алюмінію.
- Описати процеси на електродах при одержанні алюмінію електролізом Al_2O_3 .

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК І МІНЕРАЛІВ КАРБОНУ

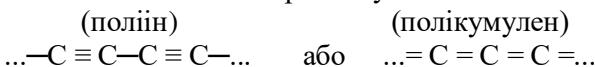
Властивості елементів IVA-підгрупи і простих речовин

Властивості	C	Si	Ge	Sn	Pb
Порядковий номер	6	14	32	50	82
Відносна атомна маса	12,011	28,086	72,59	118,69	207,19
Валентні електрони	$2s^22p^2$	$3s^23p^2$	$4s^24p^2$	$5s^25p^2$	$6s^26p^2$
Радіус атома, нм	0,077	0,134	0,139	0,158	0,175
Енергія йонізації, eВ	11,26	8,15	7,90	7,34	7,42
Відносна електронегативність	2,50	1,8	1,8	1,8	1,9
Густина, г/см ³	3,52 (Алмаз) 2,26 (графіт)	2,42	5,32	7,30	11,34
Температура плавлення, °C	3750 (графіт)	1415	937	232	327
Температура кипіння, °C	-	3250	2850	2620	1745

Вміст Карбону в земній корі 0,032% за (мас.). В природі знаходиться у вигляді двох стабільних ізотопів: ^{12}C (98,992%) і ^{13}C (1,108%). Під дією космічного випромінювання в земній атмосфері утворюється також невелика кількість ізотопу ^{14}C . За вмістом ^{14}C в рослинних залишках роблять висновок про їхній вік. Карбон в



природі перебуває у вільному стані та у вигляді численних сполук. У вільному стані Карбон відомий у вигляді **алмазу**, що кристалізується у кубічній системі, **графіту**, що належить до гексагональної системи, та карбіну. Синтетично добуто карбін, що складається з лінійних полімерів типу:



Карбін має напівпровідникові властивості.

Алмаз – твердий, крихкий, неелектропровідний, прозорий. Більша частина алмазів використовується в промисловості: буріння твердих порід, шліфування тощо. Відшліфовані прозорі алмази називаються діамантами.

Графіт являє собою темно-сірі кристали зі слабким металічним блиском. Окрім шарів атомів у кристалі графіту зв'язані між собою порівняно слабко, легко відокремлюються один від одного. На цьому засноване застосування графіту для виготовлення олівців. Завдяки своїй електропровідності графіт застосовується для виробництва електродів, вогнетривких тиглів для плавлення металів, для футеровки та виготовлення труб в хімічній промисловості.

При нагріванні без доступу повітря сполук, що містять Карбон, з них виділяється чорна маса, яка називається вугіллям, що складається з дрібних кристалів з розупорядкованою структурою графіту. Вугілля розчиняється у багатьох розплавлених металах, наприклад, у залізі, нікелі, платині. Найважливіші технічні сорти вугілля – це кокс, деревне вугілля, які утворюються при сухій перегонці кам'яного вугілля та деревини відповідно, а також кісткове вугілля, яке утворюється обвугленням знежирених кісток, і сажа, яку добувають термічним рокладанням метану, а також спалюванням при недостатньому доступі повітря різних речовин, багатьох на Карбон, наприклад, смоли.

Кокс і деревне вугілля застосовують, головним чином, у процесі виплавки металів з руд.

Кісткове вугілля має дуже велику вбирну здатність і тому застосовується для видалення з розчинів різних барвників. Сажу застосовують як чорну фарбу, а також у виробництві гуми.

В земній корі найбільш поширені карбонати: **вапняк** (або **мармур**) CaCO_3 , **магнезит** MgCO_3 , **доломіт** $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$,



малахіт ($Cu(OH)_2CO_3$) тощо. В ґрунтах Карбон міститься у вигляді різних органічних і мінеральних сполук, в природних водах - у вигляді гідрогенкарбонатів кальцію $Ca(HCO_3)_2$ та магнію $Mg(HCO_3)_2$, в повітрі міститься вуглекислий газ CO_2 – карбон(IV) оксид. Okрім того, Карбон – складова частина нафти, природного газу, кам’яного вугілля.

Експериментальна частина

1. Адсорбційні властивості активованого вугілля.

Налити в пробірку 4-5 мл органічного барвника і додати активоване вугілля. Суміш перемішати, трохи підігріти і профільтрувати через паперовий фільтр. Пояснити зникнення кольору розчину.

2. Добування вуглекислого газу і його властивості.

В пробірку вмістити декілька шматочків мармуру, додати ~5 мл розведеної соляної кислоти і закрити пробірку пробкою з газовідівною трубкою. В іншу пробірку налити дистильованої води, додати одну краплю розчину метилоранжу, після цього її вміст розділити на дві частини. Одну залишити для контролю, а в другу пропускати вуглекислий газ з першої пробірки. Чому зміниться колір рідини в пробірці? Прокип'ятити вміст пробірки. Що при цьому відбувається? Скласти рівняння реакції.

3. Якісна проба на карбонати.

Вмістити в пробірку декілька кристалів крейди або соди і добавити декілька крапель розчину оцтової кислоти. Шипіння, яке спричинене видленням вуглекислого газу, свідчить про наявність карбонатів. Скласти рівняння реакції.

4. Добування гідрогенкарбонатів та їх властивості.

В 4-5 мл вапняної води пропускати вуглекислий газ до утворення осаду і продовжувати пропускати газ до повного розчинення осаду. Отриманий розчин розділити на дві частини. Одну нагріти до кипіння, в іншу добавити вапняної води. Скласти рівняння реакції.

5. Гідроліз солей карбонатної кислоти.

a) За допомогою індикатора визначити реакцію розчину карбонату калію або натрію. Скласти рівняння реакції гідролізу солі.

б) До 1-2 мл розчину солі алюмінію прилити рівний об’єм розчину натрію карбонату. Осад, що утворився – гідроксид



Контрольні запитання

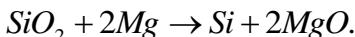
- Чому в більшості сполук Карбон виявляє валентність IV?
Пояснити, виходячи з електронної будови атома.
- Чому така велика різниця во властивостях графіту і алмазу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК І МІНЕРАЛІВ СИЛІЦІЮ

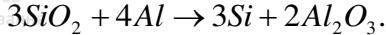
В земній корі міститься Силіциум 27,72% (мас.). За поширенням в природі він знаходиться на другому місці, поступаючись тільки Оксигену. Тверда земна кора на 97% складається з сполук Силіцию: солей силікатних кислот – силікатів, піску, піщаників тощо. Силікати утворюють різні мінерали (польовий шпат, слюда, азбест) та гірські породи (граніт, базальт, гнейс). **Польові шпати** утворюють дуже важливі і розповсюджені мінерали, що входять до складу більшості гірських порід (**граніти, сіеніти, порфіри, трихіти, базальти, гнейси** тощо), і складають не менше 25% від ваги земної кори. Загальна формула польових шpatів має такий вигляд: $nRAl_2Si_6O_{16}$; $mR^*Al_2Si_2O_8$, де R – атоми лужних металів Калію і Натрію, рідше Рубідію і Цезію; R^* – атоми лужноземельних металів – Кальцію, Стронцію і Барію.

До польовошпатових мінералів відносять **ортоклаз** $K_2Al_2Si_6O_{16}$, **альбіт** $Na_2Al_2Si_6O_{16}$, **анортит** $Ca_2Al_2Si_2O_8$, **цельзіан** $BaAl_2Si_2O_8$ та інші. Завдяки великій подібності в будові кристалічних граток польовошпатові мінерали дуже схильні до утворення змішаних кристалів. Вільний кремній може бути одержаний як в аморфному, так і в кристалічному стані.

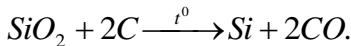
Аморфний кремній добувають прожарюванням з магнієм білого піску, який за хімічним складом є чистим силіцієм(IV) оксидом:



Замість магнію можна використовувати алюміній:



У промисловості кремній добувають відновленням SiO_2 коксом в електричних печах:



Такий кремній називається **кристалічним**, він має сталевий кристалічний блиск та електропровідність.

Експериментальна частина

1. Добування золю і гелю силікатної кислоти.

a) До 2-3 мл концентрованого розчину натрію силікату додати по краплях (при перемішуванні) розведену хлоридну кислоту до утворення драглистого осаду силікатної кислоти. Склести рівняння реакції.

б) Налити в пробірку 3-5 мл концентрованої хлоридної кислоти і прилити ~1 мл розчину натрію силікату. Суміш енергійно перемішати і спостерігати за утворенням прозорого розчину – золю силікатної кислоти.

2. Адсорбційні властивості силікагелю.

Налити в пробірку 3-5 мл дистильованої води, прилити 10-15 крапель розчину купрум(II) сульфату і по краплях добавляти розчин амоніаку до отримання синього амоніакату купрум(II) сульфату. В розчин насипати ~2 г порошкоподібного силікагелю і перемішати до освітлення розчину.

Злити розчин з осаду і звернути увагу на колір силікагелю. Декілька разів промити водою, додати до нього 2-3 мл хлоридної кислоти, перемішати з рідиною і спостерігати зміну кольору силікагелю внаслідок вимивання амоніакату купрум(II) сульфату кислотою.

3. Гідроліз солей силікатної кислоти.

a) Змочити в розчині натрію силікату смужку фільтрувального паперу і нанести на нього 1-2 краплі фенолфталеїну. Пояснити явище, яке спостерігається і скласти рівняння реакції гідролізу.

б) До розчину натрію силікату додати 2-3 мл розчину амонію хлориду. Спостерігати випадання осаду метасилікатної кислоти. Склести рівняння реакції гідролізу, враховуючи, що йони амонію з'єднують гідроксильні йони води в мало дисоціовані молекули амонію гідроксиду.



4. Нерозчинні солі силікатної кислоти («Хімічні водорості»).

В п'ять пробірок налити по 5-6 мл 50% розчину силікату натрію і в кожну з них кинути 1-2 кристалики солей таких металів: заліза, міді, кобальту, никелю і мангану. Спостерігати утворення в кожній пробірці різних по формі і кольору «водоростей».

Контрольні запитання

1. Підтвердити рівняннями реакцій амфотерні властивості SiO_2 .
2. Застосування карбіду силіцію.

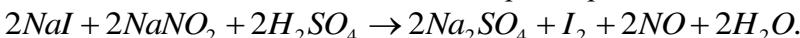
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №11. ВИЛУЧЕННЯ ЙОДУ З РОЗЧИНІВ ПІДЗЕМНОГО РОЗЧИНЕННЯ СОЛЕЙ

1. Мета роботи.

Вивчити метод вилучення йоду з розчинів підземного розчинення солей у кислому середовищі з використанням пероксиду гідрогену як окисника.

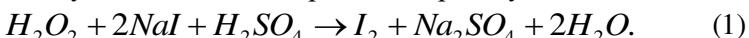
2. Загальні відомості.

Відомі три основних способи добування йоду з бурових вод – повітряно-десорбційний, вугільно-десорбційний та добування за допомогою йонообмінних смол. Стадія окиснення йодиду до елементарного йоду є загальною для всіх трьох способів. Селективним окисником для йодидів є натрій нітрат:



I_2 , який виділився, адсорбується активованим вугіллям.

Для повітряно-десорбційного методу $NaNO_2$ непридатний, тому що оксиди нітрогену, які утворюються протягом реакції, видуваються повітрям та забруднюють навколишнє середовище. Тому для вилучення йоду з підземних вод викладачами кафедри хімії НУВГП був застосований пероксид гідрогену:



Однією з умов успішного перебігу реакції (1) є створення середовища, в якому побічні реакції були б зведені до мінімуму:



Звичайно, бурову воду перед вилученням елементарного йоду для запобігання гідролізу підкислюють до $pH = 2\text{--}3$. В наукових дослідженнях кафедри хімії були визначені оптимальні умови реакції (1): співвідношення компонентів $I_2 : H_2O_2 : H_2SO_4$. Розрахунковий надлишок кислоти складає 32,5% з врахуванням його витрати на нейтралізацію і на підтримання pH протягом всього процесу окиснення. Витрата пероксиду гідрогену складає від 130 до 200% від стехіометрії.

Технологія вилучення йоду з розчинів підземного розчинення солей включає наступні стадії переробки сировини:

- a) попереднє очищення від домішок (нафтенових кислот, Феруму, солей твердості та ін.);
- б) вилучення з сировини;
- в) отримання концентратів;
- г) вилучення з концентратів у вигляді товарного продукту.

Розчин після попереднього очищення прямує в хімічний реактор-змішувач, де відбувається процес окиснення. Окиснений розчин надходить в десорбер, де відбувається віддування повітрям. З десорбера йод-повітряна суміш надходить в адсорбер, де йод поглинається з утворенням насиченого лужного розчину. З метою отримання товарного продукту лужний розчин надходить в кристалізатор для окиснення йоду до елементарної форми з утворенням кристалів. Після очищення та зневоднення кристалічний йод прямує на ділянку розфасування в світлозахисну тару.

3. Обладнання і матеріали.

1. Бурова вода, яка містить до 1% йодидів.
2. 40%-ний розчин сульфатної кислоти.
3. 35%-ний розчин пероксиду гідрогену.
4. Концентрований розчин калій гідроксиду.
5. Універсальний індикаторний папір.
6. Активоване вугілля.
7. Лійка.
8. Фільтр до лійки.
9. Стаканчики на 50 мл, конічні колби на 100 мл.



10. а Мірний циліндр на 50 мл.

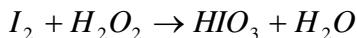
11. Бюretки на 25 мл.

4. Порядок виконання роботи.

В хімічний стакан відміряти циліндром 20 мл досліджуваного розчину. Універсальним папером заміряти pH вихідного розчину. З бюretки додавати розчин сульфатної кислоти у вихідний розчин йодидів, знижуючи pH до 1,5-2,0. Додати 5 мл розчину пероксиду гідрогену до зміни кольору вихідного розчину. Розділити одержаний розчин на дві частини. До однієї частини додавати по краплях розчин КОН до знебарвлення, відмітити pH знебарвленого розчину. До другої частини в конічній колбі додати 1 г подрібненого активованого вугілля та струшувати вміст протягом 20 хв. Відфільтрувати вміст колби крізь фільтр в лійці, відмітити колір фільтрату.

Контрольні запитання

1. Водний показник розчинів. Його значення для вилучення йоду з підземних вод.
2. Визначити pH 0,1М розчину КОН.
3. Окисники, відновники.
4. Пероксид гідрогену як окисник, як відновник. Навести приклади відповідних реакцій з лабораторної роботи.
5. Урівняти окисно-відновну реакцію



за допомогою схем електронного балансу.

6. Сорбція, десорбція, адсорбція.
7. Найважливіші адсорбенти. Застосування.
8. Для чого створюють кисле середовище при вилученні йоду з підземних вод.
9. Сублімація. Застосування для очищення йоду.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12. ВИЗНАЧЕННЯ АДСОРБЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ЦЕОЛІТ-СМЕКТИТОВОГО ТУФУ

1. Мета роботи.

Спостерігати адсорбцію на поверхні поділу рідкої і твердої фаз. Побудувати ізотерму адсорбції. Знайти значення коефіцієнтів a і n у рівняння Фрейндліха.

Процеси адсорбції, абсорбції і хемосорбції мають велике значення в фізико-хімічної геотехнології. Три явища: адсорбція, абсорбція і хемосорбція об'єднуються під загальною назвою – сорбція.

Сорбція – це поглинання однією речовиною інших речовин. Сорбція, яка відбувається на поверхні тіла – адсорбція. Поглинання у об'ємі сорбенту – абсорбція.

Відрізняють фізичну та хімічну адсорбцію (хемосорбцію). Під час фізичної адсорбції адсорбційні сили мають міжмолекулярну природу. Вони називають силами Ван-дер-Ваальса. Під час хемосорбції адсорбційні сили мають хімічну природу. Фізична адсорбція оборотна, а хімічна – необоротна. Про **позитивну адсорбцію** компонента говорять, якщо його концентрація в поверхневому шарі більша, ніж в об'ємній фазі, якщо ж концентрація цього ж компонента в поверхневому шарі менша, мова йде про **негативну адсорбцію**.

Процес, обернений адсорбції називається десорбцією.

Властивості молекул на поверхні поділу фаз відрізняються від властивостей молекул у точці поглинання.

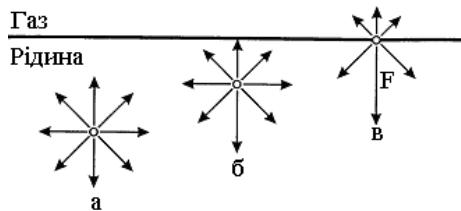


Рис 2. Міжмолекулярні сили, які діють на молекули у поверхневому шарі (а, б) та в об'ємі рідини (а, б)



Енергетична нескомпенсованість на межі поділу фаз призводить до поглинання молекул, розташованих на поверхні, у глибину рідини. Виникає сила, під дією якої площа поверхні поділу фаз зменшується, а молекули поверхні наближаються до молекул глибинних шарів. Молекули, розташовані на поверхні, не повністю реалізують здатність до взаємодії, вони мають нескомпенсований надлишок вільної енергії G_s

Відношення вільної поверхневої енергії до площині поверхні поділу фаз – S називають **поверхневим натягом** – σ . Нескомпенсованість молекулярних сил на поверхні поділу фаз призводить до того, що відбуваються процеси, які зумовлюють довільне зменшення поверхневої енергії. Можливість проходження цього довільного процесу визначають за зміною вільної поверхневої енергії:

$$\sigma = \frac{G_s}{S} \quad (1)$$

Класифікація поверхневих явищ

Довільні процеси, пов'язані зі зменшенням поверхневої енергії				
Зменшення поверхні поділу фаз ΔS		Зменшення поверхневого натягу $\Delta\sigma$		
Утворення сферичної і гладкої поверхні рідин	Укрупнення частинок дисперсної фази (агрегація, коагуляція)	Фізико-хімічні процеси (адсорбція та ін.)	Електричні явища	Теплові явища

Таким чином **адсорбція** – це довільне збільшення концентрації компонентів на поверхні поділу фаз в стані рівноваги порівняно з концентрацією в об'ємній фазі. Адсорбція залежить від природи розчинника і розчиненої речовини.

Рівновага адсорбції – це динамічна рівновага.



Чим більша концентрація адсорбтиву, тим менша фізична адсорбція. До адсорбентів відносять глину, вугілля, торф, силікателі, каолін та інші речовини. На поверхні адсорбенту інтенсивно проходить процес адсорбції за рахунок взаємодії



молекул адсорбенту з молекулами, які мають надлишок вільної поверхневої енергії, в результаті чого концентрація цих молекул у газі або рідині зменшується, а на поверхні адсорбенту зростає. Одночасно відбувається перехід адсорбтиву з фази адсорбенту у розчин або газ. У випадку, коли швидкості цих процесів зрівнюються, встановлюється адсорбційна рівновага. Залежність адсорбції від концентрації адсорбованої речовини у розчині або від парціального тиску газу при $T = \text{const}$ виражається рівнянням адсорбції Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot \frac{C}{C + K}, \quad (2)$$

де Γ – концентрація адсорбованої речовини на 1 см³ поверхні адсорбенту під час адсорбційної рівноваги; Γ_{∞} - максимальна можлива концентрація адсорбованої речовини на 1 см³ поверхні адсорбенту; C – молярна концентрація адсорбованої речовини у розчині.

При адсорбції газів:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot \frac{P}{P + K}, \quad (3)$$

де P – парціальний тиск газу; K – константа, яка залежить від фізичної і хімічної природи адсорбенту та адсорбованої речовини.

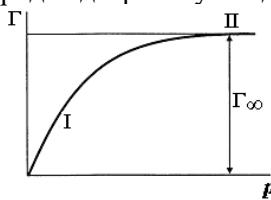


Рис. 3. Загальний вигляд ізотерми Ленгмюра

Залежність кількості речовини, яка адсорбується 1 г адсорбенту від рівноважної концентрації при $T = \text{const}$ виражається емпіричною формулою Фрейндліха:

$$\frac{x}{m} = a \cdot c^{\frac{1}{n}},$$



де x – кількість речовини, що адсорбується, m – кількість адсорбенту; c – концентрація розчину у рівноважному стані; a , n – константи, які визначають дослідним шляхом.

Процеси адсорбції застосовуються для очищення та сушіння газів, для розділення суміші газів або пари. Адсорбція дозволяє очистити природні та стічні води від різноманітних домішок.

Для проведення процесів адсорбції застосовують адсорбери наступних типів:

1. З нерухомим зернистим адсорбентом.
2. З рухомим псевдозрідженим шаром адсорбенту.
3. З киплячим псевдозрідженим шаром адсорбенту.

2. Обладнання і матеріали.

1. Мірні колби на 100 мл
2. Конічні колби на 250 мл.
3. 0,1м розчин NaOH.
4. Фільтрувальний папір.
5. Робочий розчин(0,5м) ацетатної кислоти.
6. Бюretка на 50 мл .
7. Наважки туфу.
- 8.Фенолфталейн.

3. Методика виконання роботи.

Для вивчення адсорбції ацетатної кислоти на цеоліт послідовного розведення приготовляють шість розчинів кислоти по 100 мл (концентрації вказує викладач). Туф ретельно розтирають у ступці, а потім зважують шість порцій по 1,0 г.

100 мл кожного з приготованих розчинів ацетатної кислоти додають по 1,0 г туфу, після чого закриті колби з вмістом збовтують на механічній мішалці протягом 30 хв. Потім розчини відфільтровують, а в отриманому фільтраті визначають концентрації кислоти після адсорбції.

Концентрацію вихідного розчину ацетатної кислоти і розчинів після адсорбції та фільтрації визначають титрування розчином $NaOH$ з відомою концентрацією в присутності фенолфталеїну до появи стійкого слабко-рожевого забарвлення розчину, що досліджується. Концентрацію кислоти розраховують за співвідношенням:

$$c_K V_K = c_{\text{Л}} V_{\text{Л}},$$



де c_0 і c – концентрації розчинів ацетатної кислоти і $NaOH$ (моль/л); V_K – об'єм кислоти, що був взятий для титрування; V_L – об'єм лугу, що пішов на титрування. Для титрування беруть три порції розчину, що аналізується. Концентрацію розраховують як середнє арифметичне результатів титрування трьох порцій.

Величина адсорбції A визначається за різницею концентрацій розчину ацетатної кислоти до (c_0) в після (c) адсорбції:

$$A = \frac{c_0 - c}{m} \cdot V,$$

де m – маса вугілля; V – об'єм розчину кислоти, що був взятий для досліду.

Будують ізотерму адсорбції в координатах $1/A$ від $1/c$ і визначають A_∞ і K . Усі результати заносяться до таблиці:

№ колби	V_K	V_L	C_0	c	$\Delta c = c_0 - c$	A	$1/A$	$1/c$	A_∞	K

За рівнянням $S_{\text{пит.}} = A_\infty N_A S_m$ (S_m – площа, яку займає одна молекула адсорбенту в насиченому адсорбційному шарі; N_A – число Авогадро), розраховують питому поверхню адсорбенту, $s_{\text{пит.}}$, вважаючи, що площа, яку займає одна молекула, s_m , для багатьох одноосновних жирних кислот становить $0,2 \text{ нм}^2$.

4. Обробка експериментальних даних

1. Занести в таблицю експериментальні дані.
2. Побудувати залежність у координатах $1/A$ - $1/c$ і визначити A .
3. Розрахувати константу адсорбційної рівноваги K .
4. Розрахувати питому концентрацію адсорбенту.

На підставі отриманих даних:

1. Побудувати ізотерму адсорбції.
2. Знайти значення коефіцієнтів a і n у рівнянні Фрейндліха:

$$\frac{x}{m} = a \cdot c^{\frac{1}{n}}.$$



З цією метою його потрібно про логарифмувати:

$$\lg \frac{x}{m} = \lg a + n \lg C_1$$

та побудувати ізотерму адсорбції в координатах.

Визначити константи a і n (див.рис.4).

$$OA = \lg a; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{n}.$$

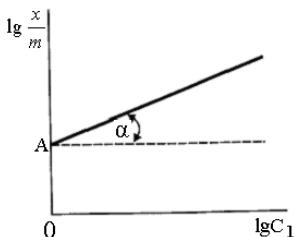


Рис. 4. Графічне визначення констант ізотерми адсорбції Ленгмюра

Контрольні запитання

1. Фізична та хімічна адсорбція.
2. Поверхневий натяг.
3. Рівняння Ленгмюра.
4. Ізотерма адсорбції Ленгмюра.
5. Емпірична формула Фрейндліха.
6. Оптична густина розчину.
7. Графічне визначення коефіцієнтів у рівнянні Фрейндліха.
8. Типи адсорберів.
9. Адсорбційні властивості цеоліт-смектитового туфу.



РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Буденкова Н. М. Хімія: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / Н.М. Буденкова, К.Ю. Вербецька. Рівне : НУВГП, 2006. 62 с.
2. Буденкова Н. М. Фізико-хімічні методи досліджень. Навчальний посібник / Н. М. Буденкова. Рівне : НУВГП, 2011. 243 с.
3. Буденкова Н. М. Фізико-хімічні методи аналізу. Навчальний посібник / Н. М. Буденкова, М. В. Яцков, О. І. Мисіна. Рівне : УДУВГП, 2002. 131 с.
4. Іванов С. В. Екологічна хімія. Навчальний посібник / С. В.Іванов, С. Ф. Новоселов, О. А. Спаська. Київ : НАУ-друк, 2010. 169 с.
5. Манековська І. Є. Хімія: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / І. Є. Манековська. Рівне : НУВГП, 2006. 279 с.
6. Колоїдна хімія / М. О. Мчедлов-Петросян [та ін.]. Харків : Фоліо, 2005. 301 с.
7. Аналітична хімія / Н. К. Федущак [та ін.]. Вінниця : Нова книга, 2012. 636 с.
8. Яцков М. В. Фізична та колоїдна хімія. Навчальний посібник / М. В. Яцков, Н. М. Буденкова, О. І. Мисіна. Рівне : НУВГП, 2016. 164 с.
9. Манековська І. Є. Хімія, частина 1 (загальнотеоретична) : посібник / І. Є. Манековська, М. В. Яцков. Рівне : НУВГП, 2005. 187 с.
10. Манековська І. Є. Хімія, частина II (Хімія елементів) : посібник / І. Є. Манековська, М. В. Яцков. Рівне : НУВГП, 2008 . 154 с.

Допоміжна

1. Маланчук З. Р., Боблях С. Р., Маланчук Є. З. Гідроідабуток корисних копалин. Рівне, НУВГП, 2009. 280 с.
2. Технологія і керування гідроідабутком корисних копалин. Під ред. Маланчука З. Р., Рівне : НУВГП, 2009. 480 с.
3. Аренс В. Ж. Физико-химическая геотехнология. Москва :Московський горний університет, 2001. 457 с.



4. Пустовойтенко В. П., Хозяйкіна Н. В., Ганєєв С. М., Пашко А. М. Методичні рекомендації з навчальної дисципліни „Фізика гірських порід” для студентів за напрямом підготовки 0903 „Гірництво”. Дніпропетровськ: національний гірничий університет, 2007. 30 с.
5. Боднарюк Т. С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни „Хімія торфу” студентам спеціальності 6.050301 „Гірництво”, Рівне : НУВГП, 2009. 36 с.
6. Буденкова Н. М., Назарук Г. І. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу „Фізико-хімічні методи аналізу” студентам спеціальностей 6.070800, 6.130100, Рівне: НУВГП, 2004. 19 с.

Електронний репозиторій НУВГП

1. Буденкова, Н. М. and Вербецька, К. Ю. (2006) *Хімія*. НУВГП, Рівне, Україна URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1825> (дата звернення 28.11.2018 р.).
2. Боднарюк, Ф. М. (2004) *Загальна і неорганічна хімія. Частина I (загальнотеоретична)*. НУВГП, Рівне, Україна. ISBN 966-327-008 URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/2253> (дата звернення 28.11.2018 р.).