

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"
Інститут хімічних технологій та фармацевтики

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни “ВСТУП ДО ФАХУ”
для здобувачів вищої освіти
за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія

Затверджено на засіданні кафедри ХТ
Протокол №6 від 23.06.2022 р.

Одеса: “Одеська політехніка”, 2022

Конспект лекцій з дисципліни “Вступ до фаху” для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / Уклад. Ю.М. Єпутатов, І.В. Шаповал; Національний університет "Одеська політехніка". – Одеса, 2022. – 75 с.

Укладачі: Ю.М. Єпутатов, к.х.н., доцент,
І.В. Шаповал, ст. викладач

Ю.М. Єпутатов, І.В. Шаповал. 161 – Хімічні технології та інженерія. Конспект лекцій з курсу "Вступ до фаху". В конспекті лекцій охарактеризовано сировинну базу хімічних виробництв, описано теоретичні основи і технології найважливіших неорганічних і органічних промислових продуктів. Конспект лекцій призначено для здобувачів вищої освіти усіх форм навчання за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ХІМІЧНОЇ НАУКИ	6
Лекція 1. Історія зародження і розвитку хімічної науки.....	6
1.1. Реміснича хімія до початку нової ери.....	6
1.2. Грецька натурфілософія.....	9
1.3. Алхімія.....	9
1.4. Зародження сучасної хімії	10
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ВЕЛИКІ ХІМІКИ.....	12
Лекція 2. Основні представники великих хіміків.....	12
2.1. Російська школа великих хіміків	12
Лекція 3. Основні представники великих хіміків.....	19
3.1. Українська школа великих хіміків.....	19
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ І СТАНОВЛЕННЯ.....	26
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ “ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”	26
Лекція 4. Національний університету “Одеська політехніка”.....	26
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ЯК НАУКА І ЇЇ ЗАВДАННЯ	33
Лекція 5. Основні поняття та терміни хімічної технології.....	33
5.1. Основні поняття й терміни	34
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. ВИДИ ПРОДУКЦІЇ ОСНОВНОГО НЕОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ.....	36
Лекція 6. Основні виробництва неорганічного синтезу	36
6.1. Види продукції основного неорганічного синтезу.....	36
6.1.1. Мінеральні добрива	36
6.1.2. Азотні добрива	38
6.1.3. Калійні добрива.....	38
6.1.4. Фосфорні добрива	38
6.1.5. Комплексні добрива.....	39
Лекція 7. Виробництво сульфатної (сірчаної) кислоти та виробництво амоніаку (аміаку).....	40
7.1. Застосування і властивості сульфатної кислоти.....	40
7.2. Сировина для виробництва сульфатної кислоти	40
7.3. Хімічна та функціональна схеми виробництва сульфатної кислоти.....	41
7.4. Виробництво амоніаку (аміаку)	42
7.5. Застосування амоніаку	43
7.6. Методи фіксації атмосферного азоту	43
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. ВИРОБНИЦТВО АЗОТНОЇ ТА ФОСФОРНОЇ КИСЛОТ.....	43
Лекція 8. Нітратна (азотна) та фосфатна (фосфорна) кислоти та їх виробництво	43
8.1. Виробництво нітратної (азотної) кислоти.....	44
8.2. Фосфорна кислота та її виробництво.....	46
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 7. ТЕХНОЛОГІЯ ОСНОВНОЇ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ. ВИРОБНИЦТВО ТА ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПОЛІМЕРІВ ТА КОМПОЗИТИВ	49
Лекція 9. Дегідрогенування карбоногідрогенів та процеси гідрування.....	49
9.1. Продукти і сировина промисловості основного органічного синтезу	50
9.2. Виробництво ацетилену крекінгом метану.....	50
9.3. Виробництво бутадієну (дивінілу).....	51
9.4. Виробництво стиролу (вінілбензолу)	51
9.5. Процеси гідрогенування	52
9.6. Синтез метанолу	52
Лекція 10. Гідратація та окиснення карбоногідрогенів.....	53

10.1. Гідратація карбоногідрогенів	53
10.2. Окиснення карбоногідрогенів	56
Лекція 11. Класифікація високомолекулярних сполук та методи їх одержання	57
11.1. Класифікація високомолекулярних сполук (ВМС)	58
11.2. Фізико-хімічні основи одержання ВМС	58
11.3. Головні методи одержання ВМС	59
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 8. СИРОВИНА ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	60
Лекція 12. Сировинна база хімічних виробництв.....	60
12.1. Тенденції розвитку сировинної бази	61
12.2. Класифікація сировини	61
12.3. Принципи збагачення (концентрування) та розділення сировини	62
Лекція 13. Вода і повітря у хімічній промисловості	64
13.1. Вода у хімічній промисловості.....	64
13.2. Повітря у хімічній промисловості.....	65
Лекція 14. Види й джерела енергії, застосовуваної в хімічній промисловості	66
14.1. Енергія в хімічному виробництві. Вторинні енергоресурси	66
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 9. ЗАСТОСУВАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ У ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	69
.....	
Лекція 15. Каталіз. Поняття, види й стадії каталізу	69
15.1. Історія виникнення каталізу	69
15.2. Стадії каталітичної дії гетерогенного каталізу	70
15.3. Види адсорбції	71
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	75

ВСТУП

Мета вивчення курсу “Вступ до фаху” є формування в студентів уявлень про специфіку обраної ними спеціальності, про освітню програму підготовки, про основні вимоги до професійних досягнень хіміка-технолога, про історію розвитку хімічної промисловості та особливості хімічної галузі та забезпечення загальної теоретичної підготовки здобувачів яка слугуватиме основою для їхньої практичної роботи, розвиток загальних компетентностей здобувачів, поглиблення, поширення та узагальнення отриманих теоретичних знань з хімічної технології органічних та неорганічних речовин, вибору оптимальних режимів і апаратурного оформлення процесів, придбання навичок творчого використання отриманих знань для прийняття практичних рішень по інтенсифікації і вдосконаленню технологічного процесу.

Предметом курсу є заявоєння основних понять та термінів хімічних виробництв, сировинна база хімічної промисловості, принципи використання води, повітря та джерел енергії в хімічних технологіях, а також основних виробництв органічних та неорганічних речовин і мінеральних добрив, ознайомлення з перспективами розвитку хімічних технологій та використання вторинних енергоресурсів.

При вивченні дисципліни “Вступ до фаху” розглядаються питання, спрямовані на здобуття здобувачами вищої освіти знань щодо організації навчального процесу при підготовці спеціаліста в галузі хімічних технологій, за технологією основних виробництв органічних та неорганічних речовин та матеріалів, апаратурного оформлення підприємств галузі, що вивчається. З цією метою розглядаються такі питання:

- історія створення, основні характеристики та науково-технічні проблеми виробництв хімічних технологій;
- структура закладу вищої освіти та організації навчального процесу за спеціальністю;
- основні поняття Положення про академічну доброчесність в “Одеській політехніці”;
- наукові та інженерні основи хімічних технологій;
- основи класифікації технологічних процесів хімічних виробництв;
- основи класифікації технологічних процесів хімічних виробництв;
- склад та робота апаратурних схем основних видів хімічних технологій;
- принципи вибору типу устаткування щодо операцій та методів його роботи з урахуванням вимог, що висуваються до виробництва речовин та матеріалів хімічних технологій.

Слід враховувати такі аспекти: економічний (вартість енергоресурсів росте), екологічний (виділення в атмосферу шкідливих речовин в процесі спалювання палива) і надавати увагу нетрадиційним джерелам енергії.

Завданням курсу в руслі визначення концепції розвитку хімічної технології – розглянути її історію, зміст, виявити закономірності та тенденції розвитку цієї науки у всій цілісності та спроба визначити, хоча б загалом, перспективи науково-технічного прогресу в галузі хімічних технологій. Показати які фактори зумовлюють структуру хімічних технологій, їх диференціацію та інтеграцію.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ХІМІЧНОЇ НАУКИ

Лекція 1. Історія зародження і розвитку хімічної науки

Мета заняття: знати історію розвитку хімічної науки та основні етапи зародження сучасної хімії.

План лекції:

- 1.1. Ремеснична хімія до початку нової ери
- 1.2. Грецька натурфілософія
- 1.3. Алхімія
- 1.4. Зародження сучасної хімії

1.1. Реміснична хімія до початку нової ери

Історичний аналіз розвитку хімічних знань і хімічної техніки приводить до певного висновку, джерелами й основою нагромадження фактичного матеріалу в хімії служили три області ремісничого виробництва:

1. Високотемпературні процеси – кераміка, склоробство й особливе металургія;
2. Фармація, парфумерія й косметика;
3. Одержання барвників і техніка фарбування.

Ці найважливіші області практичної й ремісничої хімії одержали свій початковий розвиток ще в епоху рабовласницького суспільства у всіх цивілізованих державних утворах стародавності.

Наскільки відомо, наука про речовини і їх перетвореннях зародилася в Єгипту – технічно найбільш передовій країні прадавнього миру. Хімія вважалася в Єгипту “божественною” наукою, вона перебувала цілком у руках жерців і ретельно ховалася ними від непосвячених. Крім Єгипту, спроби наукових узагальнень мали місце й в інших технічно розвинених країнах прадавнього миру: Месопотамії, Індії, Китаї і ін.

Треба відзначити, що в ремісничій хімії країн Прадавнього миру багато загального. Це пояснюється не тільки торговельними й культурними зв'язками, що існували у віддалені епохи між окремими державами, або, навпаки, військовими зіткненнями, але й загальними рисами шляхів освоєння ремесла, одночасністю винаходу в різних країнах тих же самих приймань ремісничої майстерності у зв'язку з однаковим рівнем стану продуктивних сил і технічних можливостей. Розглянемо коротенько стан і досягнення ремісничої техніки в окремих країнах Прадавнього миру в найголовніших областях виробництва.

Металургія. У рабовласницькому суспільстві відбувалося досить швидке розширення відомостей про метали, їх властивостях і способах їх виплавки з руд, а також про виготовлення різних сплавів, що одержали велике технічне значення. Як установлено по тексту табличок, знайдених при розкопках прадавніх міст Месопотамії, у третьому тисячоріччя до н.е. були відомі способи одержання з руд заліза, міді, срібла й свинцю. Отримані метали частково вивозилися в інші країни морським шляхом. Судячи з характеру знайдених залишків плавильних печей і глиняних посудин, металурги того часу вміли одержувати температури близько 1000 – 1200 °С.

Досягнення ремісничих металургів стародавності стали, загалом, основою металургійної техніки всього середньовіччя. Лише в новий час стародавні методи виплавки металів, перетерпіли істотні вдосконалення, особливо техніка одержання заліза.

Стекло й кераміка. Стекло було відомо в Прадавньому світі дуже давно. Існує легенда про те, що скло було випадкове відкрите моряками-фінікійцями. Вони зазнали нещастя й висадилися на одному острові, де розвели багаття й обклали його шматками соди. Сода розплавилася й разом з піском утворювала скло. Хоча ця легенда є маловірогідної, однак у Прадавньому Єгипту виявлені вироби зі скла (бусини), що ставляться до 2500 г. до н.е. Техніка того часу не дозволяла виготовляти зі скла великі предмети. Знайдена археологами ваза, що ставиться приблизно до 2800 г. до н.е., являє

собою погано сплавлену суміш піску, повареної солі й окиси свинцю. По якісній елементній сполуці прадавнє скло мале відрізнялося від сучасного, однак відносний зміст кремнезему в прадавньому склі нижче, чим у сучасні. Справжнє виробництво скла розвивається в Прадавньому Єгипту в середині другого тисячоріччя до н.е. Ціль полягала в одержанні декоративного й виробного матеріалу, так що виготовлювачі прагнули одержувати пофарбоване, а не прозоре скло. Більш низький зміст кремнезему й кальцію й високий зміст натрію полегшував одержання й плавку скла, оскільки знижувалася температура плавлення, але це ж обставина зменшувала міцність матеріалу.

Фарбування скла залежало від уведених добавок. Аметистового кольору скло 15 в. до н.е. пофарбоване сполуками марганцю. Чорний колір викликаний в одному випадку наявністю міді й марганцю, а в іншому – великої кількості заліза. Значна частина синього скла того ж періоду пофарбована міддю.

Виготовлення **кераміки** ставиться до числа найбільш прадавніх ремісничих виробництв. Гончарні вироби виявлені в найдавніших культурних шарах поселень Азії, Африки і Європи. У далекій давнині з'явилися й глазуровані глиняні вироби. Найбільш прадавні глазури являли собою ту ж глину, яка йшла на виробництво гончарних виробів, ретельно розтерту, очевидно, з повареною сіллю. У більш пізніше час сполука глазури був значно вдосконалений. Туди входила сода добавки, що й офарблюють, окислів металів. Рано з'явилися й розфарбовані, керамічні вироби, зокрема в Індії.

Крім виробництва глиняного посуду, одержали поширення й інші керамічні виробництва. Так, будівлі месопотамських міст прикрашалися візерунковими плитками, що служили зовнішніми цеглинами. Ці плитки робилися в такий спосіб: на цеглу після легкого випалу наносився контур малюнка розплавленою скляною чорною ниткою. Потім облямовані ниткою майданчик заповнювався сухою глазур'ю й цегли зазнали вторинному випалу. При цьому глазурована маса приймала скловидну форму і міцно зв'язувалася з поверхнею цегли. Така різнобарвна глазур, по суті, представляла собою рід емалі й мала велику довговічність. Зразок такий глазурованої різними квітами кераміки зберігається в Берлінському музеї “Пергамон” і являє собою зображення левів, драконів, биків, воїнів. Зображення, виконані в яскравих синіх, жовтих, зелених і інших тонах, добре збереглися до нашого часу. Очевидно, цей спосіб ліг в основу покриття різнобарвною емаллю металевих виробів.

Виробництво облицьованих різнобарвною глазур'ю керамічних виробів було відоме й у древньокитайській і середньоазіатській архітектурі. Ймовірно, художня кераміка Китаю і пов'язані з нею порцелянове й фаянсове виробництва мають, щонайменше, чотирьохтисячолітню історію. Близько II тисячоріччя до н.е. у країнах Межиріччя, а також у Єгипту з'явилися й фаянсові вироби. Давньоєгипетський фаянс по складу значно відрізнявся від звичайного фаянсу й був виготовлений із глини в суміші із кварцитним піщаником. Дотепер не з'ясоване, яким зв'язуючим (сполучним) матеріалом користувалися прадавні майстри при виготовленні й формуванні фаянсових сумішей. Припускають, що використовувалася якась органічна речовина, що вигорала при випалі. Глазурування фаянсових виробів спочатку проводилося сумішшю соди і добавками окислів металів, що її фарбують, переважно малахітовим борошном. Пізніше стали готувати спочатку суху глазур плавленням соди і місцевого піску, який завжди містить (у Єгипті) солі кальцію та добавок, що її фарбують.

У якості будівельного в'язучого матеріалу в Прадавньому світі застосовували звичайно гіпс. В Індії такий гіпсовий цемент виявлений у будівлях, що ставляться приблизно до 2000 р. до н.е. Вапняні будівельні розчини в Прадавньому світі довгий час не були відомі. Це й зрозуміло, тому що вапняк вимагає для випалу досить високої температури – близько 1100 °С.

Крім такого гіпсового цементу, при кладці будинків у якості в'язучих речовин застосовувався асфальт (гірська смола) і бітум, ті ж будівельні розчини застосовувалися в Ассирії і Вавілонії.

Фармація і парфумерія. Одна з найдавніших збережених рукописів Прадавнього Єгипту, так званий “Папірус Еберса” (XVI в. до н.е.), містить ряд рецептів виготовлення фармацевтичних засобів. Незважаючи на те, що ці рецепти не можуть бути названі чисто хімічними, оскільки вони присвячені

способам витягу з рослин різних соків і мастил, вони дають уявлення про операції виварювання, настоювання, вижимання, бродіння й проціджування. Усе це свідчить про гарне знайомство прадавніх майстрів із численними операціями, що ввійшли згодом в арсенал методів, що застосовуються у хімічних лабораторіях. Відомі були також основні прийоми екстракції, сублімації й перегонки. Також знайдені записи, що містять докладні відомості про виготовлення й застосування мила.

У Прадавньому Єгипті одержало широке поширення ремесло муміфікації трупів померлих. Довгий час не вдавалося в точності відновити деякі операції “консервування” трупів, доведеного до високого ступеня досконалості. На основі ретельного дослідження мумій, було встановлено, що труп спочатку закопували на кілька тижнів у суху природну соду – “натрон”, або “нітрон”, – що зустрічається в Єгипті (вона утворюється при висиханні природних содових озер). При цьому в умовах жару труп майже повністю зневоднювався. Потім (або попередньо) із трупа виймали внутрішні органи й мозок, череп (іноді) заливали смолою, а порожнину живота заповнювали спеціями запашних рослин. У деяких випадках внутрішні органи не виймали. Далі труп загортали в тканину типу марлі, довжиною іноді в кілька сотень метрів, із застосуванням запашних засобів. Особа небіжчика гримували, застосовуючи свинцевий блиск, оксид міді, пофарбовані глини й, імовірно, деякі рослинні фарби. На обличчя царських мумій клали маску з листового золота. Нарешті, труп поміщали в саркофаг.

Фарби і техніка фарбування. У стародавності широко використовувалися деякі мінеральні фарби для наскального й стінного живопису, у якості малярських фарб і в інших цілях. Для фарбування тканин, а також і для косметичних цілей використовувалися рослинні й тваринні фарби.

Для наскального й стінного живопису в Прадавньому Єгипті застосовувалися земляні фарби, а також штучно отримані пофарбовані окисли й інші сполуки металів. Особливо часто застосовували охру, сурик, білило, сажу, розтертий мідний блиск, окисли заліза й міді й інші речовини. Давньоєгипетська лазур складалася з піску, прожареного в суміші із содою й мідними ошурками в глиняному горщику.

Поряд з мінеральними фарбами й у Передній Азії, і в Єгипті навіть у далекій давнині населення використовувало розчинні природні барвники. Серед знахідок, що ставляться до додинастичного періоду Прадавнього Єгипту (більш 3500 років до н.е.), є циновки, пофарбовані в червоний колір. По клинописних табличках, знайдених у Месопотамії, розшифровані барвники й рецептури, що ставляться, принаймні, до II тисячоріччю до н.е. У якості джерел барвників використовували рослини: алкану, вайду, куркуму, марену, сафлор, а також і деякі тваринні організми.

Наприклад:

Вайда (синильник) – один з видів рослин роду *Isatis*, до якого належить також і знаменита індигофера. Усі вони містять у своїх тканинах речовини, які після ферментації й впливу повітря утворюють синю фарбу. Як з'ясувалося вже наприкінці XIX в. (А. Байер), до складу кращого індійського “індиго”, отриманого з індигофери, входить не тільки синій барвник – індиготин, але й червоний – індигорубін. У різних видах роду *Isatis* кількість індигорубіна по-різному, і з рослин, де його мало або зовсім немає, виділяється синій барвник сумовитого кольору. Що саме тому яскраво офарблює індиго з Індії цінувалося особливо дорого, але доставка його була нелегка. Геродот повідомляє, що в VII в. до н.е. на території Палестини були значні плантації вайди, але фарба була відома багато раніше. Так, нею пофарбована туніка Тутанхамона (XII в. до н.е.).

Кермес – цей барвник одержували з особливої комахи – дубового червця, що паразитує на різновиді дубу, що виростає в Середземномор'я. Кермес використовували в Месопотамії не пізніше чому на початку II тисячоріччя до н.е. як основну червону фарбу. Цікаво, що красили не тільки обстрижену вовну, але навіть вовну безпосередньо на тваринах. У документах про продаж, які датовані XIII в. до н.е., фігурують пофарбовані вівці.

Пурпур – знаменита фарба стародавності, відома в Месопотамії щонайменше в II тисячоріччя до н.е. Джерелом фарби служив двостулковий молюск, що нагадує мідію, роду мурекс, що жив на обмілинах острова Кіпр і у фінікійського узбережжя. Утворююча фарбу речовина перебуває в маленькій залозі у вигляді мішечка, з якого видавлювали драглисто-рідку безбарвну масу із сильним часниковим запахом. При нанесенні на тканину й висушуванні на світлі, речовина починала міняти фарбування, послідовно стаючи зеленим, червоним і, нарешті, пурпурово-червоним. Після прання з милом, фарбування ставало яскраво-малиновою. З 12 000 молюсків можна було одержати 1,5 г сухого барвника.

Для приготування фарби в основному підходили таким чином: тіло молюсків розрізали, солили, якийсь час варили у воді, розчин витримували на сонячному світлі й випаровували до досягнення потрібної інтенсивності фарбування.

Слід зазначити, що шумери більшу частину барвників і навіть пофарбованої вовни одержували із Сирії, де техніка фарбування досягала більш високого рівня. Єгиптяни для одержання пурпурного фарбування наносили червону фарбу на синю тканину, а для зеленого фарбування – синю на жовту. Для жовтого фарбування використовували також і хну.

1.2. Грецька натурфілософія

Ці міфологічні ідеї проникли в Грецію через Фалеса Мілетського, який зводив усе різноманіття явищ і речей до єдиної першостихії – води. Однак грецьких філософів цікавили не способи одержання речовин і їх практичне використання, а головним чином суть процесів, що відбуваються у світі. Так, давньогрецький філософ Анаксимен затверджував, що першооснова Всесвіту – повітря: при розрідженні повітря перетворюється у вогонь, а в міру згущення стає водою, потім землею й, нарешті, каменем. Геракліт Ефеський намагався пояснити явища природи, приймаючи в якості першоелемента вогонь.

Чотири першоелементи. Ці вистави були об'єднані в натурфілософії Емпедокла из Агригента – творця теорії чотирьох першооснов світобудови. У різних варіантах його теорія панувала над розумами людей більш двох тисячоріч. Згідно Емпедоклу, усі матеріальні об'єкти утворюються при створенні вічних і незмінних елементів-стихий – води, повітря, землі і вогню – під дією космічних сил любові (притягання) і ненависті (відштовхування). Теорію елементів Емпедокла прийняли й розвили спочатку Платон, що уточнив, що нематеріальні сили добра й зла можуть перетворювати ці елементи один в інший, а потім Аристотель.

Згідно з Аристотелем (384 – 322 рр. до н.е.), елементи-стихий – це не матеріальні субстанції, а носії певних якостей – тепла, холоду, сухості й вологості. Цей погляд трансформувался в ідею чотирьох “соків” Галена і панував у науці аж до XVII в. Іншим важливим питанням, що займали грецьких натурфілософів, було питання про подільність матерії. Родоначальниками концепції, що одержала згодом назва “атомістичної”, були Левкіпп та його учні Демокрит і Епікур. Згідно з їх теорії або концепції, існують тільки порожнеча й атоми – неподільні матеріальні елементи, вічні, неруйновані, непроникні, що різняться формою, положенням у порожнечі і величиною; з їх “вихору” утворюються всі тіла. Атомістична теорія залишалася непопулярною протягом двох тисячоріч після Демокрита, але не зникла повністю. Одним з її прихильників став давньогрецький поет Тіт Лукрецій Кар, що виклав погляди Демокрита й Епікура в поемі “Про природу речей” (*De Rerum Natura*).

1.3. Алхімія

Алхімія – мистецтво вдосконалення речовини через перетворення металів у золото й удосконалення людини шляхом створення еліксиру життя. Прагнучі до досягнення найпривабливішої для них мети – створенню незлічимої багатств, – алхіміки дозволили багато практичних завдань,

відкрили безліч нових процесів, спостерігали різноманітні реакції, сприяючи становленню нової науки – хімії.

Алхімія в арабському світі. Завоювавши Єгипет в VII в., араби засвоїли греко-східну культуру, що зберігався протягом століть олександрійською школою. Наслідуючи прадавнім володарям, халіфи почали протегувати наукам. Час із VIII по XII століття було періодом світанку хімії (і науки взагалі) саме в арабських країнах. Араби й переробили первісну назву “хімія” в “алхімія” (додавши до цього слова характерну для арабської мови приставку “ал”).

Самим талановитим і прославленим арабським алхіміком був Джабір ібн Хайян (кінець VIII в.), що пізніше став відомим у Європі під іменем Гебер. Джабір вважав, що сірка й ртуть є двома протилежними початками, з яких утворюються сім інших металів; найважче всього утворюється золото: для цього потрібно особлива речовина, яку греки називали хегіон – “сухий”, а араби змінили на al-iksir (так з'явилося слово “еліксир”). Еліксир повинен був мати й інші чудесні властивості: виліковувати від усіх хвороб і давати безсмертя. Інший арабський алхімік, ар-Разі (ок. 865 – 925) (у Європі відомий під іменем Разес) займався також медициною. Так, він описав методику готування гіпсу й способу накладення пов'язки на місце перелому. Однак самим знаменитим лікарем був бухарець Ібн Сіна, відомий також під іменем Авіценна. Його твори служили керівництвом для лікарів протягом багатьох століть.

Алхімія в Західній Європі. Наукові погляди арабів проникнули в середньовічну Європу в XII в. через Північну Африку, Сицилію й Іспанію. Роботи арабських алхіміків були переведені на латинь, а потім і на інші європейські мови. Спочатку алхімія в Європі опиралася на роботи таких корифеїв, як Джабір, але через три сторіччя знову виявився інтерес до навчання Аристотеля, особливо в працях німецького філософа й теолога-домініканця, що став згодом єпископом і професором Паризького університету, Альберта Великого і його учня Фоми Аквінського. Перекоаний у сумісності грецької й арабської науки із християнською доктриною, Альберт Великий сприяв уведенню їх у схоластичні курси навчання. В 1250 філософія Аристотеля була введена в курс викладання в Паризькому університеті. Алхімічними проблемами цікавився й англійський філософ і натураліст, чернець-францисканець Роджер Бекон, що передбачив багато пізніших відкриттів; він вивчав властивості селітри й багатьох інших речовин, знайшов спосіб виготовлення чорного пороху. Серед інших європейських алхіміків слід згадати Арнальдо да Вілланова (1235 – 1313), Раймонда Луллія (1235 – 1313), Василя Валентина (німецького ченця XV – XVI вв.).

Досягнення алхімії. Розвиток ремесел і торгівлі, піднесення міст у Західній Європі XII – XIII вв. супроводжувалися розвитком науки й появою промисловості. Рецепти алхіміків використовувалися в таких технологічних процесах, як обробка металів. У ці роки починаються систематичні пошуки способів одержання й ідентифікації нових речовин. З'являються рецепти виробництва спирту й удосконалення процесу його перегонки. Найважливішим досягненням було відкриття сильних кислот – сірчаної, азотної. Тепер європейські хіміки змогли здійснити багато нових реакцій і одержати такі речовини, як солі азотної кислоти, купорос, квасци, солі сірчаної й соляний кислот. Послугами алхіміків, які нерідко були митецькими лікарями, користувалася вища знать. Уважалося також, що алхіміки володіють таємної трансмутації звичайних металів у золото.

До кінця XIV в. інтерес алхіміків до перетворення одних речовин в інші поступився місцем інтересу до виробництва міді, латуні, оцту, маслинового масла й різних ліків. В XV – XVI вв. досвід алхіміків усе частіше використовувався в гірничій справі й медицині.

1.4. Зародження сучасної хімії

Кінець середніх століть відзначений поступовим відходом від окультизму, спадом інтересу до алхімії й поширенням механістичного погляду на обладнання природи.

Ятрохімія (від грец. *Iatros* – лікар). Зовсім інших поглядів на меті алхімії дотримувався Парацельс (1493-1541). Під таким обраним їм самим іменем (“переважаючий Цельса”) увійшов в історію швейцарський лікар Пилип фон Гогенгейм. Парацельс, як і Авіценна, вважав, що основне завдання алхімії – не пошуки способів одержання золота, а виготовлення лікарських засобів. Він запозичив з алхімічних традицій вчення про те, що існують три основні частини матерії – ртуть, сірка, сіль, яким відповідають властивості летючості, горючості й твердості. Ці три елементи становлять основу макрокосму (Всесвіту) і пов'язані з мікрокосмом (людиною), утвореним духом, душею й тілом. Переходячи до визначення причин хвороб, Парацельс затверджував, що лихоманка й чума походять від надлишку в організмі сірки, при надлишку ртуті настає параліч і ін. Принцип, якого дотримувалися всі ятрохіміки, полягав у тому, що медицина є справою хімії, і все залежить від здатності лікаря виділяти чисті початки з нечистих субстанцій. У рамках цієї схеми всі функції організму зводилися до хімічних процесів, і завдання алхіміка полягало в знаходженні й приготуванні хімічних речовин для медичних потреб.

Основними представниками ятрохімічного напрямку були Ян Гельмонт (1577 – 1644), за професією лікар; Франциск Сільвій (1614 – 1672), користувався у якості медика великою славою, що й усунув з ятрохімічного навчання “духовні” начала; Андреас Лібавій (ок. 1550 – 1616), лікар з Ротенбурга. Їхні дослідження багато в чому сприяли формуванню хімії як самостійної науки.

Механістична філософія. Зі зменшенням впливу ятрохімії натурфілософи знову звернулися до (теорії) навчань прадавніх про природу. На перший план в XVII в. вийшли атомістичні (корпускулярні) погляди. Одним з найвизначніших учених – авторів корпускулярної теорії – був філософ і математик Рене Декарт. Свої погляди він виклав в 1637 г. у творі *Міркування про метод*. Декарт вважав, що всі тіла “складаються із численних дрібних часток різної форми й розмірів, які не настільки точно прилягають друг до друга, щоб навколо них не залишалось проміжків; ці проміжки не порожні, а наповнені розрідженою матерією”. Свої “маленькі часточки” Декарт не вважав атомами, тобто неподільними; він стояв на точці зору нескінченної подільності матерії й заперечував існування порожнечі. Одним з найвизначніших супротивників Декарта був французький фізик і філософ П'єр Гассенді. Атомістика Гассенді була по суті переказом навчання Епікура, однак, на відміну від останнього, Гассенді визнавав створення атомів Богом; він вважав, що Бог створив певне число неподільних і непроникних атомів, з яких і складаються усі тіла; між атомами повинна бути абсолютна порожнеча. У розвитку хімії XVII в. особлива роль належить ірландському вченому Роберту Бойлю. Бойль не ухвалював твердження прадавніх філософів, що вважали, що елементи світобудови можна встановити змоглядно; це й знайшло відображення в назві його книги *Хімік-Скептик*. Будучи прихильником експериментального підходу до визначення хімічних елементів (який в остаточному підсумку й був прийнятий), він не знав про існування реальних елементів, хоча один з них – фосфор – ледь не відкрив сам. Звичайно Бойлю приписують заслугу введення в хімію терміну “аналіз”. У своїх досвідах по якісному аналізу він застосовував різні індикатори, ввів поняття хімічної спорідненості. Бойль описав сконструйований їм повітряний насос і досліди по визначенню пружності повітря за допомогою U-образної трубки. У результаті цих дослідів був сформульований відомий закон про обернену пропорційність об'єму й тиску повітря. В 1668 Бойль став дійсним членом тільки що організованої Лондонської королівської спілки, а в 1680 був обраний її президентом.

Технічна хімія. Наукові успіхи й відкриття не могли не вплинути на технічну хімію, елементи якої можна знайти в XV – XVII вв. У середині XV в. була розроблена технологія повітродувних горнів. Потреби військової промисловості стимулювали роботи з удосконалення технології виробництва пороху. Протягом XVI в. подвоїлося виробництво золота й у дев'ять разів зросло виробництво срібла. Виходять фундаментальні праці по виробництву металів і різних матеріалів, використовуваних у будівництві, при виготовленні скла, фарбуванні тканин, для збереження харчових продуктів, вироблення шкір. З розширенням споживання спиртних напоїв удосконалюються методи перегонки, конструюються нові перегінні апарати. З'являються численні виробничі

лабораторії, насамперед металургійні. Серед хіміків-технологів того часу можна згадати Ванноччо Бірінгуччо (1480 – 1539), чия класична праця про *піротехніку* була надрукована у Венеції в 1540 році і складалася із 10 книг, у яких мова йшла про рудники, випробування мінералів, готуванні металів, перегонку, військові мистецтві й феєрверки. Інший відомий трактат, *Про гірничу справу і металургію*, був написаний Георгом Агріколою (1494 – 1555). Слід згадати також про Іоганне Глаубере (1604 – 1670), голландського хіміка, творці глауберової солі.

Питання для самоконтролю:

1. Розвиток ремісничої хімія, металургія.
2. Розвиток ремісничої хімія, скло та кераміка.
3. Розвиток ремісничої хімія, фармація і парфумерія.
4. Розвиток ремісничої хімія, фарби і техніка фарбування.
5. Вплив грецької натурфілософії на розвиток ремісничої хімії.
6. Алхімія в арабському світі.
7. Алхімія в Західній Європі. Досягнення алхімії.
8. Ятрохімія і її вплив на розвиток сучасної хімії.
9. Вплив механістичної філософії на розвиток сучасної хімії.
10. Основні досягнення технічної хімії.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ВЕЛИКІ ХІМІКИ

Лекція 2. Основні представники великих хіміків

Мета заняття: знати основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки та коротку історичну довідку про життєвий шлях великих хіміків.

План лекції:

2.1. Коротка історична довідка і основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки. Російська школа великих хіміків: Ломоносов Михайло Васильович, Менделєєв Дмитро Іванович, Зінін Микола Миколайович, Бутлеров Олександр Михайлович, Морковніков Володимир Васильович, Лебедев Сергій Васильович, Зелінський Микола Дмитрович.

2.1. Російська школа великих хіміків

ЛОМОНОСОВ Михайло Васильович (19.11.1711 – 15.04.1765)

Народився в с. Денисівка (нині с. Ломоносово Архангельської обл.). В 1731 – 1735 р.р. вчився в Слов'яно-греко-латинській академії в Москві. В 1735 г. був посланий у Петербург в академічний університет, а в 1736 г. – у Німеччину, де вчився в Марбургському університеті (1736 – 1739 р.р.) і у Фрейберзі в Школі гірничої справи (1739 – 1741 рр.). З 1745 г. – професор хімії Петербурзької АН, з 1748 г. працював у заснованій з його ініціативи Хімічної лабораторії АН. Одночасно з 1756 г. проводив дослідження на заснованому їм в Усть-Рудицях (поблизу Петербургу) скляному заводі й у домашній лабораторії.

Творча діяльність Ломоносова відрізняється як винятковою широтою інтересів, так і глибиною проникнення в таємниці природи. Його дослідження ставляться до математики, фізики, хімії, наук

про Землю, астрономію. Результати цих досліджень заклали основи сучасного природознавства. Ломоносов звернув увагу (1756 р.) на основне значення закону збереження маси речовини в хімічних реакціях; виклав (1741 – 1750 рр.) основи свого корпускулярного (атомно-молекулярного) навчання, яке получило розвиток лише через сторіччя; висунув (1744 – 1748 рр.) кінетичну теорію теплоти; обґрунтував (1747 – 1752 рр.) необхідність залучення фізики для пояснення хімічних явищ і запропонував для теоретичної частини хімії назва “фізична хімія”, а для практичної частини – “технічна хімія”.

До 1748 р. Ломоносов займався переважно фізичними дослідженнями, а в період 1748 – 1757 рр. його роботи присвячені головним чином розв'язуванню теоретичних і експериментальних питань хімії. Розбудовуючи атомістичні уявлення, він уперше висловив думку про те, що тіла складаються з “корпускул”, а ті у свою чергу з “елементів”; це відповідає сучасним уявленням про молекули й атоми.

Був зачинателем застосування математичних і фізичних методів дослідження в хімії й першим почав читати в Петербурзькій АН самостійний “курс істинно фізичної хімії”. У керованій їм хімічній лабораторії Петербурзької АН виконувалася широка програма експериментальних досліджень. Розробив точні методи зважування, застосовував об'ємні методи кількісного аналізу.

Проводячи досліди по випалу металів у запаєних посудинах, показав (1756р.), що їх вага після нагрівання не змінюється й що думка Р. Бойля про приєднання теплової матерії до металів помилкова.

Вивчав рідкий, газоподібний і твердий стану тіл. Досить точно визначив коефіцієнти розширення газів. Вивчав розчинність солей при різних температурах. Досліджував вплив електричного струму на розчини солей, установив факти зниження температури при розчиненні солей і зниження крапки замерзання розчину в порівнянні із чистим розчинником. Провів відмінність між процесом розчинення металів у кислоті, що супроводжуються хімічними змінами, і процесом розчинення солей у воді, що відбуваються без хімічних змін речовин, що розчиняються. Створив різні прилади (віскозиметр, прилад для фільтрування під вакуумом, прилад для визначення твердості, газовий барометр, пірометр, котел для дослідження речовин при низькому й високому тисках), досить точно градуював термометри.

Був творцем багатьох хімічних виробництв (неорганічних пігментів, глазурей, скла, порцеляни). Розробив технологію й рецептуру кольорового скла, яку він уживав для створення мозаїчних картин. Винайшов порцелянову масу. Займався аналізом руд, солей і інших продуктів.

У праці “Перші підстави металургії, або рудних справ” (1763 р.) розглянув властивості різних металів, дав їх класифікацію й описав способи отримання. Поряд з іншими роботами з хімії ця праця заклала основи російської хімічної мови. Розглянув питання утворення в природі різних мінералів і нерудних тіл. Висловив ідею біогенного походження гумусу ґрунту. Доводив органічне походження нафти, кам'яного вугілля, торфу й бурштину. Описав процеси одержання залізного купоросу, міді з мідного купоросу, сірки із сірчаних руд, квасців, сірчаної, азотної й соляної кислот.

Першим з російських академіків приступив до підготовки підручників з хімії й металургії (“Курс фізичної хімії”, 1754 р.; “Перші підстави металургії, або рудних справ”, 1763 р.). Йому належить заслуга створення Московського університету (1755 р.), проект і навчальна програма якого складені їм особисто. По його проекту в 1748 р. завершена будівля Хімічної лабораторії Петербурзької АН. З 1760 р. був піклувальником гімназії й університету при Петербурзькій АН. Створив основи сучасної російської літературної мови. Був поетом і художником. Написав ряд праць по історії, економіці, філології. Член ряду академії наук.

Іменем Ломоносова названі Московський університет (1940 р.), Московська Академія тонкої хімічної технології (1940 р.), місто Ломоносов. АН СРСР заснувала (1956 р.) Золоту медаль ім. М. В. Ломоносова за видатні роботи в області хімії й інших природничих наук.

МЕНДЕЛЕЄВ Дмитро Іванович (1834 – 1907) – великий росіянин учений-енциклопедист, хімік, фізик, технолог, геолог і навіть метеоролог. Менделєєв мав дивно ясне хімічне мислення, він завжди ясно представляв кінцеві цілі своєї творчої роботи: передбачення й користь. Він писав: “Найближчий предмет хімії становить вивчення однорідних речовин, з додавання яких складені всі тіла миру, перетворень їх друг у друга і явищ, що супроводжують такі перетворення”.

Менделєєв створив сучасну гідратну теорію розчинів, рівняння стану ідеального газу, розробив технологію одержання бездимного пороху, відкрив Періодичний закон і запропонував Періодичну систему хімічних елементів, написав кращий для свого часу підручник хімії.

Він був двічі одружений, у нього було троє синів і дві дочки. Його дочка Люба була заміжня за великим російським поетом О.Блоком, а сестра Менделєєва Ольга – за М.В. Басаргіним, одним з декабристів.

Сучасники говорили, що цей великий учений “створив своє життя як витвір мистецтва”.

Дмитро Іванович народився в 1834 році в Тобольську й був останньою, сімнадцятою по рахунку дитиною в родині директора Тобольської гімназії Івана Павловича Менделєєва і його дружини Марії Дмитрівни. Навчання Дмитра Менделєєва в Петербурзі в педагогічному інституті спочатку давалася нелегко. На першому курсі він умудрився по всіх предметах, крім математики, одержати незадовільні оцінки. Але на старших курсах справа пішла по-іншому – середньорічний бал Менделєєва був рівний чотирьом з половиною (з п'яти можливих). Він закінчив інститут в 1855 році із золотою медаллю, одержавши диплом старшого вчителя.

В 1867 році Менделєєв став завідувати кафедрою загальної й неорганічної хімії фізико-математичного факультету Петербурзького університету, а наприкінці року йому надали довгоочікувану університетську квартиру. У травні 1868 року в Менделєєвих народилася улюблена дочка Ольга...

Життя не завжди було прихильне до Менделєєва: були в ній і розрив з нареченою, і недобррозуміння колег, невдалий шлюб і потім розлучення... Два роки (1880 і 1881) були дуже важкими в житті Менделєєва. У грудні 1880 року Петербурзька академія наук відмовила йому в обранні академіком: “за” проголосувало дев'ять, а “проти” – десять академіків. Особливо негарну роль при цьому зіграв секретар академії такий собі Веселовський. Він відверто заявив: “Ми не прагнемо університетських. Якщо вони й краще нас, то нам все-таки їх не потрібно”.

В 1881 році на превелику жаль був розірваний шлюб Менделєєва з першою дружиною, що зовсім не розуміла чоловіка, ще й дорікала його у відсутності уваги до неї.

Улюбленим заняттям на дозвіллі в Менделєєва протягом багатьох лет було виготовлення валіз і рамок для портретів. Припаси для цих робіт він закуповував у Гостинному дворі. Одного разу, вибираючи потрібний товар, Менделєєв почув за спиною питання одного з покупців:

- “Хто цей шанований пан?”

- “Таких людей треба знати, – з повагою в голосі відповів прикажчик. – Це майстер чемоданних справ Менделєєв”.

В 1895 році Менделєєв осліп, але продовжував керувати Палатою мір і ваг. Ділові папери йому зараховували вголос, розпорядження він диктував секретареві, а вдома наосліп продовжував клеїти валізи. Професор І.В. Костенич за дві операції вилучив катаракту, і незабаром зір повернувся...

Але повернемося до 1867 року. Взимку 1867 – 1868 року Менделєєв почав писати підручник “Основи хімії” і відразу стикнувся із труднощами систематизації фактичного матеріалу. До середини лютого 1869 року, обмірковуючи структуру підручника, він поступово дійшов висновку, що властивості простих речовин (а це є форма існування хімічних елементів у вільному стані) і атомні маси елементів зв'язує якась закономірність.

Менделєєв багато чого не знав про спроби його попередників розташувати хімічні елементи по зростанню їх атомних мас і про виникаючих при цьому казусах. Наприклад, він не мав майже ніякої інформації про роботи Шанкуртуа, Ньюлендса й Мейера.

Вирішальний етап його роздумів настав 1 березня 1869 року. Удень раніше Менделєєв написав прохання про відпустку на десять днів для обстеження артільних сироварень у Тверській губернії: він одержав листа з рекомендаціями з вивчення виробництва сиру від А.І.Ходнева – одного з керівників Вільного економічного суспільства.

За сніданком Менделєєву прийшла несподівана думка: зіпставити близькі атомні маси різних хімічних елементів і їх хімічні властивості.

Недовго думаючи, на звороті листа Ходнева він записав символи *хлору* Cl і *калію* K з досить близькими атомними масами, рівними відповідно 35,5 і 39 (різниця всього в 3,5 одиниці). На тому ж листі Менделєєв накидав символи інших елементів, відшукуючи серед них подібні “парадоксальні” пари: *фтор* F і *натрій* Na, *бром* Br і *рубідій* Rb, *иод* I і *цезій* Cs, для яких відмінність мас зростає з 4,0 до 5,0, а потім і до 6,0. Менделєєв тоді не міг знати, що “невизначена зона” між явними **нemetалами** й **металами** містить елементи – **інертні гази**, відкриття яких надалі суттєво видозмінить Періодичну систему.

Після сніданку Менделєєв закрився у своєму кабінеті. Він дістав пачку візитних карток і став на їх зворотній стороні писати символи елементів і їх головні хімічні властивості.

Через деякий час домочадці почули, як з кабінету стало доноситися: “В-В-В! Рогата. Ух, яка рогата! Я тих здолаю. Уб'ю-В!”. Ці вигуки означали, що в Дмитра Івановича настало творче натхнення.

Менделєєв перекладав картки з одного горизонтального ряду в інший, керуючись значеннями атомної маси й властивостями простих речовин, утворених атомами того самого елемента. У який раз на допомогу йому прийшло доскональне знання неорганічної хімії. Поступово почав вимальовуватися вигляд майбутньої Періодичної системи хімічних елементів. Дмитро Іванович прийшов до остаточного висновку, що елементи, розташовані по зростанню їх атомних мас, виявляють явну періодичність фізичних і хімічних властивостей.

Протягом усього дня Менделєєв працював над системою елементів. Увечері 1 березня 1869 року він набіло переписав складену їм таблицю й за назвою “Досвід системи елементів, заснованої на їхній атомній вазі й хімічній подібності” послав її в друкарню.

ЗІНІН Микола Миколайович (25.08.1812 – 18.02.1880)

Російський хімік – органік, з 1865 р. академік Петербурзької АН. Народився в Шуше (Нагорний Карабах). В 1833 р. закінчив Казанський університет. Після чого працював там же, а з 1837 р. – у лабораторіях і на заводах у Німеччині, Франції, Англії.

З 1841 – 1848 рр. – професор Казанського університету, з 1848 р. працює професором у Медико-хірургічній академії Петербурга.

Наукові дослідження присвячені органічній хімії. Вивчав хімічну природу речовин методами окиснення й відновлення. Показав, що аміни – речовини, здатні утворювати солі з різними кислотами. Вивчав реакції утвору й перетворення похідних сечовини; відкрив уреїди. Досліджував похідні радикала аліла, синтезував аліловий спирт.

Разом з Л.Л. Воскресенським є засновником великої школи російських хіміків. У числі його учнів були Л.М. Бутлеров, Н.Н. Бекетов, А.П. Бородін і ін.

Один з організаторів Російського фізико-хімічного суспільства й перший його президент (1868 – 1877 рр.).

В 1880 г. це суспільство заснувало премію ім. Н. Н. Зініна й А. А. Воскресенського.

БУТЛЕРОВ Олександр Михайлович (1828 – 1886) народився у вересні 1828 року в місті Чистополі Казанської губернії. В 1844 році він поступив до Казанського університету. До занять хімією Бутлерова залучив Микола Миколайович Зінін, який читав курс органічній хімії й під керівництвом якого проводилися практичні заняття в лабораторії. Незабаром Зінін переїхав у Петербург, а початківець учений залишився без керівника.

Очевидно, повна воля й відсутність гнітючого впливу авторитетів створили сприятливі умови для формування майбутнього талановитого хіміка. Результати не змусили себе довго чекати.

В 1851 році Бутлеров захистив у Казанському університеті магістерську дисертацію “ Про окиснення органічних сполук”, а в 1854 році вже в Московському університеті – докторську дисертацію “ Про ефірні масла”. Через чотири роки молодий Бутлеров виступив на засіданні Паризького хімічного суспільства з доповіддю “ Про конституцію тіл взагалі”, який був зустрінутий з більшим інтересом і привернув увагу наукової громадськості.

У шістдесятих роках XIX сторіччя Бутлеров працював у хімічній лабораторії Казанського університету. Ці роки були ознаменовані блискучими синтетичними роботами вченого. Він одержав уротропін з полімеру формальдегіду й аміаку, уперше виділив “метиленитан” – цукриста речовина сполуки $C_6H_{12}O_6$. За словами німецького хіміка Еміля Фішера “ Серед усіх штучних сахароподібних продуктів, про яких література повідомляла до 1887 року, тільки один витримав перевірку часом. Це цукровий сироп, отриманий О.М. Бутлеровим”.

Колосальне значення має бутлерівська теорія хімічної будови. 19 вересня 1861 року Олександр Михайлович виступив на 36-м з'їзді німецьких лікарів і натуралістів у місті Шпейер з доповіддю “Про хімічну будову речовини”. Бутлеров сказав, що “хімічна натура складної частки визначається природою елементарних складових частин, кількістю їх і хімічною будовою. Кожний хімічний атом, що входить до складу тіла, бере участь в утворі цього останнього й діє тут певним кількістю приналежної йому хімічної сили (спорідненості)”.

На підставі своєї теорії хімічної будови Бутлерову вдалося пояснити теоретично й підтвердити експериментальним шляхом явище ізомерії, а для вуглеводнів і спиртів – передбачити нові види ізомерії.

В 1868 році, за поданням Менделєєва, Бутлеров був вибраний професором на кафедру органічної хімії в Петербурзькому університеті, де він працював до 1885 року. Через шість років Бутлеров був вибраний академіком Петербурзької академії наук.

Умер Олександр Михайлович в 1886 році, не доживши декількох днів до свого п'ятидесятивосьмиліття.

Бутлеров створив школу російських хіміків, у яку входили В.В. Марковников, А.М. Зайцев, Е.Е. Вагнер, А.Е. Фаворський, І.Л. Кондаков і ін. Активно боровся за визнання Петербурзької АН заслуг росіян учених. Був поборником вищої освіти для жінок.

Цікавився також питаннями сільського господарства: займався садівництвом, бджільництвом, розведенням чаю на Кавказі. Був головою Відділення хімії Російського фізико-хімічного суспільства (1878 – 1882 рр.). Був почесним членом багатьох наукових суспільств.

МАРКОВНИКОВ Володимир Васильович (25.12.1837 – 11.02.1904 г.)

Російський хімік – органік. Народився в Княгиніні (нині Горьківської обл.). Закінчив Казанський університет (1860 г.) і за поданням О.М. Бутлерова залишений при університеті лаборантом. В 1865 – 1867 рр. з метою підготовки до професорської діяльності перебував у відрядженні в Берліні, Мюнхені, Лейпцизі, де працював у лабораторіях А. Байера, Р. Эрленмейера й А. Кольбе. В 1867 – 1871 рр. викладав у Казанському університеті (з 1869 – професор), в 1871 – 1873 рр. – у Новоросійськом університеті, в 1873 – 1904 рр. – у Московському університеті.

Наукові дослідження присвячені теоретичній органічній хімії, органічному синтезу й нафтохімії. Одержав (1862 – 1867 рр.) нові дані про ізомерію спиртів і жирних кислот, відкрив оксиди ряду олефінових вуглеводнів, уперше синтезував галоген- і оксопохідні ізомерів масляної кислоти. Результати цих досліджень послужили основою його вчення про взаємний вплив атомів як головному змісті теорії хімічної будови.

Сформулював (1869 г.) правила про напрямок реакцій заміщення, відщиплення, приєднання по подвійному зв'язкові й ізомеризації залежно від хімічної будови (**правила Марковникова**). Показав

особливості подвійних і потрійних зв'язків у неграничних сполуках, що полягають у великій міцності їх стосовно одинарних зв'язків, але не в еквівалентності двом і трьом простим зв'язкам.

В 1880 м. Володимир Васильович досліджував сполуки нафти, заклавши основи нафтохімії як самостійної науки. В 1883 г. Відкрив новий клас органічних речовин – нафтени. Уперше вивчив перехід нафтенів в ароматичні вуглеводні. Увів багато нових експериментальних приймань аналізу й синтезу органічних речовин. Був одним із засновників Російського фізико-хімічного суспільства (1868 г.).

ЛЕБЕДЄВ Сергій Васильович (25.08.1874 – 02.05.1934)

Народився в г. Любліно. В 1900 р. закінчив Петербурзький університет, після чого працював на Петербурзькому жировому заводі й в Інституті інженерів шляхів сполучення. З 1916 р. – професор Військово-медичної академії в Петрограді (С. – Петербургові) і одночасно керівник організованої їм (1925 р.) лабораторії нафти в Ленінградському університеті, керівником якої він залишався до кінця життя.

Основні наукові дослідження присвячені полімеризації, ізомеризації й гідрогенізації *неорганічних* сполук. Уперше досліджував (1908 – 1913 рр.) кінетику й механізм термічної полімеризації дієнових вуглеводнів, установив умови роздільного одержання циклічних дімерів ряду циклогексану, з одного боку, і полімерів, з іншої; визначив залежність полімеризації від структури вихідних вуглеводнів.

Сергій Васильович уперше одержав (1910 р.) зразок синтетичного бутадієнового каучуку. Його книга “Дослідження в області полімеризації дуетиленових вуглеводнів” (1913 р.) згодом стала науковою основою промислового синтезу каучуку. З 1914 р. він почав роботи з вивчення полімеризації етиленових вуглеводнів, які лягли в основу сучасних промислових методів. Розробив (1926 – 1928 рр.) одностадійний промисловий спосіб одержання бутадієну з етилового спирту шляхом сполученої каталітичної реакції дегідрогенізації й дегідратації на змішаному цинкалюмінієвом каталізаторі. В 1928 р. Лебедев одержав синтетичний каучук полімеризацією бутадієну під дією металевого натрію. На основі цього каучуку розробив (1930 р.) методи одержання гуми й гумовотехнічних виробів.

З 1932 р. по способу академіка Лебедева в СРСР почала створюватися промисловість синтетичного каучуку. Він розробив способи одержання з нафтових фракцій загусників мастил, використовуваних у виробництві високов'язких змащень для авіаційних двигунів. В 1945 р. Всесоюзному НДІ синтетичного каучуку привласнене ім'я С.В. Лебедева.

ЗЕЛІНСЬКИЙ Микола Дмитрович (6.02.1861 – 31.07.1953) – радянський хімік-органік, академік з 1929 р. Народився в м. Тирасполі. В 1884 г. закінчив Новоросійський університет в Одесі. З 1885 г. удосконалював свої знання у Німеччині: у Лейпцігському й Геттингенському університетах. В 1888 – 1892 рр. працював у Новоросійському університеті.

З 1893 г. – професор Московського університету, який залишив в 1911 р. у знак протесту проти реакційної політики царського уряду. З 1911 р. Микола Дмитрович працює директором Центральної хімічної лабораторії міністерства фінансів, з 1917 р. – знову в Московському університеті. А с 1935 р. трудиться в Інституті органічної хімії АН СРСР, одним з організаторів якого він був.

Наукові дослідження ставляться до декільком областям органічної хімії – хімії аліциклічних сполук, хімії гетероциклів, органічному каталізу, хімії білка й амінокислот.

Спочатку Зелінський займався дослідженням ізомерії похідних тіофену й одержав ряд його гомологів. Досліджуючи стереоізомерію граничних аліфатичних дікарбонових кислот, знайшов способи одержання з них циклічних п'яти- і шестичленних кетонів, з яких у свою чергу одержав велику кількість гомологів циклопентану й циклогексану. Синтезував численні вуглеводні, що містять від 3 до 9 атомів вуглецю в кільці, що послужило основою штучного моделювання нафти й

нафтових фракцій. Поклав початок ряду напрямків, пов'язаних з вивченням взаємних перетворень вуглеводнів.

В 1916 р. разом з інженером А. Кумантом створив протигаз. Є одним з основоположників вчення про органічний каталіз. Висунув ідеї про деформацію молекул реагентів у процесі адсорбції на твердих каталізаторах. Спільно зі своїми учнями відкрив реакції селективного каталітичного гідрогеноліза циклопентанових вуглеводнів, численні реакції ізомеризації, у тому числі взаємні перетворення циклів у напрямку, як їх звуження, так і розширення.

Експериментально довів утворення метиленових радикалів як проміжних сполук у процесах органічного каталізу. Зелінський вніс істотний вклад у розв'язок проблеми походження нафти. Був прихильником теорії органічного походження нафти.

Проводив також дослідження в області хімії амінокислот і білка. Відкрив (1906 р.) реакцію одержання альфа-амінокислот з альдегідів або кетонів дією суміші ціаністого калію із хлористим амонієм і наступним гідролізом, що утворюються альфа-амінонитрилів. Синтезував ряд амінокислот і оксиамінокислот. Розробив методи одержання ефірів амінокислот з їхніх сумішей, що утворюються при гідролізі білкових тіл, а також способи поділу продуктів реакції. Створив велику школу хіміків-органіків, у яку ввійшли Л.Н. Несмеянов, Б.А. Казанський, А.А. Баландін, Н.І. Шуйкин, А.Ф. Плате і ін.

Один з організаторів Всесоюзного хімічного суспільства ім. Д.І. Менделєєва і його почесний член з 1941 р. Герой Соціалістичної Праці. Номінант премії ім. В.І. Леніна, і Державної премії СРСР.

Ім'я Зелінського було названо (1953 р.) Інститут органічної хімії АН СРСР.

Питання для самоконтролю:

1. Основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки. Ломоносов М.В., Меделєєв Д.І.
2. Основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки. Зінін М.М., Бутлеров О.М.
3. Основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки. Морковніков В.В., Лебедев С.В.
4. Основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки. Зелінський М.Д.

Лекція 3. Основні представники великих хіміків

Мета заняття: знати основні наукові досягнення і вклад у розвиток хімії як науки та коротку історичну довідку про життєвий шлях великих хіміків.

План лекції:

3.1. Коротка історична довідка і основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки. Українська школа великих хіміків: Кучер Роман Володимирович, Яцимирський Константин Борисович, Пилипенко Анатолій Терентійович, Горбачевський Іван Якович, Вернадський Володимир Іванович.

3.1. Українська школа великих хіміків

Роман Володимирович Кучер (12.03.1925 – 24.09.1991)



Роман Володимирович Кучер народився 12 березня 1925 у Львові в родині відомого фізика – доктора філософії Віденського університету, професора гімназії, члена НОШ Володимира Кучерів, що й відбилося на формуванні його світогляду. Домашня бібліотека, розмови з батьком, неповторність історичного Львова сприяли прагненню глибокого пізнання й осмислення життя в його різних проявах. Допитливість і талант юнаки виявилися вже під час навчання в українській академічній гімназії.

В 1942 – 1944 рр. вчився у Львівському політехнічному інституті на «технічних курсах», а потім – на хімічному факультеті Львівського університету імені Івана Франко, який в 1947 році він з відмінністю закінчив і в якому залишився працювати.

Педагогічна діяльність Р. Кучера почалася майже відразу після закінчення університету. Спочатку асистент, а вже з 1952 (після захисту кандидатської дисертації на тему “Дослідження величини й форми міцел деяких сульфурованих емульгаторів у зв'язку із застосуванням їх у процесах полімеризації вуглеводнів в емульсіях”) він доцент кафедри фізичної й колоїдної хімії. Він мав високу майстерність лектора, завжди сумлінно готувався до зустрічі з аудиторією, і заняття проходили цікаво, а навіть весело. Разом з ним завжди працювали й студенти-гуртківці, захоплено опановуючи елементами наукових досліджень. Почуття власної гідності, глибока ерудиція по різних питаннях науки й життя творили ґрунт його незмінної доброзичливості й уваги до людей.

В 1962 році Р.В. Кучер були призначені керівником лабораторії Мінхімпрома СРСР у місті Бориславі Львівської області. Після захисту в 1964 році докторської дисертації на тему “Фізико-хімічне дослідження процесу рідинно-фазового окиснення алкіл-ароматичних вуглеводнів” Р. Кучер очолив кафедру фізичної й колоїдної хімії Львівського університету імені Івана Франко. В 1965 році йому присвоєно звання професора. У цьому ж році вчений був вибраний членом-кореспондентом АН УРСР і з 1966 року очолив організований їм у Донецьку відділ радикальних процесів Донецького відділення фізико-органічної хімії Інституту фізичної хімії АН УРСР, яке в 1975 році було перетворено в Інститут фізико-органічної хімії й вуглехімії АН УРСР. В 1972 році Роман Кучер обраний академіком АН УРСР. Науково-дослідну роботу вчений успішно поєднує з педагогічною, управляючи кафедрою фізичної хімії в Донецьком університеті. В 1980 році Роман Володимирович вертається у Львів і до 1982 року завідує кафедрою технології нафти й нафтохімічного синтезу

Львівського політехнічного інституту. З 1982 року академік Кучер очолює Інститут геології й геохімії горючих копалин АН УРСР, а також відділ хімії органічних мінералів цього ж інституту.

Наукова творчість Р.В. Кучер зародилася ще в студентські роки: уже тоді разом з Т.М. Полонським він досліджував адсорбцію львівських бентонітів. Потім під керівництвом А.І. Юрженко захопився фізико-хімією поверхнево-активних сполук, яка залишилася в колі його інтересів протягом усієї подальшої наукової роботи. Наприклад, це процеси емульсійної полімеризації (з 1952 р.) і окиснення вуглеводнів в емульсіях (з 1956 р.), де сполучалися його теоретичні знання про кінетику радикальних реакцій і закономірності процесів у мікрогетерогенних системах у присутності емульгаторів. Ці роботи тривали й надалі, не втрачаючи актуальності, як у теоретичному, так і практичному аспектах. Важливим і цікавим у цих роботах є те, що їх результати зіставлені з кінетикою реакції полімеризації й окиснення вуглеводнів в емульсіях, що не мають прямого практичне значення для подальшого вдосконалювання промислових процесів. На основі цих досліджень ученим були сформульовані оригінальні висновки про топохімію протікання хімічних реакцій в емульсійних системах. В 1953 році Роман Кучер у Львівському університеті почав систематичні дослідження кінетики й механізму процесів рідинно-фазового окиснення органічних сполук. У результаті цих досліджень установлений ряд закономірностей окиснення алкілароматичних вуглеводнів, що мають фундаментальне значення для інтерпретації таких реакцій, а також були використані при розробці нових і вдосконалюванні існуючих хіміко-технологічних процесів, наприклад, кумольно-фенольний синтез. Вагомим внеском у науку є відкриття академіком Кучером на основі теорії ланцюгових процесів кінетичного закону нагромадження проміжного продукту, що утворюється при молекулярним, а вичерпується за ланцюговим механізмом у ході ланцюговий вироджено-розгалуженої реакції при введенні сильного інгібітору. Найбільш плідним і багатогранною стала діяльність ученого починаючи з 1964 року. У цей період аж до 1980 року необхідно відзначити роботи із систематичного дослідження кінетики й механізму процесів рідинно-фазового окиснення н-олефінових вуглеводнів. Романом Володимировичем і його учнями проводилися надзвичайно цікаві, з наукового погляду, дослідження реакційної здатності вільних радикалів і молекул у гомолітичних реакціях, зв'язане зі структурою реагуючих часток. Дослідження виконувалися із застосуванням сучасного прецизійного експериментального встаткування й методів квантової хімії. Отримані результати лягли в основу розуміння природи складних процесів перетворення як індивідуальних органічних сполук, так і їх сумішей. Новий напрямок створений Романом Володимировичем Кучером на грані фізичної хімії й мікробіології дозволив одержати й впровадити у виробництво практичні рекомендації для інтенсифікації процесу мікробіологічного окиснення парафінів. За цикл робіт “Дослідження процесів радикально-ланцюгового й ферментативного окиснення вуглеводнів в емульсіях” ученому присуджена в 1975 році іменна премія АН Української РСР імені Л.В. Писаржевського.

Яцимирський Константин Борисович (1916 – 2005)



Костянтин Борисович Яцимирський – видатний вітчизняний учений в області фізико-неорганічної, аналітичної й неорганічної хімії, академік НАН України, лауреат Державної премії України, премії АН СРСР ім. Л.А. Чугаєва й премії НАН України ім. Л.В. Писаржевського, нагороджений Золотою медаллю ім. Я. Гейровського Чехословацької АН. Він є автором більш 1000 наукових праць, у тому числі 24 монографій і підручників. К.Б. Яцимирський – засновник і голова вітчизняної школи з фізико-неорганічної хімії, серед його учнів 16 докторів і 55 кандидатів наук.

Костянтин Яцимирський народився 4 квітня 1916 року в с. Пологи Тепликського району Вінницької області в родині вчителя. В 1931, закінчивши семирічну школу в м. Черкаси, він робив у Черкаський лісового технікуму, а потім перевівся до Чугуєво-Бабчанського лісового технікуму. По закінченню навчання К. Яцимирського призначили помічником лісничого в Малиновському лісництві під Чугуїв. Він любив займатися лісовими справами, але не адміністративними й фінансовими. А потім Костянтин Яцимирський зрозумів, що йому потрібно вибирати інший шлях, пов'язану з викладацькою або науково-дослідною роботою. Після переписки зі своїми колегами в Ташкенті – вихідцями з України, К. Яцимирський переїхав в Узбекистан займатися гірським лісівництвом. Він потрапив у дружний колектив, але робота не зовсім відповідала його нетерплячому характеру. Костянтин знову згадав про хімію, якої він так захоплювався ще в школі.

В 1936 .Б.Яцимирський вступив до Середньоазіатського державного університету (м. Ташкент) на хімічний факультет. Вчився він на “відмінно”. Уже на другому курсі займався науково-дослідною роботою на кафедрі органічної хімії, а на третьому – захопився оригінальною теорією кислот відомого хіміка М. Усанович. Отримані дані він узагальнив у своїй дипломній роботі, а пізніше – використовував у кандидатській дисертації, яку захистив в 1941 р.

У роки війни К. Яцимирський служив викладачем військово-хімічної справи в Подільському піхотному училищі в м. Івану. Навіть у цей важкий час учений продовжував наукову працю. Їм були здійснені теоретичні дослідження в області термодинаміки гідратації іонів і енергії решітки комплексних солей, які стали в майбутньому фундаментом для введення в хімію поняття про термохімічні радіуси, розраховані К.Б. Яцимирського.

З 1945 по 1961 наукова й педагогічна діяльність К.Б. Яцимирського була пов'язана з Івановським хіміко-технологічним інститутом, де він пройшов шлях від асистента до заступника директора.

К.Б. Яцимирський виконував піонерські дослідження в перспективній, але практично не вивченої на той час області фізико-неорганічної хімії – термохімії комплексних сполук. Результати цього циклу робіт узагальнені К.Б. Яцимирського в монографії “Термохімія комплексних сполук”, яка була першою у світі фундаментальною працею в цій області. Отримані термохімічні характеристики процесів комплексотворення, їхній аналіз і узагальнення стали основою дисертації на здобуття наукового ступеня доктори хімічних наук, яку К.Б. Яцимирський захистив в 1948 р.

В 1951 рр. вчений побував на всесоюзній конференції в Києві й відчув непереборне бажання повернутися на рідну землю. В 1961 р. К.Б. Яцимирського був обраний членом-кореспондентом АН УРСР, а через рік він переїхав у Київ, де працював завідувачем відділу хімії комплексних сполук Інституту загальної й неорганічної хімії АН УРСР. З 1964 Костянтина Борисовича було обрано академіком АН УРСР. З 1969 по 1982 рр. професор К. Яцимирський очолював Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського АН УРСР, продовжував наукову працю. Він сформулював основні

положення, завдання фізико-неорганічної хімії, проводив фундаментальні дослідження. В 70-х роках учений почав дослідження в області неорганічної хімії – науки про біологічні функції металів, будова й функції активних центрів металовмісних природних молекул. Зараз академік К. Яцимирський вивчає прояву релятивістського ефекту в хімії й пояснює з позицій цього феномена багато властивостей важких атомів.

Наукові праці К. Б. Яцимирського відомі далеко за межами України. Він є засновником і видатним лідером вітчизняної школи фізико-неорганічної хімії.

Пилипенко Анатолій Терентійович (1914 – 1993)



Усе своє життя присвятив науці Анатолій Терентійович Пилипенко – академік НАН України, доктор хімічних наук, професор, заслужений діяч науки й техніки України, лауреат Державної премії України, відомий учений в області аналітичної хімії й хімії комплексних сполук. Роботи А. Пилипенко й очолюваної їм школи хіміків-аналітиків сприяли тому, що Україна зайняла одне із провідних місць в області спектрофотометричних, люмінесцентних і інших методів аналізу.

У колі постійних інтересів Анатолія Терентійовича перебували проблеми захисту водного басейну України від забруднення техногенними відходами. Учений займався такими важливими проблемами, як створення замкнених циклів водопостачання в промисловості, розробка технології комплексної переробки шахтних вод.

Роботи А. Пилипенко й очолювана їм школа хіміків-аналітиків сприяли тому, що Україна зайняла одне із провідних місць в області спектрофотометричних, люмінесцентних і інших методів аналізу.

У колі постійних інтересів Анатолія Терентійовича перебували проблеми захисту водного басейну України від забруднення техногенними відходами ... Учений займався такими важливими проблемами, як створення замкнених циклів водопостачання в промисловості, розробка технології комплексної переробки шахтних вод.

Анатолій Терентійович Пилипенко народився 3 травня 1914 у с. Шевченково (колишня Кирилівка) Звенигородського району Черкаської області в селянській родині. Після навчання в школі 1931 зробив на хімічний факультет Київського політехнічного інституту, успішно закінчив його й 1936 початків вчитися в аспірантурі на кафедрі аналітичної хімії. І вже через три роки йому був присуджений учений ступінь кандидата хімічних наук.

З 1939 року учений працював у Київському технологічному інституті силікатів. Його наукова діяльність була перервана через хворобу, а в 1944 він добровольцем пішов на фронт.

Свою наукову діяльність у післявоєнні роки Анатолій Терентійович продовжив на кафедрі аналітичної хімії Київського державного університету ім. Т. Шевченка, керівником якої був академік А. Бабка – талановитий учений, що створив в Україні більшу школу хіміків аналітиків. Захистивши в 1960 докторську дисертацію, А. Т. Пилипенко став професором цієї кафедри.

В 1968 рр. Учені очолив відділ теоретичної хімії в Інституті загальної й неорганічної хімії АН УРСР, а в наступному році він був вибраний членом-кореспондентом АН УРСР.

З 1976 А. Пилипенко – директор Інституту колоїдної хімії й хімії води ім. А. Уманського АН УРСР і завідувач відділу аналітичної хімії інституту. У цьому ж році він став академіком АН УРСР.

А.Т. Пилипенко віддав багато сил і енергії науковій і науково-організаційній роботі в галузі охорони й раціонального використання водних ресурсів. До кінця життя він керував виконанням аналітичної частини державних програм “Чиста вода” і “Питна вода”, брав активну участь у ліквідації наслідків Чорнобильської трагедії, багато раз бував у Прип'яті, вирішував пекучі питання, пов'язані з очищенням води.

У творчості А.Т. Пилипенко – більш 1000 робіт. Він автор і співавтор 19 монографій, підручників, довідників. Під керівництвом ученого були успішно захищено 69 кандидатських і 5 докторських дисертацій. Його учні працюють у багатьох установах нашої країни й за її межами. Завдяки зусиллям професора А. Пилипенко в 1979 створений журнал “Хімія й технологія води”. Також він був членом редколегій інших наукових журналів, по його підручниках вчилися й продовжує вчитися не одне покоління студентів хімічного й біохімічного факультетів.

Професор А. Пилипенко був людиною суворим і вимогливим, недосяжним прикладом працьовитості й працездатності: умер учений, працюючи над монографією.

Горбачевський Іван Якович (1854 – 1942)



Серед дійсних членів НОШ був геніальний український учений-хімік і біохімік Іван Горбачевський (1854-1942). І. Горбачевський синтезував і досліджував сечову кислоту, добув її штучно й установив роль сечової кислоти в живих організмах. Ці дослідження мали велике значення для вивчення біохімічних процесів уремії й значний вплив на розвиток клінічної медицини. І. Горбачевський виразив думку про амінокислотну сполуку білків. Праці І. Горбачевського присвячені також гігієні, епідеміології й судовій медицині. Більші заслуги його в розробці української хімічної й медичної термінології. Він видав на українському й чеському мовах підручники з хімії.

2004 рік ЮНЕСКО визнало роком академіка Івана Яковича Горбачевського. Ім'я цього видатного українському в радянські часи було мале відомо навіть у Галичині – його батьківщині. 60 років І. Горбачевський жив і працював за межами України, але залишився вірний їй. Тепер його ім'я вертається на рідну землю.

Ім'я великого вченого й патріота носить Тернопільська державна медична академія, а студенти, які мають більші успіхи в навчанні, одержують стипендію ім. Івана Горбачевського. В Україні відзначалося 150-річниця його дня народження.

Народився майбутній учений 1854 року в селі Зарубінці (нині Кременецький район Тернопільської області) у родині священика. Закінчивши 1872 Тернопільську гімназію, Іван поїхав отримувати медичну освіту у Відень. В 1875 він закінчив медичний факультет Віденського університету й у цій же закладі почав свою викладацьку діяльність. Згодом місцем його роботи стає Інститут лікарської хімії. Тут Іван Якович почав цілеспрямовані дослідження над синтезом сечової кислоти, які привели його до відкриття світового значення. Відкриття Івана Горбачевського дозволило встановити джерела й шляху утвору сечової кислоти в живому організмі, проявляючи її складові. Згодом це дозволить зробити діючий метод діагностування захворювань.

Після такого наукового успіху 29-літнього асистента запросили на посаду професора медичного факультету Празького університету. Тут І. Я. Горбачевський продовжує дослідити, початі у Відню. Йому належить ідея гідролізного розщеплення нуклеїнових кислот, відділення сечової кислоти від ксантину й гуаніну. Значення цих досліджень Івана Яковича можна повною мірою оцінити тільки під сучасну пору, коли пильне й всебічне вивчення подвійної спіралі життя наближає нас до розкриття таємниць механізму відтворення й реалізації генетичної інформації на молекулярному рівні. Учений одним з перших виділив у чистому виді амінокислоти й показав, що вони є «будівельними цеглинками» білків.

І. Горбачевський був не тільки відомим ученим, дослідником, але й державним діячем – довічним членом палати австрійського парламенту. Йому призначено було стати першим міністром охорони здоров'я в Європі. Таке відомство було спочатку організоване в Австро-Угорській імперії.

В 1921 р. І. Горбачевський став професором кафедри хімії тільки що створеного у Відню Українського вільного університету, а через два роки - ректором такого ж закладу в Празі. Одночасно вчений був одним із засновників і професорів Української господарської академії в Подебрадах.

Учений ніколи не забував про свою Родину. В 1924 він підготував кілька підручників по хімії: «Неорганічна хімія», «Органічна хімія», «Фізіологічна хімія», які були написані на чеському й українському мовах.

Ще навчаючись у Віденському університеті, Іван Горбачевський познайомився зі своїм земляком Іваном Пулюєм. Вони стали побратимами й однодумцями на все життя. Професори-тернопольчане заснували в Празі студентську земляцтво – Українська академічна громада, де читали студентам лекції, фінансували бідних студентів. 6 квітня 1925 р. І. Горбачевського було обрано академіком ВУАН за фахом «біохімія». Він був також дійсним і почесним членом Наукового суспільства ім. Т. Шевченко, приклав більші зусилля для створення й становлення Українського лікарського суспільства при ньому був його першим почесним головою.

І. Горбачевський є автором майже п'ятдесяти наукових праць, значна частина яких не втратила свого наукового значення до наших днів.

У травні 1942 р. І. Горбачевський помер і похований у Празі.

Вернадський Володимир Іванович (1863 – 1945)



Народився Володимир Іванович Вернадський 12 березня 1863 року. Закінчив фізико-математичний факультет Петербурзького університету. В 1917 – 1921 рр. Працював в Україні, організатор і перший президент Української Академії наук, почесний академік ряду закордонних академій. Наукові праці присвячені дослідженню хімічного складу земної кори, атмосфери, гідросфери, міграції хімічних елементів у земній корі, ролі й значення радіоактивних елементів у її еволюції. Російський мінералог, кристалограф, геолог, геохімік, історик і організатор науки, філософ, суспільний діяч. Батько історика Г.В. Вернадського. Народився в Петербургові. Дитинство майбутнього вченого пройшло на Україні.

В 1876 р. родина повернулася в Петербург. Зробив на фізико-математичне відділення Петербурзького університету, де його вчителем став основоположник ґрунтознавства В.В. Докучаєв.

В 1885 р. захистив дисертацію на ступінь кандидата й за пропозицією Докучаєва став співробітником мінералогічного кабінету при університеті.

В 1888 р. Вернадський був відряджений у Європу, стажувався в Мюнхені й Парижу.

З 1890 по 1898 рр. читав лекції й займався зі студентами в якості приват-доцента Московського університету. Розбудовуючи теорію генезису мінералів. В 1891 г захистив магістерську дисертацію. У наступному році вийшов його “Курс кристалографії”.

Багато їздив по Центральній і Східній Європі й Росії, проводячи геологічні вишукування В 1897 р. захистив докторську дисертацію по кристалографії “Явища ковзання кристалічної речовини”.

Був вибраний професором Московського університету. В 1906 р. Вернадський був завідувачем Мінералогічного музею, а в 1908 р. став екстраординарним академіком Російської Академії наук у Петербургові. Жив попеременно в Петербургові й Москві.

У грудні 1909 р. виступив на XII з'їзді натуралістів і лікарів з доповіддю “Парагенезис хімічних елементів у земній корі”, що поклали початок науці геохімії, яка, у розумінні Вернадського, повинна була стати історією “земних атомів”.

У березні 1912 р. Вернадський був вибраний ординарним академіком Російської Академії наук, в 1914 р. став директором Геологічного й Мінералогічного музею Академії наук у Петербургові. В 1915 р. виступив у якості засновника й голови Комісії з вивчення природних продуктивних сил (КЕПС), створеної для координації розвитку гірничорудної промисловості. Комісія приступилася до видання “Праць”, що містили великий матеріал по сировинних ресурсах Росії.

Вернадський брав активну участь у суспільному житті Росії кінця XIX – початку XX в., входив у земське й конституційно-демократичне рухи, разом з П.Б. Струве, Н.А. Бердяєвим і ін. заснував “Союз Звільнення”.

Після подій лютого 1917 р. був призначений головою вченого комітету Міністерства землеробства й вибраний професором Московського університету. У листопаді 1917 р. змушений був зникнути й виїхав у Полтаву.

У Києву в 1918 р. при гетьманові П.Л. Скоропадському Вернадський зайнявся організацією Академії наук України, був вибраний її президентом. Займався також формуванням академічної бібліотеки.

Після приходу більшовиків був запрошений на посаду професора мінералогії Тавричного університету в Сімферополі, у вересні 1920 г став його ректором. Зустрічався з П.Н. Врангелем, просив про сприяння університету. Згодом одержав можливість займатися науковою працею в Радянському Союзі.

Прийнявши запрошення Паризького університету, на початку літа 1922 р. виїхав тичині із дружиною й дочкою через Прагу (де залишилася вчитися дочка) у Париж. Читав лекції в Сорбоні, випустив французькою мовою книгу “Геохімія”.

Працював у лабораторії М. Складовської-Кюрі. У березні 1926 г повернувся в Ленінград на настійну вимогу свого учня А.Е. Ферсмана й президента Академії наук С.Ф. Ольденбурга. Опираючись на Ольденбурга, Вернадський виступив з ініціативою відновлення Комісії з історії знань, знову став директором Радієвого інституту й главою КЕПС. При КЕПСі їм був організований Відділ живої речовини, а потім Біогеохімічна лабораторія (БИОГЕЛ) (1928 р.).

Наприкінці 1926 р. вийшла у світл праця вченого “Біосфера”, в 1940 р. – “Біогеохімічні нариси”.

Наприкінці 1930-х р. м. Вернадський очолював Комітет з метеоритів і космічного пилу, Комісію з ізотопів, брав участь у роботі Міжнародного комітету з геологічного часу й ін. У червні 1940 р. ініціював створення Комісії з урану й тим самим фактично поклав початок ядерному проекту в СРСР.

В 1944 р. вийшло у світ остання праця ученого “Декілька слів про ноосферу”. Умер Вернадський у Москві 6 січня 1945 р.

Питання для самоконтролю:

1. Основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки. Кучер Р.В., Яцимирський К.Б.
2. Основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки. Пилипенко А.Т., Горбачеський І.Я.
3. Основні наукові досягнення та вклад у розвиток хімії як науки. Вернадський В.І.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ І СТАНОВЛЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ “ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Лекція 4. Національний університету “Одеська політехніка”

Мета заняття: знати історію створення та становлення національного університету “Одеська політехніка”, основні наукові досягнення і вклад у розвиток науково-технічного персоналу та економіки України.

План лекції:

- 4.1. Коротка історична довідка про місто Одесу
- 4.2. Історія створення Національного університету “Одеська політехніка”
- 4.3. Структура Національного університету “Одеська політехніка”
- 4.4. Основні наукові досягнення та вклад у підготовку та розвиток науково-технічного персоналу та економіку України
- 4.5. Історія створення та становлення науково-навчального інституту хімічних технологій та фармації
- 4.6. Загальні положення, поняття академічної доброчесності Національного університету “Одеська політехніка”

Місто Одеса розташований на території Північно-Західного Причорномор'я. Люди тут селилися ще із часів палеоліту й неоліту. Дві тисячі років тому тут жили скіфи, кімерійці й сармати, а також предки прадавніх слов'ян. Потім починається епоха античної цивілізації, коли греки, а потім римляни співіснували тут поруч із варварськими племенами аж до IV в. нової ери.

З IX по XV століття нашої ери тут панують печеніги, половці й татари. В історії Одеси в часи Золотої Орди тут з'являється генуезька факторія Джинестра, що торгувала з кочівниками. Після розпаду Золотої Орди на узбережжі одеської затоки приходять Перекопська Орда, керує якої Хаджі-Бий. На короткий час – рубіж XIV – XV вв. – ці землі переходять під владу Великого Князівства

Литовського, при якій виникає поселення Качибей (Коцюбеев, Гаджибей). Перше згадування про цей населений пункт ставиться до 1415 року. Із приходом турків Джинестра стає Хаджибеем (1475 рік), а в 1764 році тут виникає міцність Ені-Дунья, яку під час другої російсько-турецької війни 14 вересня 1789 року бере штурмом загін генерал-майора Йосипа де Рибаса – при участі українських козаків під керівництвом отамана Головатого.

З 1794 року починається спорудження нового порту й міста, яке одержує грецьке ім'я Одеса. Рескриптом Катерини II 27 травня 1794 року на місці Хаджибея засноване нове портове місто. 2 вересня цього ж року під керівництвом Дерібаса були закладені перші портові спорудження. Ця дата – **2 вересня 1794 року** – і є днем народження міста Одеси. Місто бурхливо будується за планом, складеному інженером – полковником російської армії Францем Деволаном. Уже до 1803 г. тут проживали 9 тисяч людей.

Із самого народження Одеса стає “вікном у Європу”, основним постачальником українського зерна в країні Європи й Передньої Азії. А.Є. Ришельє, Новоросійський губернатор (1803 – 1814) і градоначальник Одеси, зробив її своєю резиденцією. Це дало поштовх бурхливому розвитку міста. За період з 1795 по 1814 рр. населення міста збільшилося в 15 раз і досягло майже 20 тисяч людей. До кінця ж XVIII століття Одеса по чисельності населення (403 тис.) стає четвертим містом Російської імперії – після Санкт-Петербурга, Москви й Варшави.

Зараз одеський морський торговельний порт – найбільший у країні. Він має міжнародну категорію й активний баланс вантажообігу, є торговельним портом багатофункціонального типу. На його території діє вільна економічна зона, у якій суб'єкти господарської діяльності мають пільговий режим оподаткування. Потужність порту – 20 мільйонів тон вантажів у рік, загальна довжина берегової лінії – 8 км. Порт щорічно переробляє більш 14 млн. тон сухих вантажів і 24 млн. тон нафтопродуктів. Транспортні лінії зв'язують місто більш ніж 600 портами із сотні країн миру. Поромні переправи зв'язують Одеський порт безпосередньо з Туреччиною й Грецією.

В Одесі багато навчальних закладів: Одеський національний медичний університет, національний університет “Одеська політехніка”, Одеський університет ім. І.М. Мечникова, державний економічний університет, національна юридична академія, національний морський університет, національна академія зв'язку, науково-дослідний інститут фізики, НДІ очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова, НДІ стоматології АМН України. У місті існують десятки НДІ, наукових центрів, проектних організацій.

В Одесі жили й працювали: лауреат Нобелівської премії І.І. Мечников, лауреат Нобелівської премії І.Е. Тамм, лауреат нобелівської премії С.Я. Вассман, Д.І. Менделєєв, Н.І. Пірогов, І.М. Сеченов, Г.А. Гаморів, Л.І. Мандельштам, Ф.Н. Шведов, Н.А. Розумів, А.М. Ляпунов, М.К. Крайн, Г.М. Фіхтенгольц, А.А. Прочанин, В.П. Філатов, К.Д. Ушинський, Н.Д. Зелінський, С.М. Некрашевич.

Історія Одеського національного політехнічного університету бере початок в 1918 році, з ініціативи студентів-техніків, що вимушено покинули свої столичні інститути.

Після першої світової війни й революції 1917 року маси людей у пошуках притулку від небезпеки кинулися в райони країни, що перебували тоді ще порівняно далеко від зон бойових дій і центрів революційних катаклізмів. В Одесі біженці становили значну частину населення. Серед них було багато студентів і професорів вищих навчальних закладів інших міст. Студенти зіштовхнулися із проблемою продовження й закінчення перерваного утвору.

Одеса мала всі необхідні кадри для організації технічного вузу. У місті працювали видатні вчені-фізики: академіки Л.І. Мандельштам і Н.Д. Папалексі; великі інженери, професори Ч.Д. Кларк, Б.Н. Кандиба. Вони, як і багато викладачів Новоросійського університету (академік С.І. Солнцев, професори І.Ю. Тимченко, Я.Ю. Бардах, В.Ф. Каган, В.Д. Ласкарев, С.О. Шатуновський, А.В. Бориневич, В.Н. Твердохлебов, П.М. Толстой), були прихильниками ідеї створення в Одесі політехнічного інституту.

18 вересня 1918 року відбулося офіційне відкриття Одеського політехнічного інституту. Одеські газети повідомляли, що в 12 годин цього дня в залі Технічного суспільства (сьогодні, Новосельського, 4) “скромно й безшумно, але сердечно й тепло Одеса відсвяткувала відкриття довгоочікуваного й так необхідного для промисловості півдня Одеського політехнічного інституту”.

На технічних відділеннях заняття почалися тільки 15 листопада, вони проходили на третьому поверсі будинку колишніх Сабанських казарм по вулиці Полтавської Перемоги (сьогодні, Канатна), 23.

З перших же днів діяльності інституту на його кафедрах вели навчальну й наукову працю висококваліфіковані й досвідчені професорсько-викладацькі кадри. Серед них можна виділити професорів В.І. Алімова, К.К. Симинського, К.С. Завриєва, Б.Л. Николаи, Н.Н. Савина, Н.Н. Васильєва, С.І. Солнцева, А.В. Бориневича, Г.І. Тиктина, А.А. Курсина, А.І. Дидебулідзе, К.А. Богомаза, У.А. Рейнгальд, В.Н. Твердохлебова, І.Ю. Тимченко.

Національний університет “Одеська політехніка” готує фахівців з 54 спеціальностей.

За час існування університет підготував 80 тисяч фахівців для України й колишнього СРСР.

Близько 4 тисяч випускників-іноземців трудяться в 91 країні світу.

Національний університет “Одеська політехніка”, **сьогодні** – це 16 інститутів, 55 кафедр.

Навчально-наукові інститути:

- Навчально-науковий інститут медичної інженерії;
- Навчально-науковий інститут комп'ютерних систем;
- Навчально-науковий інститут інформаційної безпеки, радіоелектроніки та телекомунікацій;
- Навчально-науковий інститут економіки та менеджменту;
- Навчально-науковий інститут цифрових технологій, дизайну та транспорту;
- Навчально-науковий інститут енергетики;
- Навчально-науковий інститут електротехніки та електромеханіки;
- Навчально-науковий інститут хімічних технологій та фармацевтики;
- Навчально-науковий інститут гуманітарних наук;
- Навчально-науковий інститут штучного інтелекту та робототехніки;
- Українсько-іспанський навчально-науковий інститут;
- Українсько-німецький навчально-науковий інститут;
- Українсько-польський навчально-науковий інститут;
- Навчально-науковий інститут дистанційної та заочної освіти;
- Навчально-науковий інститут підготовки іноземних громадян;
- Навчально-науковий інститут публічної служби та управління .

Навчальні центри:

- Центр післядипломної освіти, індивідуальної підготовки та перепідготовки
- Навчальний центр підвищення якості освіти.

Коледжі:

- Одеський автомобільно-дорожній коледж Національного університету “Одеська політехніка”;
- Херсонський політехнічний коледж Національного університету “Одеська політехніка”;
- Новокаховський політехнічний коледж Національного університету “Одеська політехніка”.

Училище:

- Березівське вище технічне училище Національного університету “Одеська політехніка”.

Кафедри університету

- Кафедра автомобільного транспорту та логістики
- Кафедра англійської філології та перекладу
- Кафедра атомних станцій
- Кафедра біомедичної інженерії
- Кафедра вищої математики та моделювання систем
- Кафедра германських мов та перекладу
- Кафедра динаміки машин та механічної інженерії
- Кафедра екологічної безпеки та гідравліки
- Кафедра економіки
- Кафедра економічної кібернетики та інформаційних технологій
- Кафедра електромеханічної інженерії
- Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту
- Кафедра інженерії програмного забезпечення
- Кафедра іноземних мов
- Кафедра інтегрованих технологій управління
- Кафедра інформаційних систем
- Кафедра інформаційних технологій
- Кафедра інформаційних технологій проєктування та дизайну
- Кафедра інформаційної діяльності та медіа-комунікацій
- Кафедра іспанської мови та спеціального перекладу
- Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення
- Кафедра комп'ютерних інтелектуальних систем та мереж
- Кафедра комп'ютерних систем
- Кафедра комп'ютеризовані системи та програмні технології
- Кафедра культурології та філософії культури
- Кафедра лінгводидактики
- Кафедра маркетингу
- Кафедра матеріалознавства та інженерії матеріалів
- Кафедра менеджменту
- Кафедра міжнародних відносин та права
- Кафедра міжнародного менеджменту та інновацій
- Кафедра обліку, аналізу і аудиту
- Кафедра підйомно-транспортного та робототехнічного обладнання
- Кафедра підприємництва і торгівлі
- Кафедра прикладної математики та інформаційних технологій
- Кафедра природничо-наукової підготовки
- Кафедра природознавчих наук
- Кафедра програмних і комп'ютерно-інтегрованих технологій

- Кафедра професійно-орієнтованої польської мови
- Кафедра психології та соціальної роботи
- Кафедра публічного управління та адміністрування
- Кафедра радіоелектронних та телекомунікаційних систем
- Кафедра радіотехнічних пристроїв
- Кафедра теоретичної та експериментальної ядерної фізики
- Кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики
- Кафедра теплових електростанцій та енергозберігаючих технологій
- Кафедра української мови
- Кафедра управління системами безпеки життєдіяльності
- **Кафедра фармації**
- Кафедра фізики
- Кафедра фізичного виховання та спорту
- Кафедра філософії, історії та політології
- **Кафедра хімічних технологій**
- Кафедра цифрових технологій в інжинірингу
- Кафедра штучного інтелекту та аналізу даних

“Одеська політехніка” – це майже 100 докторів наук, професорів, 32 академіка й 5 член-кореспондентів міжнародних і республіканських академій, 450 кандидатів, доцентів.

В “Одеській політехніці” працював лауреат Нобелівської премії – академік І.Е.Тамм

Підготовка здійснюється по багатоступінчастій системі: бакалавр, магістр, Phd (кандидат наук або доктор філософії).

“Одеська політехніка” – це університет, що має один з найвищих рейтингів серед вузів України.

“Одеська політехніка” – це одна із кращих шкіл навчання російській мові іноземних громадян.

“Одеська політехніка” – передові засоби й технології навчання, сучасні лабораторії й комп'ютерні класи, локальні інформаційні мережі у всіх корпусах з виходом в INTERNET.

“Одеська політехніка” має науково-технічну бібліотеку, що розташовує книжковим фондом – 1 мільйон 500 тисяч одиниць, має 5 читальних залів, де одночасно можуть працювати 500 людей. У бібліотеці діє безкоштовна зона WI-FI.

Електронна бібліотека містить 6700 повнотекстових електронних версій науково-технічних збірників, які видає університет, навчальних посібників, конспектів лекцій і методичних посібників викладачів і наукових співробітників університету.

Відкритий доступ до ресурсів Дистанційного Навчання й Мультимедійним підручникам для дистанційного навчання. У цей час виконується робота із заповнення сайту ДО навчальними курсами, які викладаються в Національному університеті “Одеська політехніка”.

“Одеська політехніка” має спортивний комплекс, поліклініку, палац культури студентів, оздоровчо-спортивну базу “Чайку” на березі Чорного моря.

Науково-дослідні роботи носять фундаментальний і прикладний характер. Роботи вчених “Одеської політехніки”, їхні розробки й досягнення визнані в Україні, Європі, світі. Університет має сьогодні передову наукову й навчальну базу, що дозволяє забезпечити високий рівень підготовки фахівців, здатних працювати в умовах високої конкуренції.

Історія створення та становлення науково-навчального інституту хімічних технологій та фармації

До складу інституту входять наступні кафедри:

Кафедра хімічних технологій

Кафедра фармації

ІХТФ (Хіміко-технологічний факультет) – один із найстаріших в університеті. Створена в 1922 році кафедра, що готувала фахівців із технології неорганічних речовин, стала основою створеного в 1933 році в складі Одеського політехнічного інституту хіміко-технологічного факультету. Очолював цю кафедру (тепер кафедра хімічних технологій) значний вчений і суспільний діяч професор Лопатто Е.К., що був першим деканом факультету.

В 1934 році факультет здійснив перший випуск 40 інженерів - хіміків технологів, дипломні проекти яких мали реальне промислове значення - половина з них була використана для удосконалення виробництва. У ці роки при активній участі професора Лопатто Е.К. була створена технологія безупинного методу одержання суперфосфату, що впроваджена на Одеському суперфосфатному заводі в 1936 році. Випускники кафедри і її співробітники Боресков Г.К., Большаков А.Г., Вязовов В.В. організували першу в СРСР наукову школу по глибокому вивченню абсорбційних процесів.

Під час Великої Вітчизняної війни співробітники факультету брали участь в обороні Одеси, працювали на підприємствах оборонної промисловості на Уралі, у Казахстані. Вже в 1945 році відроджений факультет випустив перших спеціалістів. З 1954 року факультет став інтенсивно розвиватися – були відкриті дві нові спеціальності: прилади керування і контролю хімічних виробництв; машини й апарати хімічних виробництв. Була організована кафедра технології основного і нафтохімічного синтезу (1959), яку очолив професор Дашевський М.М.

У 1970 році факультет одержав новий п'ятиповерховий корпус. Значно зміцнилася і розширилася лабораторна база, успішно розвивалися загальноосвітні й загально інженерні кафедри – загальної та неорганічної хімії, аналітичної і фізичної хімії, процесів і апаратів хімічних виробництв, програмування і застосування ЕОМ.

Факультет у різні періоди очолювали доцент Григор'єв Л.Т., професор Большаков О.Г., доцент Васютинський А.І., професор Алексеева Л.А., доцент Гогунський В.Д., професор Новохатський І.О., професор Кожухар В.Я. В даний час у складі інституту працюють 2 кафедри – 2 профілюючі.

Кафедра хімічних технологій (технології неорганічних речовин), завідувачами якої були професори Варламов М.Л., Новохатський І.О., Каганський І.М., Ерайзер Л.М., Кожухар В.Я. здійснювала підготовку фахівців за фахом *"Хімічна технологія неорганічних речовин"* та *"Екологія і охорона навколишнього середовища"*, зараз здійснює підготовку за фахом *"Хімічні технології та інженерія"* ОП – Хімічні технології та інженерія.

Кафедра фармації (органічних та фармацевтичних технологій, технології основного органічного синтезу й органічної хімії), завідувачами якої були професори Дашевський М.М., Алексеева Л.А., доц. Лялін В.В., проф. Куншенко Б.В. готувала інженерів за фахом *"Хімічна технологія органічних речовин"* та *"Технологія фармацевтичних препаратів"*, зараз здійснює підготовку за фахом *"Фармація, промислова фармація, ОП –Технологія фармацевтичних препаратів та ОП – фармація, на основі ПЗСО.*

Кафедра теоретичних основ хімії, якою завідували доцент Григор'єв Л.Т., професор Пьянков В.О., доц. Лях О.Д., професор Тищенко М.А., доц. Шапкін В.А. здійснювала хімічну підготовку студентів більшості спеціальностей факультетів університету.

У період із 1971 по 2001 року на факультеті було захищено 12 докторських і біля 64 кандидатських дисертацій. Колектив викладачів має у своєму складі 4 професора, 23 доцента і старших викладачів та асистента. Інститут (факультет) традиційно підтримує творчі зв'язки з найбільшими хімічними підприємствами країни, академічними інститутами України і Росії, галузевими інститутами.

За роки свого існування інститут підготував більш шести тисяч спеціалістів, що успішно трудяться на промислових підприємствах країни, у науково- дослідницьких і проектних організаціях. Серед них

відомі вчені: академік АН СРСР, Герой Соціалістичної Праці, Лауреат Державної премії Боресков Г.К., академік АН СРСР Талмуд Д.Т., академік АН УРСР, Герой Соціалістичної Праці Атрошенко В.І., Лауреат Державної премії Амелін А.Г., Заслужені діячі науки і техніки УРСР професора Варламов М.Л., Большаков А.Г., Кожухар В.Я., доктора наук, професора Кузнецов М.Л., Каганський І.М., Еннан А.А., Матрос Ю.Ш., Косолапова К.О. та інші.

Керівниками промислових підприємств стали випускники факультету інженери: Попов І.С. (директор НПО "Азот", м. Рівне), Садовський В.С. (директор Новомосковського хімкомбінату), Скориченко А.В., Горбатко В.С. (директора ОПЗ), Пастухов Є.П. (директор Костянтинівського хімкомбінату), Чакир І.П. (гол. інженер Кримського заводу двоокису титану), Величко О.В. (гол. інженер НПО "Азот", м. Гродно), Кузьмін В.П. (директор Одеського суперфосфатного заводу) і інші.

Випускниками нашого факультету є багато його співробітників: професор Варламов М.Л., Каганський І.М., проф. Бурмаков А.І., проф. Михайленко Г.Г., проф. Куншенко Б.В., проф. Гогунський В.Д., проф. Ерайзер Л.Н., професор Кожухар В.Я., доц. Манакін Г.А., доц. Кричевська Є.Л., доц. Мосьпан Н.Є., доц. Зброжек Л.С., доц. Лялін В.В., доц. Білоус В.М., доц. Луговський В.І., доц. Усатюк І.І., доц. Рябих В.Г. і інші.

У числі випускників факультету різного років - іноземні громадяни з Монголії, В'єтнаму, Сирії, Малі, Бангладеш, Судану, Марокко, Куби, Сальвадору, Алжиру, Демократичної Республіки С'ємен, Замбії, Ефіопії, Індії, із якими кафедри інституту підтримують тісні ділові і приятельські контакти.

Академічна доброчесність. Основні поняття

1. Академічна спільнота Університету визнає академічну доброчесність засадничою цінністю наукової та освітньої діяльності.
2. Академічна доброчесність як сукупність етичних принципів та визначених законодавством України правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу, є складовою системи внутрішнього забезпечення якості освітньої та наукової діяльності Університету.
3. Положення закріплює норми, правила та принципи відносин щодо дотримання академічної доброчесності, а також визначає види порушень норм і правил академічної доброчесності, заходи щодо їх попередження, виявлення та відповідальності за їх порушення, права учасників освітнього процесу, у діяльності яких виявлено факти порушення академічної доброчесності.
4. Університетська система забезпечення принципів академічної доброчесності включає в себе такі складові: – нормативну базу – Кодекс корпоративної культури; Положення про академічну доброчесність; Положення про університетську Комісію з етики та управління конфліктами та інші нормативні документи Університету, в яких безпосередньо чи опосередковано відображаються питання академічної доброчесності; – структурні підрозділи та уповноважені комісії – Група сприяння академічній доброчесності; Комісія з етики та управління конфліктами; кафедральні комісії з академічної доброчесності та ін. – інформаційну базу – рубрика вебсайту Університету «Академічна доброчесність», інформаційні та методичні матеріали, присвячені інформаційній грамотності та попередженню плагіату, корпоративній культурі та популяризації академічної доброчесності; – суб'єктів системи – академічну спільноту Університету.
5. Освітня, наукова, професійна та творча діяльність учасників освітнього процесу базується на фундаментальних цінностях академічної доброчесності:
 - чесності під час пошуку істини та здобуття знань, навчання, викладання, проведення досліджень та виконання професійних обов'язків;
 - довірі, що є основою для робочого клімату, який сприяє вільному обміну ідеями, творчості та індивідуальному розвитку;

- справедливості у викладанні, оцінці освітніх досягнень здобувачів, наукових дослідженнях, кар’єрному просуванні персоналу, отриманні будь-яких нагород, відзнак, ступенів, що ґрунтується на законних, прозорих, справедливих, передбачуваних, послідовних і об’єктивних критеріях;
 - повазі, на якій базуються вільний обмін ідеями і свобода висловлювань та яку поділяють усі члени академічної спільноти, незалежно від їх становища в освітній, науковій, посадовій ієрархії; – відповідальності, яку повинні нести всі члени академічної спільноти, що дозволить забезпечити підзвітність, вільне вираження поглядів, спротив неправомірним діям;
 - мужності – трансформація цінностей від розмов про них до відповідних дій, їхнє відстоювання в умовах тиску і труднощів потребує рішучості, цілеспрямованості і мужності.
5. Академічній доброчесності протиставляється категорія академічної недоброчесності, основні прояви якої є у таких видах діяльності:
- академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства;
 - самоплагіат – оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів як нових наукових результатів;
 - фабрикація – вигадкування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі або наукових дослідженнях;
 - фальсифікація – свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються освітнього процесу чи наукових досліджень;
 - списування – виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання, зокрема, під час оцінювання результатів навчання;
 - обман – надання завідомо неправдивої інформації щодо власної освітньої (наукової, творчої) діяльності чи організації освітнього процесу; формами обману є, зокрема, академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація та списування;
 - хабарництво – надання (отримання) учасником освітнього процесу чи пропозиція щодо надання (отримання) коштів, майна, послуг, пільг чи будь-яких інших благ матеріального або нематеріального характеру з метою отримання неправомірної переваги в освітньому процесі; – необ’єктивне оцінювання – свідоме завищення або заниження оцінки результатів навчання здобувачів вищої освіти;
 - хибне співавторство – внесення до списку авторів наукової чи навчально-методичної праці осіб, які не брали участь у створенні продукту.

Питання для самоконтролю:

1. Короткий історичний екскурс створення “Одеська політехніка”.
2. Структура “Одеська політехніка” (кількість інститутів, відокремлених підрозділів та кафедр).
3. Інститут хімічних технологій та фармацевції (структура та керівництво інституту).
4. Основні досягнення національного університету “Одеська політехніка”.
5. Основні положення та поняття академічної доброчесності в “Одеській політехніці”.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ЯК НАУКА І ЇЇ ЗАВДАННЯ

Лекція 5. Основні поняття та терміни хімічної технології

Мета заняття: знати основні поняття та термінологію хімічної технології як науки її завдання.

План лекції:

- 5.1. Основні завдання хімічної технології
- 5.2. Технологія виробництва неорганічних речовин

5.3. Основні поняття й терміни

5.4. Характеристика процесів

Технологія в перекладі із грецького – наука про ремесла, вона вивчає шляхи й методи перетворення яких-небудь вихідних матеріалів у предмети споживання або засобу виробництва.

Видів технологій багато, їх можна розділити на *механічні*, у яких змінюється форма й величина вихідних речовин, а молекулярна сполука залишається незмінним, і *хімічні* в яких продукти виготовляються із сировини за допомогою хімічних і фізико-хімічних процесів.

До механічних процесів ставляться: дроблення, змішання різнорідних матеріалів, здрібнювання і ін.

Хімічними й фізико-хімічними процесами є: горіння, розчинення, перегонка і ін.

Хімічна технологія – це теоретична база створення нових і вдосконалення існуючих виробництв.

Кількість хімічних речовин, використовуваних різними галузями народного господарства, надзвичайно велике. У зв'язку із цим із сукупності хімічних технологій виділяють технологію неорганічних речовин і технологію органічних речовин. У свою чергу ці технології містять у собі ряд галузевих технологій.

Так технологія неорганічних речовин поєднує:

1. Технологію основної хімічної промисловості – виробництво кислот, лугів, солей і мінеральних добрив
2. Технологію силікатів – виробництво в'язких речовин, скла, кераміки, вогнетривів
3. Технологію чорних металів
4. Технологію кольорових металів і ін.

Основна хімічна промисловість є фундаментом хімічної промисловості.

Технологія обслуговує потреби виробництва, тому мети й завдання технології як науки визначаються завданнями виробництва.

До основних завдань хімічної технології ставляться:

- 1) Вибір способу й технологічної схеми виробництва, що забезпечують одержання потрібної кількості продукту заданої якості з певного виду сировини з мінімальними витратами;
- 2) Розробка фізико-хімічних основ даного способу виробництва, тобто вивчення основних реакцій і процесів, вплив температури, тиску, сполуки вихідних речовин, каталізаторів і інших факторів на швидкість і повноту протікання процесу;
- 3) Визначення оптимальних умов ведення процесу (технологічного режиму) на всіх стадіях, що забезпечують максимальну продуктивність технологічної лінії при мінімальних витратах сировини, енергії й праці;
- 4) Добір і розрахунки встаткування, необхідного для здійснення обраного способу виробництва з урахуванням продуктивності, умов роботи, терміну служби й вартості;
- 5) Знаходження оптимальних умов ведення процесу, що забезпечують високу швидкість, повне використання сировини, низьку собівартість продукту;
- 6) Вибір способів захисту навколишнього середовища від забруднення. Прийнятий спосіб виробництва і його встаткування повинні забезпечувати безпечні умови роботи обслуговуючого персоналу й мінімальна кількість газових викидів, стічних вод і відходів виробництва.

5.1. Основні поняття й терміни

Операція – механічний вплив на матеріал, що не приводить до зміни його сполуки, наприклад, дроблення, транспортування й зважування. Операції, як правило, виконуються машинами.

Процес – послідовні й закономірні зміни в системі, що приводять до виникнення в ній нових властивостей. До процесів ставляться такі явища (зміни), як розчинення твердих речовин або газів у рідинах, кристалізація твердих речовин з розплавів або розчинів, хімічна взаємодія й ін.

Процеси діляться на періодичні й безперервні.

Періодичними називаються процеси, у яких основні стадії: завантаження, розігрівши, хімічна взаємодія, охолодження й вивантаження виконуються послідовно в одному апараті. Інтенсивність роботи періодично діючих апаратів сильно змінюється в часі: під час завантаження й розвантаження вона дорівнює нулю, а в період реакції вона досягає максимуму.

Безперервними називаються процеси, у яких основні стадії здійснюються одночасно й безупинно. Інтенсивність роботи апарата, у цьому випадку зберігається практично постійною. Безперервно-діючі апарати більш продуктивні, їх легше механізувати й автоматизувати.

Параметр – це яка-небудь величина, що характеризує стан речовини або умови роботи апарата. Найбільш важливими параметрами є температура, тиск і концентрація.

Технологічний режим – сукупність параметрів, що визначають умови роботи даного апарата або системи апаратів.

Робота апаратів і установок характеризується такими показниками, як вихід продукту, продуктивність, потужність і інтенсивність.

Вихід продукту (X) – це відношення кількості фактично отриманого продукту ($G_{\text{факт}}$), до тієї кількості, яка може утворюватися в припущенні, що реакція необоротна ($G_{\text{теор}}$):

$$X = \frac{G_{\text{факт}}}{G_{\text{теор}}} \cdot 100 \%,$$

Практичний вихід менше теоретичного через неповноту реакції й різних втрат.

Продуктивність апарата, установки або цехи (P) – це кількість продукції, одержуване в одиницю часу (τ):

$$P = \frac{G_{\text{факт}}}{\tau}, [\text{кг/с}; \text{м}^3/\text{год}; \text{т/год.}; \text{т/добу}]$$

Потужність – це продуктивність, що досягається в оптимальних умовах. Звичайно продуктивність нижче потужності через різні порушення режиму або непланових зупинок.

Інтенсивність апарата (I) – це відношення продуктивності (P) до якої-небудь величини, що характеризує апарат (до поверхні або об'єму):

$$I = \frac{P}{F}, \left[\frac{\text{кг}}{\text{ч} \cdot \text{с}} \right];$$
$$\text{або } I = \frac{P}{V}, \left[\frac{\text{кг}}{\text{ч} \cdot \text{м}^3} \right],$$

де F – робоча поверхня апарата, м^2 ; V – повний об'єм апарата, м^3 .

Матеріальний потік – кількість твердих, рідких або газоподібних речовин, що надходять (або вихідних) у даний апарат в одиницю часу (кг/с; т/добу; $\text{м}^3/\text{год.}$).

Видатковий коефіцієнт – витрата даного виду сировини, допоміжних речовин або енергії на одиницю продукції (ϕ т/т, $\text{м}^3/\text{т}$, кВт·год./т). Видаткові коефіцієнти залежать від якості сировини,

способу виробництва, стану встаткування й дотримання норм технологічного режиму, вони завжди вище теоретичних.

Технологічна схема – опис або графічне зображення послідовності операцій, необхідних для одержання даного продукту з певного виду сировини з їхніми матеріальними потоками й енергетичними зв'язками.

Питання для самоконтролю:

1. Характеристика процесів.
2. Основні завдання хімічної технології.
3. Основні поняття та терміни хімічної технології.
4. Чим зарактеризується робота апаратів та установок?
5. Дати визначення інтенсивності апарату та навести формули як її можна розрахувати.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. ВИДИ ПРОДУКЦІЇ ОСНОВНОГО НЕОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ

Лекція 6. Основні виробництва неорганічного синтезу

Мета заняття: знати та розрізняти види основної продукції технології неорганічних речовин.

План лекції:

- 6.1. Види продукції основного неорганічного синтезу
- 6.2. Мінеральні добрива
- 6.3. Азотні добрива
- 6.4. Калійні добрива
- 6.5. Фосфорні добрива
- 6.6. Комплексні добрива

6.1. Види продукції основного неорганічного синтезу

6.1.1. Мінеральні добрива

До складу речовин, необхідних для життєдіяльності рослин, входять 30 основних елементів. Понад 90 % сухої маси рослин становлять вуглець, водень і кисень. Ці елементи рослини засвоюють у вигляді двоокису вуглецю й води.

У значних кількостях рослинам необхідні азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка й залізо (макроелементи). У незначних кількостях рослинам необхідні мікроелементи: бор, марганець, цинк, молібден і деякі ін. елементи.

Для заповнення втрат живильних речовин обов'язкове внесення мінеральних добрив. Якість добрив оцінюється змістом у них живильних елементів: азотних – азоту (N), фосфорних – п'ятиокісі фосфору (P_2O_5), калійних – окиси калію (K_2O) і ін.

Азот входить до складу хлорофілу, що засвоює сонячну енергію, і білків, необхідних для побудови живої клітки.

Фосфор входить до складу білків. Він прискорює розвиток рослин і поліпшує якість, підвищуючи зміст цукру й крохмалю.

Калій сприяє синтезу білків і підсилює утворення цукрів, підвищує схожість і стійкість до захворювань.

Кількість внесених на 1 гектар добрив залежно від роду ґрунтів і виду с/г-ких культур коливається в наступних межах: азотні 30 – 120 кг N, фосфорні 45 – 120 кг P₂O₅, калійні 40 – 200 кг K₂O.

Частина внесених хв. добрив вимивається із ґрунту ґрунтовими водами або перетворюється у форми, недоступні для засвоєння рослинами. Тому ступінь засвоєння деяких добрив рослинами невисока. Так, фосфорні добрива використовуються рослинами лише на 20 %.

Урожайність різних культур сильно залежить від кількості внесених добрив. Тільки широке застосування добрив може забезпечити підвищення родючості землі.

Вплив добрив на врожайність

Культура	Урожайність ц/га	
	Без добрив	Із внесенням добрив
Бавовна	13	33
Пшениця озима	15	26
Цукровий буряк	140	282

Основні добрива: азотні, калійні, фосфорні й комплексні.

6.1.2. Азотні добрива

Розрізняють: аміачні, амонійні, нітратні, амонійно-нітратні, амідні. Їх виробляють як у твердому, так і рідкому виді. Найбільший внесок вносять аміачна селітра й карбамід (сечовина). Вони містять найбільшу кількість азоту на суху речовину.

Сировиною для виробництва аміачної селітри служить аміак і азотна кислота, для карбаміду аміак і вуглекислий газ:

1.
$$\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 + Q \text{ (селітра)}$$
2.
$$\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2\text{COONH}_4 + Q \text{ (карбамат аммонія)}$$
$$\text{NH}_2\text{COONH}_4 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} - Q \text{ (мочевина)}$$

Стадії одержання:

Аміачна селітра

1. Одержання нітрату амонію нейтралізацією азотної кислоти аміаком.
2. Упарка розчину.
3. Кристалізація плаву.
4. Охолодження й обробка продукції (гранулювання).

На 1т продукту: 213 кг аміаку, 800 кг азотної кислоти (100 %), 1,26 МДж пари, 15 кВт/год електроенергії, 33 м³ води.

Карбамід – дуже енергоємне виробництво

1. Синтез карбаміду.
2. Дистиляція продуктів синтезу.
3. Переробка розчинів карбаміду в товарний продукт.

На 1т продукту: 580 кг аміаку, 750 кг I₂, 4,82 ГДж пари, 400 кВт/год електроенергії.
Промислові масштаби на 1985 р. 15,2 млн. т/г у СРСР.

6.1.3. Калійні добрива

Такі як KCl, K₂SO₄, калімагнезія K₂SO₄·MgSO₄ і ін.

Переробка калійних руд (сильвініту й ін.), здійснюється різними методами:

1. Флотационний. Заснований на різній смачиваємості мінералів водою.
2. Галургический. Заснований на різній розчинності. Зі збільшенням температури збільшується розчинність хлористого калію й при охолодженні системи сіль випадає в осад
3. Електростатична сепарація. При нагріванні й обробці спеціальними реагентами на поверхні здрібнених часток утворюються різнойменні заряди.

На 1 т KCl: 5 т сильвініту, 25 кВт/год енергії, вода 9,3 м³.

Промислові масштаби на 1985 р. 10,4 млн. т/рік у СРСР.

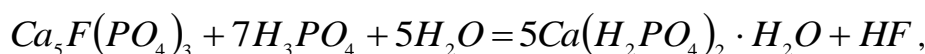
6.1.4. Фосфорні добрива

Основне завдання хімічної технології перевести нерозчинні природні фосфати: фосфорити й апатити у водорозчинні сполуки.

Основні добрива:

1. Простий суперфосфат: суміш монокальційфосфату (Ca(H₂PO₄)₂·H₂O), сульфату кальцію (CaSO₄) с твердими домішками (зміст P₂O₅ 14 – 21 %)

2. Подвійний суперфосфат: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ с домішками (зміст P_2O_5 42 – 55 %) Основна реакція – фторапатит взаємодіє з фосфорною кислотою:



Процес гетерогенний, швидкість залежить від температури, концентрації, перемішування і ін. Одержують подвійний суперфосфат камерним і потоковим методами.

Основні стадії процесу:

1. Дозування й змішування апатиту й фосфорної кислоти.
2. Реакція в змішувачі й суперфосфатній камері.
3. Витримка на промисловому майданчику або складі (15 – 20 доби).
4. Дроблення.
5. Нейтралізація вільної кислоти (CaCO_3).
6. Гранулювання дрібної фракції.
7. Сушіння.

На 1 тонну подвійного суперфосфату: 1,5 т H_3PO_4 , 1,13 т апатиту. Витрата палива й енергії незначна.

6.1.5. Комплексні добрива

Різновидів комплексних добрив дуже багато. Комплексними добривами називають добрива, що містять два й більш живильні елементи. Ці добрива одержують або хімічною взаємодією вихідних речовин, тоді вони називаються складними, або механічним змішуванням добрив, що містять один живильний елемент, тоді вони називаються тукосумішами або змішаними.

Номенклатура комплексних добрив

Найменування	Основні компоненти	Вміст в %		
		N	P_2O_5	K_2O
Складні добрива				
Суперфосфат амонізований	$\text{CaHPO}_4, \text{CaSO}_4, \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	1-3	19-20	
Амофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4, (\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$	11-14	48-50	
Амофоска	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4, (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{KCl}$	11	11-16	15-20
Нітроамофоска	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4, \text{NH}_4\text{NO}_3, \text{KCl}$	17	17	17
Калієва селітра	KNO_3	13		46
Змішані добрива				
Аміачна селітра, суперфосфат		13	13	
		8	16	
		16	8	
Карбамід, амофос, хлорид калію		19	19	19
		15	30	15
амофос, аміачна селітра, хлорид калію		17	17	17

Амонізовані суперфосфати проводяться найчастіше на базі низькоякісних фосфатів. Аміаком нейтралізують вільну кислоту.

Питання для самоконтролю:

1. Які галузі та виробництва поєднує у себе технологія неорганічних речовин.

2. Мінеральні добрива та їх призначення.
3. Азотні добрива. Аміачна селітра та карбамід і стадії їх виробництва.
4. Калійні добрива і методи їх переробки.
5. Основні фосфорні добрива та основні стадії їх отримання.
6. Комплексні добрива та їх номенклатура.

Лекція 7. Виробництво сульфатної (сірчаної) кислоти та виробництво амоніаку (аміаку)

Мета заняття: знати фізико-хімічні основи та технологію сульфатної кислоти, мати поняття про значення амоніаку та його продуктів.

- План лекції:*
- 7.1. Застосування і властивості сульфатної кислоти
 - 7.2. Сировина для виробництва сульфатної кислоти
 - 7.3. Хімічна та функціональна схеми виробництва сульфатної кислоти
 - 7.4. Фіксація атмосферного азоту
 - 7.5. Застосування амоніаку
 - 7.6. Методи фіксації атмосферного азоту
 - 7.7. Методи одержання водню

7.1. Застосування і властивості сульфатної кислоти

Серед мінеральних кислот, які виробляються хімічної промисловістю, сульфатна кислота за обсягами виробництва та використання займає перше місце. Це пояснюється її властивостями: не димить, не має запаху, не руйнує чорних металів, є найсильнішою та найдешевшою.

Використовують для виробництва мінеральних добрив, солей, кислот, вибухових речовин, кольорових і рідкісних металів, у металообробній промисловості, для одержання барвників, лаків, фарб, лікарських препаратів, пластичних мас тощо. За участю сульфатної кислоти виробляють органічні продукти, зокрема, спирти, ефіри, синтетичні мийні засоби, отрутохімікати. Розбавлені розчини сульфатної кислоти та її солей використовують у текстильній промисловості. У харчовій промисловості сульфатну кислоту застосовують для одержання крохмалю, патоки та інших продуктів.

Світове виробництво сірчаної кислоти (млн. т/рік).

	1913	1950	1960	1968	1980
Світове виробництво	7	27	50	90	143
США	2,5	11	16	25	36
СРСР	0,15	2,1	5,4	10	23
Японія	0,2	–	2,6	6,6	6,7

Зараз промисловістю випускаються 2 види товарної сульфатної кислоти: контактна (концентрація 92,5 %) і олеум (концентрація 20 % вільного SO₃).

Такі властивості як густина, температури кристалізації і кипіння залежать від складу кислоти.

7.2. Сировина для виробництва сульфатної кислоти

1. Сірка у вільному стані (природні руди). Найдорожча сировина.
2. Залізний колчедан (основний компонент – пірит FeS₂). Добича дешевша, а перероблення дорожче.

3. Супутня сірка – одержують з різних сульфуровмісних відходів – відхідні газы виробництв кольорової металургії, відходи очищення і перероблення вугілля, нафти, природного газу. Потенційна сировина – відхідні газы ТЕЦ.

7.3. Хімічна та функціональна схеми виробництва сульфатної кислоти

Етапы виробництва сульфатної кислоти:

1. Окиснення сульфуровмісної сировини з одержанням сульфуру(IV) оксиду:



2. Окиснення SO_2 до SO_3 :



3. Абсорбція SO_3 з одержанням сульфатної кислоти:



Зараз використовують декілька схем виробництва H_2SO_4 : одинарного контактування (рис. 7.1), для збільшення продуктивності і зменшення викидів SO_2 – подвійного контактування і подвійної абсорбції (рис. 7.2) та циклічні з використанням технічного кисню.

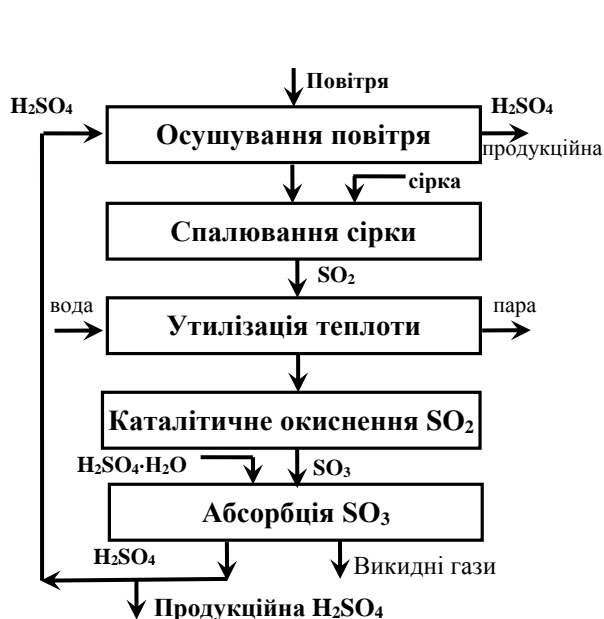


Рис. 7.1 – Функціональна схема виробництва сульфатної кислоти методом одинарного контактування

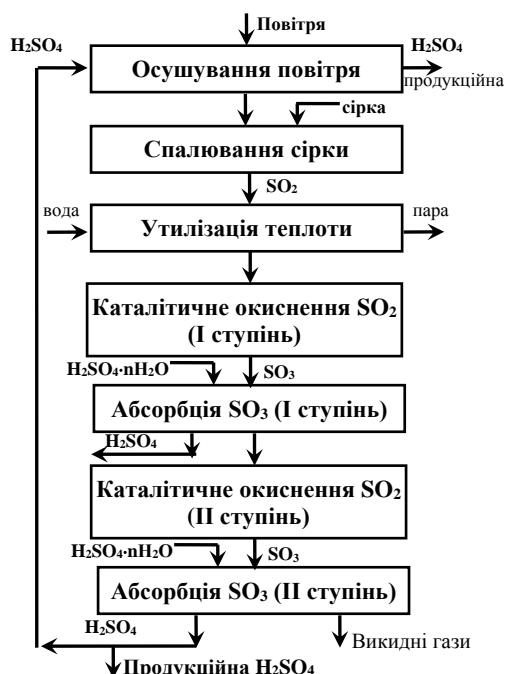


Рис. 7.2 – Функціональна схема виробництва сульфатної кислоти методом подвійного контактування і подвійної абсорбції

Перше згадування про сірчаній кислоті виявлене у творах перського алхіміка в 940 році. В XIII столітті H_2SO_4 одержували в незначних кількостях термічним розкладанням залізного купоросу (називали “купоросним маслом”). В XV столітті сірчану кислоту одержували спільним спалюванням сірки й селітри в посудинах великого об'єму, стінки якого змочували водою. Тим же способом одержували кислоту на першому промисловому заводі в Англії. Спалювали в металевих посудинах, а газы, що виділяються, поглинали водою в іншому апарату – скляному.

В 1746 г. для цієї мети використовували свинцеві камери, тому пішла назва – камерний спосіб. Таким чином, здійснювався нітрозний спосіб (оксиди азоту виділялися за рахунок розкладання селітри).

Контактний метод виник в 1831 г. коли англієць Філіп запропонував окиснювати SO_2 киснем, пропускаяючи через розпечений Pt каталізатор.

7.4. Виробництво амоніаку (аміаку)

Основні кількості азоту в природі перебувають в атмосфері у вигляді молекулярного азоту. Існуючий у природі біологічний метод фіксації азоту обумовлений здатністю деяких видів бактерій перетворювати азот повітря у форму засвоювану рослинами. У зв'язку з великою потребою в сполуках азоту й практичною відсутністю в природі його сполук виникла проблема фіксації атмосферного азоту.

В 1913 р. була пущена перша установка для синтезу аміаку з азоту й водню по методу Габера й Боша:



Ця реакція оборотна, вона протікає з виділенням тепла й зменшенням об'єму. Відповідно до принципу Ле Шательє вихід аміаку збільшується з ростом тиску й зниженням температури.

Під час відсутності каталізатора реакція практично не йде. Найбільш підходящим каталізатором вимогам, що задовольняють, промисловості, є залізний каталізатор.

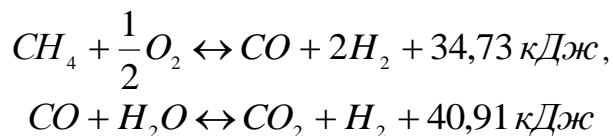
У промисловості знайшли застосування системи синтезу аміаку при тисках від 100 до 450 атм. У зв'язку з тим, що залізний каталізатор проявляє активність при температурі 420 °С и вище, синтез здійснюють при 450 – 550 °С.

Завдяки зусиллям інженерів і дослідників аміачний спосіб фіксації азоту став самим економічним. У цей час 95% світового споживання сполук азоту забезпечується методом синтезу аміаку з азоту й водню. З аміаку одержують усі інші сполуки азоту – азотна кислота, сечовина, нітрати, нітриди, аміни й ін.

Вихідними сполуками для синтезу аміаку служать азот і водень. Загальноприйнятим способом одержання азоту є спосіб поділу повітря, яке містить (%): 78,03 N_2 ; 20,99 O_2 ; 0,933 Ar; 0,33 CO_2 ; 0,01 H_2 і незначні кількості гелію, криптону й ксенону. Основні компоненти повітря азот і кисень розділяють ректифікацією після скраплення повітря.

Водень одержують головним чином хімічними методами, які базуються в основному на переробці природного й попутного газів, що містять метан і його гомологи.

Водень одержують неповним окисненням метану:



Отримана нітратоводнева суміш містить домішки вуглекислого газу, водяної пари й окиси вуглецю. Усі зазначені речовини є отрутами для каталізаторів, у їхній присутності зменшується або припиняється утворення аміаку, тому потрібна високий ступінь очищення нітратоводневої суміші від домішок.

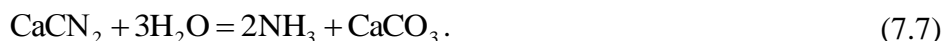
7.5. Застосування амоніаку

Близько 80 % синтетичного амоніаку використовується для виробництва азотних добрив. Амоніак використовують для одержання полімерів і синтетичних волокон (поліамідні волокна, амінопласти, поліуретани), вибухових речовин, лікарських препаратів, засобів захисту рослин, лаків, клеїв та ін. Найважливішими неорганічними продуктами, для виробництва яких використовується амоніак, є нітратна кислота, карбамід, амонійна селітра, натрій ціанід (застосовується в процесі видобування золота і срібла, в гальванопластиці) і сода. Рідкий амоніак застосовується також як гарний розчинник, холодоагент у холодильних машинах, для азотування сталі в металургії та в інших різноманітних цілях.

7.6. Методи фіксації атмосферного азоту

Дуговий метод. Окиснення киснем повітря за $t = 3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ у полум'ї вольтової дуги за реакцією: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{NO} - Q$. Значне використання електроенергії і низький вихід NO. Метод модифікований у вигляді плазмохімічного процесу у низькотемпературній повітряній плазмі за $t = 5 \cdot 10^3 \dots 10^4\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 2\text{ МПа}$ і часу контактування $0,0001\text{ с}$, що забезпечує високу продуктивність установки.

Ціанамідний метод. Тонко здрібнений кальцію карбід реагує за температури $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ з азотом та утворює кальцій ціанамід, який потім перетворюється у амоніак:



В наш час роль цього методу в промисловості зв'язаного азоту незначна.

Амонійний метод – самий енергоекономічний: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3 + Q$.

Питання для самоконтролю:

1. У яких технологічних процесах використовують сульфатну кислоту?
2. Наведіть хімічну схему виробництва сульфатної кислоти
3. Які схеми застосовують у промисловості для отримання сульфатної кислоти?
4. Яку сировину використовують для виробництва сульфатної кислоти?
5. Як впливає тиск і температура на рівновагу реакції синтезу амоніаку?
6. Амоніак як технічний метод зв'язування атмосферного азоту.
7. Методи фіксації атмосферного азоту.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. ВИРОБНИЦТВО АЗОТНОЇ ТА ФОСФОРНОЇ КИСЛОТ

Лекція 8. Нітратна (азотна) та фосфатна (фосфорна) кислоти та їх виробництво

Мета заняття: мати поняття про значення нітратної та фосфорної кислот, знати основні методи одержання та деякі особливості виробництві нітратної та фосфорної кислот.

План лекції:

- 8.1. Значення нітратної кислоти для виробництва хімічної продукції та у галузях господарства.
- 8.2. Основні стадії отримання азотної кислоти
- 8.3. Головні фактори, що визначають швидкість створення азотної кислоти.
- 8.4. Значення фосфорної кислоти для виробництва хімічної продукції та у галузях господарства.
- 8.5. Фізичні та хімічні властивості фосфатної кислоти.

8.6. Виробництво фосфатної кислоти

8.1. Виробництво нітратної (азотної) кислоти

Азотна кислота за обсягом виробництва займає серед інших кислот друге місце після сірчаної кислоти. Усі зростаючий обсяг виробництва HNO_3 пояснюється величезним значенням азотної кислоти і її солей для народного господарства.

Азотна кислота є одним з вихідних продуктів для одержання більшості азотвмісних речовин. До 70 – 80 % її кількості витрачається на одержання мінеральних добрив. Також азотна кислота застосовується:

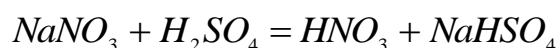
- при виробництві сірчаної кислоти нітрозним методом;
- при одержанні майже всіх видів вибухових речовин;
- нітратів і ряду інших технічних солей;
- у промисловості органічного синтезу;
- у ракетній техніці;
- як окиснювач у різних процесах і в багатьох галузях народного господарства.

Враховуючи потреби різних споживачів, промисловістю виробляється азотна кислота дев'яти сортів з концентрацією від 45 до 99 %. У невеликих об'ємах випускається реактивна й азотна кислота особливої чистоти. У виробництві вибухових речовин нітруванням органічних продуктів застосовують концентровану азотну кислоту. Для одержання добрив споживається, як правило, розведена азотна кислота.

Основною сировиною для виробництва неконцентрованої азотної кислоти в цей час є аміак, повітря й вода. Допоміжними матеріальними й енергетичними ресурсами є каталізатори окиснення аміаку й очищення вихлопних газів, природний газ, пара й електроенергія.

Азотна кислота й головним чином її природна сіль – натрієва селітра відомі з давніх часів. В 778 г. Арабський учений Гебер описав спосіб готування “міцної горілки” (так називалася тоді азотна кислота) шляхом перегонки селітри із квасцями. У Росії перші прописи по виробництві азотної кислоти із селітри були складені М.В. Ломоносовим.

До початку ХХ століття природне селітра була єдиним джерелом одержання азотної кислоти. Цей процес заснований на наступній реакції:



Удосконалений варіант цього методу одержання азотної кислоти полягав у тому, що розкладання селітри сірчаною кислотою проводилося у вакуумі. При цьому температура розкладання селітри знижувалася до 80 – 160 °С; тривалість відгону кислоти скорочувалася до 6 годин і досягався вихід азотної кислоти близький до теоретичного. Такий спосіб одержання азотної кислоти, що цілком залежить від імпорту чилійської селітри, згодом був залишений.

На початку ХХ століття була вирішена винятково важлива проблема зв'язування атмосферного азоту, що дало людству нове невичерпне джерело сировини для виробництва азотовмісних сполук.

Ще в 1781 г. Кевендیش у результаті електричного розряду в повітрі одержав окисли азоту. В 1814 г. В.Н. Каразін вніс пропозицію про “низведення електрики з верхніх шарів атмосфери для виробництва селітри”. Перший патент на спосіб одержання азотної кислоти за допомогою електричного розряду в повітрі й перетворення окислів азоту в нітрити й у нітрати був отриманий в 1859 г.

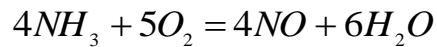
В 1901 р. був покладений початок фіксації азоту повітря в полум'ї електричної дуги (дуговий метод). В 1902 р. у США споруджений завод по фіксації атмосферного азоту за допомогою

електричної дуги, що виникає при пропусценні між електродами струму силою 0,75 ампер і напругою 8000 вольтів. Через недосконалість конструкції печі й великої витрати електроенергії завод був закритий в 1904 р.

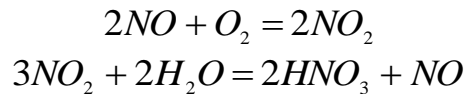
Виробництво азотної кислоти дуговим методом цікаво тим, що в ньому використовували дешеву вихідну сировину – повітря. Апаратурне оформлення процесу було досить нескладним. Однак для його здійснення було потрібно величезна кількість електроенергії, що досягає 70000 квт·г на 1 т N₂ (це відповідає 64 т умовного палива)

У цей час промислове виробництво азотної кислоти здійснюється на основі контактного окиснення синтетичного аміаку. Процес складається із двох основних стадій: одержання окиси азоту й переробка її в азотну кислоту.

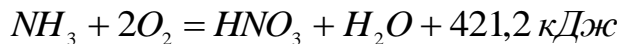
Стадія окиснення аміаку в окис азоту в загальному виді виражається рівнянням:



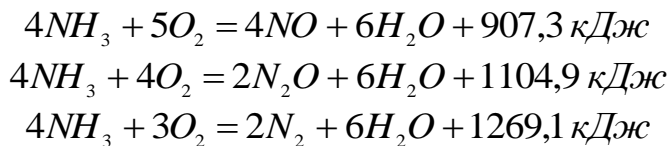
Стадія окиснення окиси азоту у вищі окисли азоту й переробка їх в азотну кислоту може бути представлена рівняннями:



Сумарну реакцію без обліку побічних реакцій, що проходять із утвором елементарного азоту й інших сполук, можна виразити рівнянням



Дослідження показують, що при окисненні аміаку на різних каталізаторах і залежно від умов ведення процесу можна одержати окис азоту, елементарний азот і закис азоту:



Відповідно підбираючи каталізатор і умови ведення реакції, можна змінити сполуку одержуваних продуктів.

При використанні в якості каталізатора платини вихід окиси азоту в інтервалі температур 700 – 850 °С може досягати 97 – 98 %. Каталізатори із платинових сплавів є найкращими для виборчого окиснення аміаку в окис азоту.

Реакція окиснення аміаку до окису азоту йде з незначною зміною об'єму, тому зміна тиску не виявляє істотного впливу на рівноважний вихід продуктів взаємодії. Більші величини константи рівноваги цієї реакції свідчать про практичну її необоротність при промислових умовах здійснення процесу.

Чиста платина має недостатню міцність, тому застосовують сплави платини з родієм і паладієм.

Поверхня платинових сіток у процесі експлуатації сильно розпушуються, гладкі блискучі нитки стають губчатими й матовими. У результаті цього сильно розбудовується поверхня каталізатора, що приводить до підвищення його активності. Із часом розпушення поверхні

платинових сіток приводить до їхнього сильного руйнування й більшим втратам платини. Додавання до платини родію й паладію має двояке значення: по-перше, підвищується активність каталізатора, по-друге, зменшуються втрати каталізатора.

У промисловості знайшли застосування комбіновані каталізатори, у яких поряд із платиною використовуються й інші, більш дешеві матеріали.

Головними факторами, що визначають високу швидкість створення азотної кислоти, є проведення абсорбції під тиском при знижених температурах.

Азотна кислота має високу корозійну активність, тому для виготовлення апаратури й трубопроводів застосовуються кислотостійкі леговані сталі.

На виробництво азотної кислоти витрачається в основному аміак, вартість його на 70 % визначає собівартість азотної кислоти. Вода служить в основному холодоагентом і може бути використана повторно.

Питання для самоконтролю:

1. Застосування азотної кислоти для виробництва хімічної продукції та у галузях господарства.
2. Основні стадії отримання азотної кислоти.
3. Застосовуються каталізатори при виробництві азотної кислоти, якщо да, то які?
4. Головні фактори, що визначають швидкість створення азотної кислоти.
5. Історія фіксації атмосферного азоту та отримання азотної кислоти.

8.2. Фосфорна кислота та її виробництво

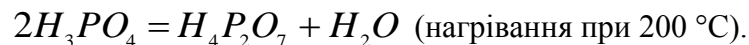
Фосфорні кислоти – сполуки фосфора у ступені окиснення +5 загальної формули $P_2O_5 \cdot nH_2O$
– метафосфорная кислота – HPO_3



– ортофосфорная кислота – H_3PO_4

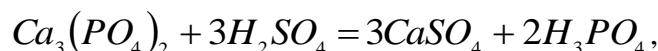


– пирофосфорная кислота – $H_4P_2O_7$



З ортофосфорної кислоти легко випаровується вода і вона стає концентрованою. При нагріванні до 300°C ортофосфорна кислота віддає воду, розкладаючи спочатку на пірофосфорну кислоту, потім різні поліфосфорні кислоти. При цьому утворюється гігроскопічна склоподібна маса. Якщо потім цю масу розбавити водою, то вона перетвориться назад в ортофосфорну кислоту.

Найбільше значення має ортофосфорна кислота (або просто фосфорна), яку для технічних цілей одержують по реакції



і її солі – фосфати. H_3PO_4 застосовують для виробництва добрив у харчовій, текстильній промисловості, у медицині, як флюс при пайці. Фосфати застосовують як фосфорні добрива у

виробництві емалей, скла. По “отвіростворюючої” активності ортофосфорна кислота перевершує сірчану.

Історія відкриття й одержання фосфорної кислоти

Фосфорну кислоту відкрив Р. Бойль за допомогою індикаторів. Спалюючи фосфор і розчиняючи, що утворювався білий продукт у воді він одержав невідому хімікам кислоту. По вихідній речовині він назвав її фосфорної.

Технічно фосфорну кислоту вперше одержали більш 100 років тому розкладанням низькоякісних фосфоритів розведеної (5 – 10 %) сірчаною кислотою, у якій сполуки заліза й особливо алюмінію переходять у розчин у незначному ступені. Розчин з концентрацією 8 – 10 % P_2O_5 випаровували до змісту в ньому приблизно 40 % P_2O_5 .

При розкладанні фосфатної породи більш концентрованої (30 – 40 %) сірчаною кислотою виділяються голчасті кристали гіпсу. Вони втримують значну кількість рідкої фази й погано промиваються. Внаслідок цього втрати P_2O_5 великі.

Істотним кроком уперед у виробництві фосфорної кислоти був перехід до установок безперервної дії й розведення 75 і 93 %-ний сірчаної кислоти не водою або слабкими промивними водами, а розчином фосфорної кислоти, тобто проведення процесу із застосуванням розчину розведення. У цих умовах виділяються ромбічні кристали, які добре фільтруються й відмиваються.

Фізичні властивості

Ортофосфорна кислота в чистому виді при звичайних умовах представляє безбарвні кристали ромбічної форми, що плавляться при температурі 42,3 °С. Однак з такою кислотою хіміки зустрічаються рідко. Набагато частіше вони мають справу з напівгідратом $H_3PO_4 \cdot 0,5 H_2O$, який випадає у вигляді безбарвних гексагональних призм при охолодженні концентрованих водяних розчинів ортофосфорної кислоти. Температура плавлення напівгідрату 29,3 °С.

Чиста H_3PO_4 після плавлення утворює грузлу маслоподібну рідину з малою електричною провідністю й сильно зниженою здатністю до дифузії. Ці властивості, а також детальне вивчення спектрів показують, молекули H_3PO_4 у цьому випадку практично не диссоційовані й об'єднані міцними водневими зв'язками в єдину макромолекулярну структуру. Як правило, молекули зв'язано один з одним однією, рідше двома й дуже рідко трьома водневими зв'язками.

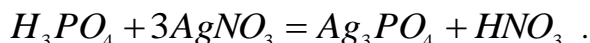
Якщо ж кислоту розбавляти водою, то її молекули охотнее утворюють водневі зв'язки з водою, чому один з одним. Через такі “симпатії” до води кислота змішується з нею в будь-яких відносинах. Енергія гідратації тут не так велика, як у сірчаної кислоти, тому розігрівання H_3PO_4 при розведенні не настільки сильне й дисоціація виражена менше.

Хімічні властивості H_3PO_4

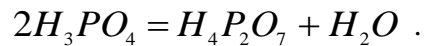
Ортофосфорна кислота у водяних розчинах набагато слабкіше сірчаною й азотної кислот. Це трьохосновна кислота. Електролітична дисоціація кислоти, як і інших багатоосновних кислот, здійснюється східчасто:

По першій ступені дисоціації ортофосфорна кислота вважається електролітом середньої сили, по другий – слабким, по третій – дуже слабким. Відповідно до існування трьох видів кислотних залишків при нейтралізації фосфорної кислоти лугами утворюються солі: дігідрофосфати, гідрофосфати, а також фосфати, наприклад:

Ортофосфорну кислоту можна відрізнити від інших фосфорних кислот по реакції з нітратом срібла – утворюється жовтий осад



Усі інші фосфорні кислоти утворюють білі опади. При розпарюванні ортофосфорної кислоти утворюється діфосфорна (пірофосфорна) кислота:



Значення фосфорної кислоти

Фосфорна кислота має велике значення як один з найважливіших компонентів харчування рослин. Фосфор використовується рослинами для побудови своїх самих життєво важливих частин – насіння і плодів.

Похідні ортофосфорної кислоти дуже потрібні не тільки рослинам, але й тваринам. Кістки, зуби, панцири, пазурі, голки, шипи в більшості живих організмів полягають, в основному, з ортофосфату кальцію. Крім того, ортофосфорна кислота, утворюючи різні сполуки з органічними речовинами, беруть активну участь у процесах обміну речовин живого організму з навколишнім середовищем. У результаті цього похідні фосфору втримуються в костях, мозку, крові, у м'язових і сполучних тканинах організмів людини й тварин. Особливо багато ортофосфорної кислоти в складі нервових (мозкових) кліток, що дозволило А.Е. Ферсману, відомому геохімікові, назвати фосфор “елементом думки”. Досить негативно (захворювання рахітом, недокрів'я, і ін.) позначається на стані організму зниження змісту в раціоні харчування сполук фосфору або введення їх у незасвоюваній формі.

Застосовують ортофосфорну кислоту в цей час задоволене широко. Основним її споживачем служить виробництво фосфорних і комбінованих добрив. Для цих цілей щорічно добувається в усьому світі фосфоровмісної руди близько 100 млн. т. Фосфорні добрива не тільки сприяють підвищенню врожайності різних сільськогосподарських культур, але й надають рослинам зимостійкість і стійкість до інших несприятливих кліматичних умов, створюють умови для більш швидкого дозрівання врожаю в районах з коротким вегетативним періодом. Вони також сприятливо діють на ґрунт, сприяючи її структуруванню, розвитку ґрунтових бактерій, зміні розчинності інших речовин, що втримуються в ґрунті, і придушенню деяких, що утворюються шкідливих органічних речовин.

Чимало ортофосфорної кислоти споживає харчова промисловість. Справа в тому, що на смак розведена ортофосфорна кислота дуже приємна й невеликі її добавки в мармелади, лимонади й сиропи помітно поліпшують їхні смакові якості. Цим же властивістю мають і деякі солі фосфорної кислоти. Гідрофосфати кальцію, наприклад, віддавна входять у хлібопекарські порошки, поліпшуючи смак булочок і хліба. Цікаві й інші застосування ортофосфорної кислоти в промисловості. Наприклад, було помічене, що просочення деревини самою кислотою і її солями роблять дерево непальним. На цій основі зараз роблять вогнезахисні фарби, негорючі фосфодеревинні плити, негорючий фосфатний пінопласт і інші будівельні матеріали.

Різні солі фосфорної кислоти широко застосовують у багатьох галузях промисловості, у будівництві, різних областях техніки, у комунальному господарстві й побуту, для захисту від радіації, для зм'якшення води, боротьби з казановим накипом і виготовлення різних мийних засобів.

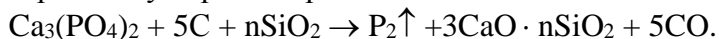
Фосфорна кислота, конденсовані кислоти й дегідратовані фосфати служать каталізаторами в процесах дегідратування, алкілювання й полімеризації вуглеводнів. Особливе місце займають фосфорорганічні сполуки як екстрагенти, пластифікатори, мастильні речовини, присадки до порошку й абсорбенти в холодильних установках. Солі кислих алкілфосфатів використовують як поверхнево-активні речовини, антифризи, спеціальні добрива, антикоагулянти латексу й ін. Кислі алкілфосфати застосовують для екстракційної переробки уранорудних лугів.

Виробництво фосфатної кислоти

Існує два способи одержання фосфатної кислоти: термічний (термічна кислота містить до 100 % P₂O₅, має високу чистоту) та екстракційний (екстракційна кислота містить до 50 % P₂O₅).

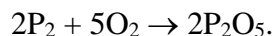
Термічний спосіб відбувається у три стадії.

1 стадія: нагрівання фосфатів разом з коксом і кремнеземом в електропечах без доступу повітря за $t = 1000 \dots 1300$ °С. При цьому перебігає реакція:



Додавання SiO_2 зв'язує CaO , що дає змогу видалити з зони реакції тугоплавкий оксид у вигляді легкоплавких рідких шлаків.

2 стадія: спалювання сконденсованого рідкого фосфору в надлишку повітря за температури $2100 \dots 1800$ °С за реакцією:

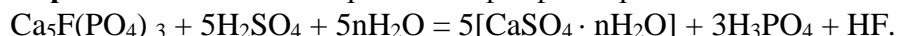


3 стадія: абсорбція. 60 % P_2O_5 абсорбується у башті спалювання, решта – в башті охолодження:



Концентрація кислоти не менш 73 %. Недолік способу – велика витрата електроенергії.

Екстракційний спосіб. Здрібнений фосфат оброблюють надлишком 70...75 % H_2SO_4 :



Якщо $n = 2$, то метод називають дигідратним. Екстракцію здійснюють за $t = 70 \dots 75$ °С, при цьому утворюється $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Якщо $n = 0,5$, то метод називають напівгідратним. Екстракцію здійснюють за $t = 95 \dots 100$ °С, при цьому утворюється $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Функціональну схему наведено на рис. 24.3.

В процесі змішування реагентів утворюється густа суспензія, яка практично не піддіється розділенню. Тому підтримують співвідношення Р:Т = 2...3,5:1 завдяки рециркуляції зворотної кислоти. Одержана фосфатна кислота не концентрована, містить домішки і її використовують для виробництва фосфорних добрив. На 1 т кислоти утворюється 1,5 т фосфогіпсу (гіпс з невідмитою фосфатною кислотою), що утворює значні екологічні проблеми. Можливо одержувати з відходів цемент, амоній сульфат, алебастр, використовувати для меліорації. Но практично фосфогіпс не використовують.

Питання для самоконтролю:

1. Історія відкриття та отримання фосфорної кислоти.
2. Фізичні властивості фосфорної кислоти.
3. Хімічні властивості H_3PO_4 .
4. Значення фосфорної кислоти.
5. В які способи одержують фосфатну кислоту? Охарактеризуйте ці способи. В чому різниця продуктів, одержаних в ці способи?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 7. ТЕХНОЛОГІЯ ОСНОВНОЇ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ. ВИРОБНИЦТВО ТА ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПОЛІМЕРІВ ТА КОМПОЗИТІВ

Лекція 9. Дегідрогенування карбоногідрогенів та процеси гідрування

Мета заняття: знати фізико-хімічні основи та технологію одержання ацетилену, бутадієну, стиролу та метанолу.

План лекції: 9.1. Продукти і сировина промисловості основного органічного синтезу

9.2. Виробництво ацетилену крекінгом метану

9.3. Виробництво бутадієну (дивінілу)

9.4. Виробництво стиролу (вінілбензолу)

9.5. Процеси гідрогенування

9.6. Синтез метанолу

9.1. Продукти і сировина промисловості основного органічного синтезу

До продуктів основного органічного синтезу належать насичені, ненасичені й ароматичні карбоногідрогени та їх похідні. Промисловість виробляє сировину для одержання інших органічних речовин, зокрема мономерів, а також продукти, які використовують як розчинники, холодоагенти, отрутохімікати, теплоносії, антифризи, добавки до палива, мийні засоби. Мономери – прості органічні речовини (етилен, пропілен, ізобутилен, хлорид вінілу, адипінова кислота), з яких одержують пластмаси, каучуки, волокна. Розчинники: карбоногідрогени, спирти, кетони, кислоти, ефіри, галогеноорганічні сполуки. Напівпродукти: анілін, хлорбензол, гліколи, гліцерин, феноли, ацетон, карбонові кислоти, ефіри, нітрогенсполуки, аміносполуки. Сировиною слугують парафіни, олефіни, діолефіни, етиленові й ароматичні карбоногідрогени, CO і водень. Джерелом карбоногідрогенів, CO і водню є нафта, вугілля і природний газ.

9.2. Виробництво ацетилену крекінгом метану

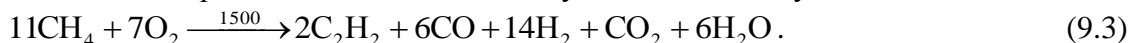
Сировиною є метан або суміш карбоногідрогенів, що містяться в природному газі чи в рідких фракціях перероблення нафти. За високих температур відбуваються такі реакції:



За таких високих температур утворений ацетилен може швидко розкладатися на вуглець і водень. Тому концентрація ацетилену буде тим вищою, чим менший час перебування прореагованої суміші в зоні високих температур. З іншого боку за температур, нижчих від 1200 °C, ацетилен у присутності водню термодинамічно нестійкий. Тому продукти реакції необхідно різко охолодити одразу ж на виході з реакційної зони. Розрізняють термічний крекінг, термоокисний піроліз і електрокрекінг (розклад у полум'ї електричної дуги).

Термічний крекінг здійснюють в печах-регенераторах з вогнетривкою насадкою з пластин глинозему. Насадка має циліндричні канали, якими рухаються гази. Продукти крекінгу містять близько 7...10 % об. ацетилену.

Термоокиснювальний крекінг полягає в неповному окисненні метану:



Високої температури досягають спалюванням частини природного газу. Суміш газів пропускають через піч з такою швидкістю, щоб згорання було неповним. Продукти крекінгу містять 8 % C₂H₂, 26 % CO, 54 % H₂, решта – CO₂, етилен, нерозкладений метан, азот. Ступінь перетворення метану на ацетилен становить 30...32 %. Після відділення ацетилену газ використовують для синтезу метанолу та інших продуктів.

Електрокрекінг відбувається під час пропускання газу через електричну дугу, де температура досягає 1600 °C. Для швидкого охолодження продуктів в нижню частину реактора вприскують воду. Склад продукту, % об.: C₂H₂ – 13...14; етилену – 1, водню – 50...55, непрореагованого CH₄ – 30...35. Ступінь перетворення метану – 50 %.

9.3. Виробництво бутадієну (дивінілу)

У промисловості бутадієн одержують двома основними способами: дегідрогенуванням бутану і за способом С.В. Лебедева. Бутадієн використовують як сировину для виробництва синтетичного каучуку.

Виробництво бутадієну дегідрогенуванням бутану. Одержують або за одну стадію:



або за дві стадії через бутилен:



Процес здійснюють під атмосферним тиском за температури 500...575 °С у присутності алюмохромового каталізатора. Застосовують контактні апарати з нерухомим шаром каталізатора, з киплячим шаром або з рухомим каталізатором. Ступінь конверсії бутану за одне проходження газу через каталізатор становить 40...60 %. Одержаний бутадієн у суміші з іншими карбоногідрогенами абсорбують маслом та відганяють їх з абсорбенту, а потім дивініл екстрагують водно-амонійним розчином купрум(І) ацетату, з яким бутадієн утворює водорозчинні комплекси. У разі кип'ятіння водного розчину, комплексна сполука розкладається, бутадієн-сирець очищають ректифікацією.

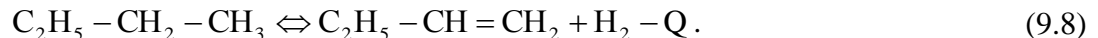
Виробництво бутадієну за способом С.В. Лебедева відбувається за реакцією:



Каталізатор – суміш цинку оксиду з алюмінієм оксидом. Побічні процеси призводять до утворення альдегідів, вищих спиртів, ефірів. З одержаних продуктів конденсують пару води і непрореагований етанол, після чого бутадієн абсорбується охолодженим етанолом. Далі він відділяється від спирту в ректифікаційній колоні. Після конденсації його подають на відмивання від альдегідів і ще раз ректифікують.

9.4. Виробництво стиролу (вінілбензолу)

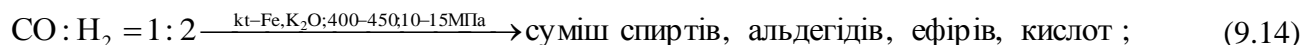
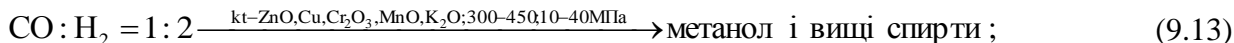
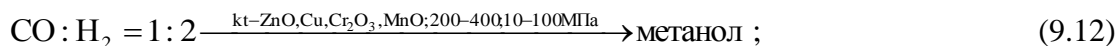
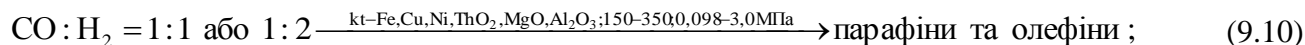
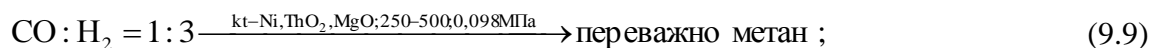
Стирол використовують у виробництві пластмас і синтетичного каучуку. Одержують дегідрогенуванням етилбензолу за реакцією:



Оптимальною є температура 560...600 °С; за вищої температури починається розклад етилбензолу і стиролу з утворенням бензолу, толуолу і смолоподібних продуктів. Ступінь перетворення зростає з пониженням тиску до 0,01 МПа. Каталізаторами слугують оксиди феруму, магнію, цинку, міді. Функціональну схему наведено на рис. 9.1. На стадії випарювання за рахунок теплоти перегрітої водяної пари прореагованої суміші етилбензол випаровується. Суміш його з водяною парою на стадії перегрівання нагрівається до 530 °С. Під час охолодження в котлі-утилізаторі одержують необхідну для процесу водяну пару. Конденсація відбувається спочатку водою, потім – розсолем. Конденсуються стирол і вода, які на стадії відстоювання розділяються. Стирол спрямовують на очищення від домішок інших карбоногідрогенів ректифікацією. Несконденсовані гази, які містять водень, використовують як паливо.

9.5. Процеси гідрогенування

Залежно від каталізатора, який використовують, температури, тиску і співвідношення CO: H₂, можна одержати продукти різного складу згідно з такими схемами:



Суміш CO і водню одержують конверсією метану або газифікацією твердого палива.

9.6. Синтез метанолу

Метанол застосовують у виробництві формальдегіду, метилового ефіру акрилової кислоти, метиламіну, барвників, лаків та ін. Метанол є розчинником та складовою частиною антидетонаційних сумішей та моторних палив. Метанол утворюється за такою реакцією:



Для зміщення рівноваги праворуч необхідно знижувати температуру і підвищувати тиск. Разом з тим за низьких температур швидкість процесу надзвичайно мала. Тому застосовують цинко-хромовий каталізатор (8ZnO·Cr₂O₃·CrO₃) який працює за температур 350...400 °С, тиск 25...30 МПа та надлишок водню CO : H₂ = 1 : 4. Одночасно відбуваються побічні реакції, які призводять до утворення CH₄, HCHO, CH₃-O-CH₃, H₂O. За одне проходження синтез-газу через каталізатор ступінь перетворення досягає лише 5...20 %, тому синтез здійснюють за циклічною схемою. Функціональну схему синтезу метанолу наведено на рис. 9.2.

На першій стадії очищення синтез-газ звільняється від механічних домішок, H₂S та інших сполук сульфуру, що отруюють каталізатор. Очищений газ стискають і змішують з газовою сумішшю, що циркулює. Далі методом абсорбції суміш очищають від Fe(CO)₅, який утворюється внаслідок взаємодії CO зі сталевією апаратурою та від машинного масла. Очищена газова суміш нагрівається за рахунок теплоти прореагованих газів і надходить на синтез метанолу. Продукти синтезу охолоджуються, віддаючи свою теплоту холодному синтез-газу. На стадії конденсації відбувається подальше їх охолодження, внаслідок чого пари метанолу конденсуються. Разом з ним конденсуються і пари побічних продуктів (формальдегіду, ацетону, вищих спиртів тощо). Утворений метанол-сирець відділяється від непрореагованої газової суміші та подається на ректифікацію. Тиск циркуляційного газу, який пройшов низку апаратів, падає, тому його дотискають і подають на змішування зі свіжим синтез-газом.

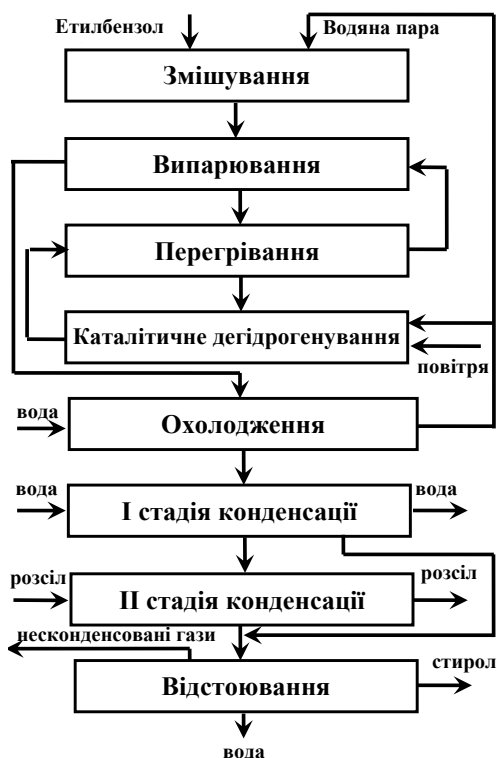


Рис. 9.1 – Функціональна схема виробництва стиролу з етилбензолу

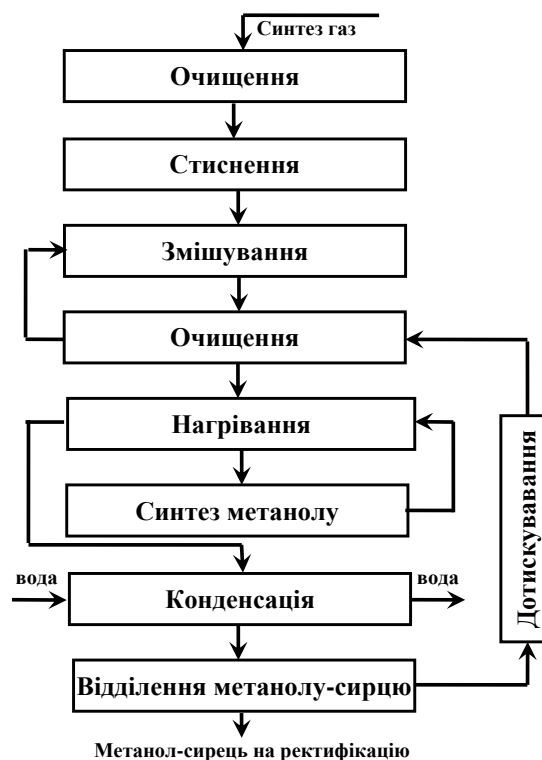


Рис. 9.2 – Функціональна схема синтезу метанолу

Питання для самоконтролю:

1. Які з речовин належать до продуктів основного органічного синтезу?
2. У чому полягає суть процесу дегідрогенування карбоногідрогенів?
3. Які хімічні реакції покладено в основу одержання ацетилену із карбоногідрогенів?
4. На які види поділяють високотемпературний крекінг метану?
5. Як здійснюють термічний крекінг метану?
6. Сутність термоокиснювального крекінгу та електрокрекінгу метану.
7. За якими схемами отримують дивініл?
8. У чому полягає одержання бутадієну за методом Лебедева?
9. Яка хімічна реакція є основою виробництва стиролу?
10. За яких умов здійснюють процес одержання стиролу?
11. Наведіть функціональну схему виробництва стиролу з етилбензолу.
12. За яких умов здійснюють процеси гідрогенування CO?
13. У яких технологічних процесах використовують метанол?
14. За яких умов здійснюють синтез мметанолу?
15. Наведіть функціональну схему синтезу метанолу.

Лекція 10. Гідратація та окиснення карбоногідрогенів

Мета заняття: знати фізико-хімічні основи та технологію одержання етилену, етанолу, ацетатної кислоти та формальдегіду.

План лекції: 10.1. Гідратація карбоногідрогенів

10.2. Окиснення карбоногідрогенів

10.1. Гідратація карбоногідрогенів

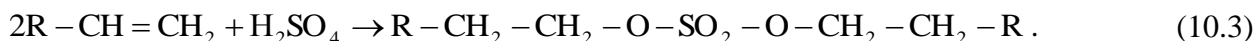
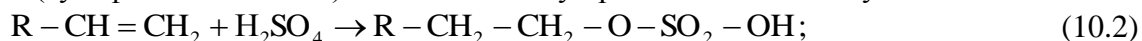
Гідратація ненасичених карбоногідрогенів дає змогу отримати одноатомні спирти за реакцією:



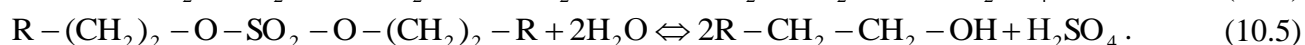
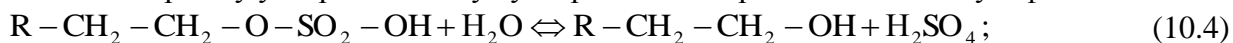
Всі алкени, крім етилену, утворюють вторинні або третинні спирти. Етилен утворює первинний спирт – етиловий. Вода може приєднуватися прямим або непрямим способами.

Прямий спосіб полягає у безпосередній взаємодії води з алкеном у присутності каталізатора (фосфатна кислота та її солі, сульфатна кислота, оксиди алюмінію, вольфраму). Вихід спирту зростає зі збільшенням тиску. Швидкість гідратації залежить від будови алкenu і довжини його карбонового ланцюга. Найбільша швидкість досягається у алкенів із розгалуженим карбоновим ланцюгом.

Непрямий (сульфатнокислотний) спосіб полягає у приєднанні до алкenu H_2SO_4 :

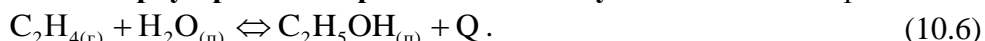


Унаслідок гідролізу утворених сполук утворюється спирт і виділяється сульфатна кислота



Зі збільшенням довжини карбонового ланцюга умови сульфатнокислотної гідратації полегшуються: зменшуються концентрація вихідної сульфатної кислоти, температура і тиск.

Виробництво етилового спирту прямою гідратацією етилену здійснюється за реакцією:



Вихід спирту зростає за умови зниження температури і підвищення тиску. Для збільшення швидкості застосовують каталізатор (фосфатна кислота, нанесена на силікагель або синтетичний алюмосилікат), який проявляє найвищу активність за 290...300 °С. Тиск – 7 МПа.

Функціональну схему виробництва етанолу наведено на рис. 10.1. Свіжий етилен і той, що циркулює, стискають до тис 7 МПа і змішують з водяною парою до співвідношення $H_2O: C_2H_4 = 0,65:1$. Парогазова суміш підігривається спочатку за рахунок теплоти прореагованих газів у теплообміннику, а потім – гарячих топкових газів у трубчастій печі до температури 290...300 °С. Нагріту суміш подають на стадію каталітичної гідратації. Продукти каталізу на стадії нейтралізації відмиваються від парів фосфатної кислоти розчином лугу, віддають свою теплоту в теплообміннику і далі охолоджуються водою, при цьому з них конденсуються пари етанолу. Конденсат відділяють від непрореагованого етилену, який повертають в процес. Сконденсований 15...16 % етиловий спирт подають на очищення ректифікацією. Перевагою цього способу є простіша технологія та зменшення корозії апаратів і трубопроводів порівняно з сульфатнокислотною гідратацією, тому саме пряму гідратацію етилену ширше застосовують у промисловості.

Виробництво ацетату альдегіду (етанолу) гідратацією ацетилену. За реакцією Кучерова ацетилен за температури 100 °С, барботуючи через 10 % розчин сульфатної кислоти, що містить каталізатор – меркурію(II) сульфат, гідратується і перетворюється на етаналь:



Ступінь перетворення ацетилену за один цикл становить 50...60 %, тому він після відділення утвореного ацетальдегіду повертається в процес. Вихід цільового продукту становить 96 % від теоретичного. Каталізатор під час гідратації частково розкладається, виділяючи металічну ртуть. Тому відпрацьований каталізатор періодично подають на регенерацію, яку здійснюють феруму(III) сульфатом. Функціональну схему виробництва наведено на рис. 10.2.

На стадії змішування свіжий ацетилен після попереднього очищення змішується з циркуляційним. Одержана суміш надходить на стадію гідратації, куди також подають водяну пару для підтримання температури 80...100 °С та розчин каталізатора після його регенерації.

Парогазова суміш після гідратації охолоджується у дві стадії, на першій з яких конденсується здебільшого пари води. Утворений конденсат відділяють і повертають на стадію гідратації, а несконденсовані гази охолоджують далі, при цьому з них конденсуються залишки водяної пари та

основна маса ацетальдегіду, яку відділяють від газу на наступній стадії. Несконденсовані гази відмивають від залишків ацетальдегіду і повертають у цикл виробництва. Частину газу подають на очищення від азоту і CO₂, щоб унеможливити накопичення їх у циркуляційному ацетилені. Розчин ацетальдегіду подають на очищення ректифікацією.

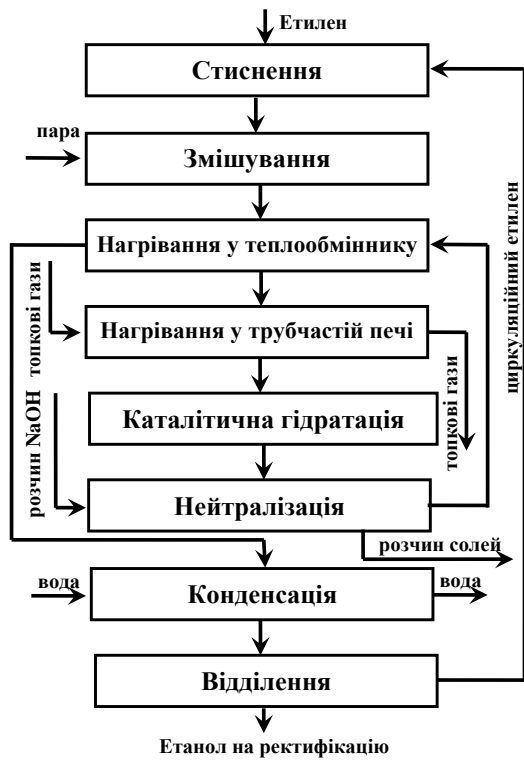


Рис. 10.1 – Функціональна схема одержання етанолу гідратацією етилену в паровій фазі

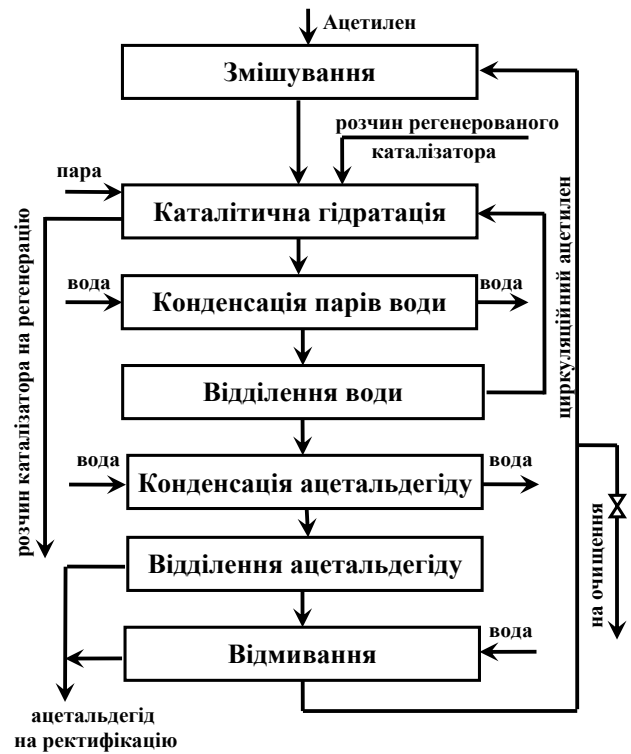
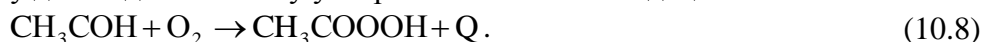


Рис. 10.2 – Функціональна схема виробництва ацетальдегіду гідратацією ацетилену

10.2. Окиснення карбоногідрогенів

Неповне окиснення карбоногідрогенів широко застосовують для одержання спиртів, фенолів, альдегідів, кетонів, органічних кислот тощо. Окиснення переважно здійснюють киснем повітря, а деколи – чистим киснем, озоном, водяною парою або оксидами нітрогену. Низькомолекулярні карбоногідрогени ($C_1 \dots C_6$) окиснюють у газовій фазі за атмосферного тиску і температури близько $500\text{ }^\circ\text{C}$ у присутності каталізатора. Окиснення вищих парафінів і нафтенів зазвичай здійснюють у рідкій фазі.

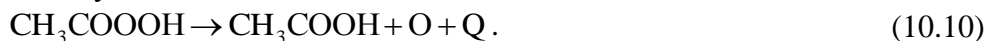
Виробництво ацетатної кислоти окисненням ацетальдегіду. Окиснення відбувається у рідкій фазі за температури $60\text{ }^\circ\text{C}$ у дві стадії. Спочатку утворюється нестійка надацетатна кислота:



Ця кислота взаємодіє з ацетальдегідом, унаслідок чого утворюється ацетатна кислота:

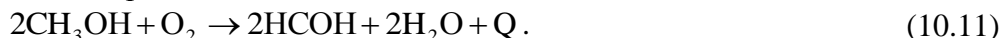


Може також відбуватися побічна реакція розкладу надацетатної кислоти, яка супроводжується виділенням атомарного кисню і значної кількості теплоти:



Ця реакція може призвести до вибуху установки виробництва ацетатної кислоти. Отже, треба уникати накопичення надацетатної кислоти в розчині, тому швидкості перших двох основних реакцій повинні бути однаковими. Цього досягають підбором відповідного каталізатора – кобальто-мангановий каталізатор, розчинений в ацетатній кислоті. Функціональну схему виробництва наведено на рис. 10.3. Каталізатор розчиняють в оборотній продукційній ацетатній кислоті. Одержаний розчин разом з ацетальдегідом подають на стадію каталітичного окиснення, куди також надходить кисень. Теплота окиснення відводиться охолоджувальною водою. Парова фаза скеровується на конденсацію, яка відбувається внаслідок охолодження розсолем. Конденсат відділяють від несконденсованих газів і повертають на стадію каталітичного окиснення. Несконденсовані гази викидають в атмосферу. Утворену ацетатну кислоту разом з розчиненим у ній каталізатором подають на стадію первинної ректифікації. Ректифікатом є ацетатна кислота, забруднена домішками, яку подають на подальше очищення ректифікацією. Фазою з низькою температурою кипіння є розчин каталізатора, який подають на регенерацію.

Виробництво формальдегіду. Формальдегід використовують для виробництва фенолформальдегідних, карбамідних, меламінових та інших смол, уротропіну, гліколевої кислоти, етиленгліколю, гліцерину, барвників, вибухових речовин, фармацевтичних препаратів. Формальдегід одержують окисненням метанолу, яке відбувається в присутності каталізатора – срібла, нанесеного на пористий носій (пемзу) за такою реакцією:



Частково відбувається також ендотермічна реакція дегідрогенування метанолу:



Функціональну схему виробництва формальдегіду подано на рис. 10.4.

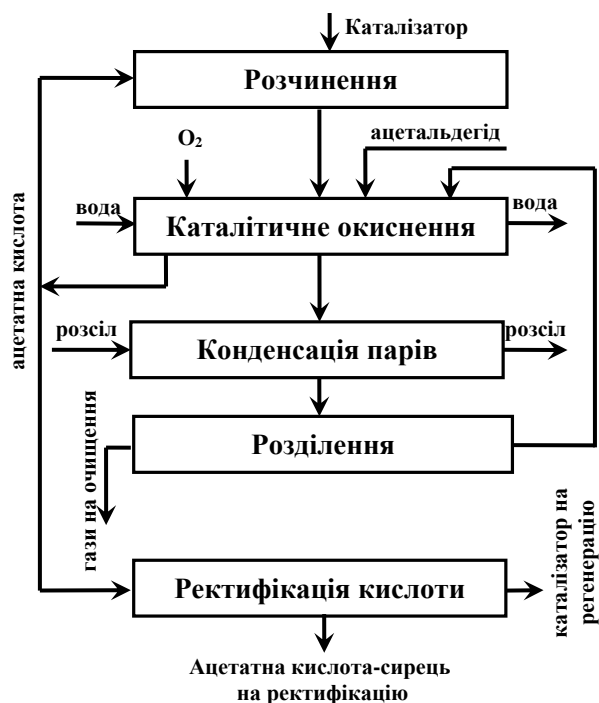


Рис. 10.3 – Функціональна схема виробництва ацетатної кислоти

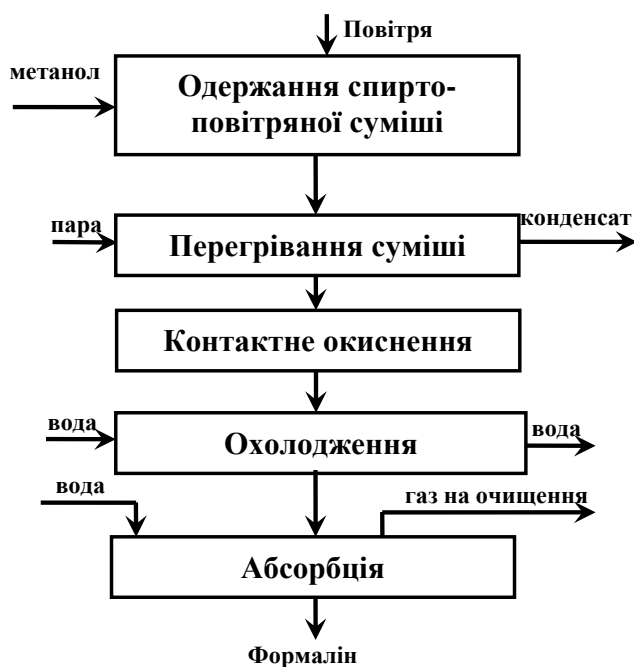


Рис. 10.4 – Функціональна схема виробництва формальдегіду

Метанол, нагріваючись, випаровується за температури 45...55 °С, утворюючи з повітрям, яке барботує через рідкий метанол, спиртоповітряну суміш (0,5 г CH_3OH на 1 л суміші). Менший вміст метанолу в суміші зумовлює небезпеку вибуху, а більший – посилює побічні реакції. Щоб уникнути можливої конденсації спирту, суміш нагрівають до 110 °С. На стадії контактного окиснення у контактному апараті в шарі срібного каталізатора за температури 650...700 °С утворюється формальдегід. Проконтактований газ, який виходить з контактного апарата і містить (% об): CH_2O – 20...21; N_2 – 36...38; решта – домішки H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , CH_3OH та інші, охолоджуються водою до 110...130 °С. Щоб унеможливити полімеризацію формальдегіду, температура не повинна бути нижчою, ніж 110 °С. Далі гази подають в абсорбер, де формальдегід поглинається водою з одержанням 33...40 % розчину – формаліну, який, запобігти полімеризації містить 10...12 % метилового спирту.

Питання для самоконтролю:

1. На яких хімічних перетвореннях ґрунтується одержання одноатомних спиртів методом гідратації?
2. Якими способами забезпечують приєднання води у виробництві одноатомних спиртів?
3. Наведіть функціональну схему одержання етанолу каталітичною гідратацією етилену в паровій фазі.
4. Якими хімічними реакціями описують одержання ацетату альдегіду?
5. Наведіть функціональну схему виробництва ацетату альдегіду.
6. За якою хімічною реакцією одержують ацетатну кислоту?
7. Зобразіть функціональну схему одержання ацетатної кислоти.
8. Внаслідок яких хімічних перетворень одержують формальдегід?
9. Наведіть функціональну схему одержання формальдегіду.

Лекція 11. Класифікація високомолекулярних сполук та методи їх одержання

Мета заняття: знати класифікацію, фізико-хімічні основи та головні методи одержання

високомолекулярних сполук.

План лекції: 11.1. Класифікація високомолекулярних сполук (ВМС).

11.2. Фізико-хімічні основи одержання ВМС.

11.3. Головні методи одержання ВМС.

11.1. Класифікація високомолекулярних сполук (ВМС)

Високомолекулярними сполуками (ВМС) називають речовини з молекулярними масами від сотен до десятків мільйонів карбонових одиниць. До складу макромолекул ВМС входять з'єднані між собою у певній черговості однакові атоми або групи атомів, унаслідок чого їх називають полімерами. До головних полімерів належать пластмаси, каучуки та еластомери, целюлоза, хімічні волокна, лаки, плівки та інші ВМС.

ВМС класифікують за походженням, хімічним складом основного ланцюга, структурою макромолекули, методом одержання, реакцією на дії високих температур.

За походженням розрізняють природні, штучні та синтетичні полімери. Природні полімери утворюються внаслідок перебігу біохімічних процесів у клітинах живих організмів. До таких ВМС належать целюлоза, крохмаль, білки та амінокислоти, ферменти. Штучні полімери (натуральний каучук, вовна, лігнін, целюлоза) отримують із природних матеріалів виділенням, очищенням і переробленням природних полімерів. Синтетичні полімери (поліетилен, полістирол, каучук, капрон та ін.) виробляють із низькомолекулярних сполук.

За хімічним складом головного ланцюга полімери класифікують на карбоноланцюгові, гетероланцюгові та елементорганічні. У карбоноланцюгових полімерах головний ланцюг складається лише з атомів карбону (поліетилен, фторопласт, полістирол). Головний ланцюг гетероланцюгових полімерів складається з атомів Карбону, які чергуються з атомами Оксигену, Нітрогену, Сульфуру тощо. Наприклад, капрон $(-CO-(CH_2)_5-NH-)_n$ і лавсан $(-OCO-C_6H_4-COONH_2-CH_2-CH_2-)_n$. Елементорганічні сполуки в головному ланцюзі атомів Карбону не містять, наприклад, силіційорганічні полімери.

За будовою макромолекул розрізняють лінійні (поліетилен), розгалужені (крохмаль) та тримірні (фенолформальдегідні новолачні та резольні ВМС) полімери.

За методом одержання полімери поділяють на полімеризаційні (поліетилен, полівінілхлорид, полістирол, флюорпласт, поліпропилен та ін.) та поліконденсаційні (фенолформальдегідні, поліуретани, поліамід, полісилоксани).

За дією нагрівання полімери поділяють на термопластичні та термореактивні (реактопласти). Термопластичні полімери з підвищенням температури переходять з твердого у в'язкоплинний стан, а після охолодження знову тверднуть. У термореактивних полімерах за підвищених температур відбувається поперечне зшивання макромолекул, унаслідок чого вони тверднуть, втрачають здатність до плавлення і стають нерозчинними.

11.2. Фізико-хімічні основи одержання ВМС

Полімеризацією називають реакції між мономерами, які мають подвійні зв'язки, з утворенням макромолекули. Вона відбувається внаслідок розривання цих зв'язків або розкриття циклу. Без виділення жодних низькомолекулярних речовин, а утворена ВМС має такий самий елементний склад, як вихідний мономер. Загальна схема полімеризації:



де $[-A-]$ – елементарна ланка, n – ступінь полімеризації.

Залежно від механізму процесу полімеризацію поділяють на ланцюгову та ступеневу.

Ланцюгова полімеризація складається з трьох елементарних стадій: ініціювання, росту ланцюга, обривання ланцюга. Активними центрами ланцюгової полімеризації є радикали або іони. Утворюються радикали внаслідок дії фізичних чинників (теплоти – термічна полімеризація, квантів світла – фотохімічна, γ -випромінювання – радіаційна) або хімічних речовин – ініціаторів (пероксиди), які є нестійкими і легко розкладаються, генеруючи радикали. Іонна полімеризація відбувається в реакційному середовищі містяться каталітично активні сполуки (кислоти, галогеніди металів), які з мономером утворюють активований комплекс, що надалі дисоціює на іони – власне вони й спричиняють ріст ланцюга.

Ступенева полімеризація відбувається послідовним приєднанням молекул мономера одна до одної внаслідок перегрупування, зумовленого міграцією атому Гідрогену або інших груп атомів між молекулами.

Поліконденсацією називають реакцію взаємодії ди- або поліфункціональних молекул, що супроводжується відщепленням низькомолекулярних продуктів (води, амоніаку, спирту, гідрогену хлориду тощо). Розрізняють декілька видів поліконденсації: лінійна, розгалужена або тривимірна, гомо- і гетерополіконденсація. Лінійна поліконденсація відбувається лише за участю дифункціональних молекул, що призводить до утворення лінійних макромолекул. Розгалужена поліконденсація відбувається тоді, коли в реакції беруть участь мономері з трьома або більшою кількістю функціональних груп, у результаті чого утворюються сітчасті полімери. Поліконденсацію, яка відбувається за участю мономера лише одного типу, називають гомополіконденсацією. Якщо в утворенні полімеру беруть участь різні мономері, причому функціональні групи одних мономерів взаємодіють тільки з функціональними групами інших, то таку реакцію називають гетерополіконденсацією.

11.3. Головні методи одержання ВМС

У промисловості полімеризацію здійснюють різноманітними методами: переважно у масі, розчині, емульсії або суспензії.

Полімеризація в масі полягає в тому, що в реактор подають газоподібний або рідкий мономер, в який попередньо додають ініціатор або каталізатор, а потім нагрівають до необхідної температури. Головний недолік – складність регулювання температурного режиму в масі з високою в'язкістю, що призводить до утворення неоднорідного продукту.

Полімеризацію в розчині здійснюють в інертному розчиннику. Залежно від того, що розчиняється в розчиннику: чи тільки мономер, чи і мономер, і полімер, одержують різні продукти. У першому випадку полімер випадає в осад і його виділяють фільтрацією. У другому – утворюється лак як готовий продукт. Саме цей метод полімеризації переважно застосовують для виробництва синтетичних лаків і клеїв.

Полімеризацію в емульсії здійснюють диспергуванням мономера у воді у присутності диспергувальних агентів – емульгаторів (наприклад, мил), а для ініціювання процесу застосовують водорозчинні ініціатори окисно-відновного типу. Полімеризація переважно відбувається на поверхні мономер-полімерних частинок унаслідок дії адсорбційних шарів емульгатора. Емульсійна полімеризація дає змогу здійснювати полімеризацію з високою швидкістю, за низьких температур й одержувати продукт із великою молекулярною масою.

Суспензійну полімеризацію також здійснюють, диспергуючи мономер у водному середовищі, в якому розчинений ініціатор, але дисперсність крапельок коливається віє 1 мкм до 1 мм. Полімеризацію в кожній окремій краплі можна розглядати як полімеризацію у масі. Цей вид полімеризації дає змогу одержувати продукт у вигляді дисперсних частинок з вузьким діапазоном молекулярних мас.

Поліконденсацію здійснюють у розплаві, розчині на межі розділу фаз, у твердому стані.

Поліконденсація в розплаві є гомогенним процесом, який здійснюють без застосування розчинника за температури 200...400 °С. Щоб запобігти окисненню мономерів або термодеструкції утвореного полімеру, процес спочатку здійснюють у потоці інертного газу, а потім під вакуумом, створити який необхідно для вилучення побічних продуктів. Цим способом одержують полімери лінійної структури: поліаміди, поліефіри, полііміди. Переваги – великий вихід полімеру високої чистоти, простота обладнання, можливість формування волокон і плівок одразу ж після утворення розплаву. Недоліки – необхідність використання тільки термостійких мономерів, значна тривалість процесу, застосування високих температур.

Поліконденсація у розчині полягає в здійсненні рідкофазового гомогенного процесу, у якому мономері перебувають у розчиненому стані. Метод дає змогу одержувати полімери у порівняно м'яких умовах, забезпечується швидке і рівномірне змішування реагентів та інтенсивний теплообмін. Часто розчинник підбирають так, щоб він виконував функції каталізатора. Однак швидкість поліконденсації у розчині нижча, ніж у розплаві, зростає ймовірність утворення циклічних побічних продуктів, а також ускладнюється відділення низькомолекулярних фракцій від продукту.

Міжфазова поліконденсація відбувається на межі розділу двох фаз: або двох рідин, які не змішуються, або рідкої та газової. У першому випадку вихідні реагенти розчиняються окремо в розчинниках, які між собою не змішуються. У наслідок змішування двох розчинів на межі розділу фаз миттєво утворюється полімер. Цей метод доцільно застосовувати, якщо вихідні мономері мають дуже високу реакційну здатність або якщо вони характеризуються низькою термічною стійкістю, і тому інші способи поліконденсації застосовувати практично неможливо. Однак цей метод потребує використання великих об'ємів рідин-розчинників, які після закінчення процесу необхідно регенерувати. Поліконденсація на межі розділу рідини і газу здійснюється барботажем газоподібного реагенту через розчин мономера. Спосіб належить до безперервних процесів, забезпечує їх високу продуктивність, легкокерований, дає змогу одержувати кополімери.

Твердофазова поліконденсація відбувається за участю мономерів, які перебувають у твердому або склоподібному стані. Зазвичай таку поліконденсацію здійснюють безпосередньо в спеціальній формі, внаслідок чого зразу ж одержують готовий виріб. Процес відбувається за підвищених температур і тиску.

Питання для самоконтролю:

1. Які речовини називають високомолекулярними (ВМС)?
2. Наведіть класифікацію ВМС за різними ознаками.
3. Як впливає будова ВМС на їх фізичні та хімічні властивості?
4. Які з полімерів – термопласти чи реактопласти можна переробляти неодноразово?
5. Які існують механізми полімеризації?
6. Сутність процесу поліконденсації. На які види поділяють процеси поліконденсації?
7. У чому полягає принципова відмінність між процесами полімеризації та поліконденсації?
8. Охарактеризуйте промислові методи полімеризації та поліконденсації.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 8. СИРОВИНА ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Лекція 12. Сировинна база хімічних виробництв

Мета заняття: знати класифікацію сировини за різними ознаками, основні принципи збагачення сировини.

План лекції: 12.1. Тенденції розвитку сировинної бази

12.2. Класифікація сировини:

12.3. Принципи збагачення (концентрування) та розділення сировини

12.1. Тенденції розвитку сировинної бази

Сировиною називають природні матеріали, використовувані у виробництві промислових продуктів. Сировина – один з основних елементів технологічного процесу, що визначає в значній мірі його економічність, технологію виробництва і якість продукту. Забезпечення виробництва якісною і дешевою сировиною, підготовки її до основного технологічного циклу є завданням сировинної підсистеми ХТС.

Сучасна епоха розвитку виробництва характеризується тим, що природні сировинні джерела переважно виснажились, видобування корисних копалин дедалі ускладнюється, а якість природної сировини погіршується. Дефіцит того чи іншого виду сировини виникає практично у всіх країнах світу. Проблема забезпечення виробництва сировиною є актуальною і в Україні. Особливо вона загострилась із дезінтеграцією міжреспубліканських зв'язків, що були сформовані у СРСР. Однією з причин цього було економічно необґрунтоване розташування виробничих потужностей щодо джерел сировини: часто сировину для перероблення перевозили за тисячі кілометрів від місця її видобування (наприклад сировиною для виробництва простого суперфосфату на Одеському суперфосфатному заводі був апатит Хібінського родовища). І нині недостатньою залишається повнота й глибина перероблення сировини, ефективне використання відходів як сировини для інших виробництв. Наприклад, глибина перероблення нафти на деяких нафтопереробних підприємствах України не перевищує 55 %. Гострою залишається проблема утилізації сульфур(IV) оксиду з димових газів ТЕЦ. Хоча у світовій практиці приклади успішного вирішення цієї проблеми вже є. Зокрема, Франція потреби у сульфатній кислоті забезпечує приблизно на 80 %, саме утилізуючи SO_2 із відхідних газів.

Сказане вище та інші обставини зумовили формування таких тенденцій розвитку сировинної бази: комплексне перероблення сировини; перероблення попередньо концентрованої (збагаченої за основним компонентом) сировини; заміна органічної сировини неорганічною; використання сировини із місцевих джерел; використання одними підприємствами відходів інших як сировини.

12.2. Класифікація сировини

Сировину хімічної промисловості класифікують за певними ознаками: походженням, запасами, хімічним складом, агрегатним станом, генезисом.

За походженням сировину поділяють на мінеральну, рослинну і тваринну, повітря та воду. Переважає мінеральна сировина, тобто корисні копалини, що видобувають із земних надр. Мінеральна сировина у свою чергу поділяється на рудну, нерудну і горючу.

Рудною мінеральною сировиною називають гірські породи або мінеральні агрегати, з яких економічно вигідно одержувати метали та деякі неметали у технічно чистому вигляді. Металовмісна мінеральна сировина складається з природних мінералів (переважно це оксиди та сульфідні металів (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , Cu_2S , $FeCuS_2$, ZnS та багато інших, або саморідні чисті метали (Au)) та супутньої (пустої) породи (SiO_2 , Al_2O_3 , $CaCO_3$). Руди, що містять декілька металів у кількостях, достатніх для їх витягу, називаються поліметалічними, наприклад: мідно-нікелеві ($CuS-NiS-FeS$), свинцево-цинкові ($PbS-ZnS$), свинцево-молібденові та ін. До рудної мінеральної сировини належать також такі її види, які як головний компонент містять неметал. Наприклад, сірчана руда, що складається з вільної сірки та пустої породи.

Нерудна мінеральна сировина – це гірські породи, які використовуються для виробництва хімічних, будівельних та інших неметалевих матеріалів. Вона є дуже різноманітною за хімічним складом і може застосовуватись як у первісному вигляді (силікати (пісок, глини), слюда), або зазнавати хімічних перетворень з одержанням відповідних продуктів (з фосфоритів одержують фосфатну кислоту, з карбонатів – вапно).

Мінеральна горюча сировина (викопна) – буре та кам'яне вугілля, торф, сланці, нафта,

природний газ. Вона утворена переважно органічними речовинами і використовується як джерело енергії (енергетичне або технологічне паливо) або як хімічна сировина (переважно в органічному синтезі та металургії).

Рослинна і тваринна сировина поділяється на харчову і технічну. До харчової належать продукти сільського господарства – пшениця, соняшник, картопля, цукровий буряк, масла, жири, молоко, з яких отримують маргарин, крохмаль, цукор тощо. З технічної сировини отримують продукти побутового та технічного призначення: з деревини – папір, целюлозу, спирти; з бавовнику – целюлозу, вибухові речовини; з рослинних олій та тваринних жирів – мила, лакофарбові матеріали; з кукурудзи, соняшникової, рисової та бавовникової лузки – кормовий білок, фурфурол, ксиліт, сорбенти; з китового жиру (умбри) – парфумерію.

Повітря та вода є найдешевшими, найпоширенішими та найдоступнішими видами сировини та реагентів. Повітря є потужним джерелом азоту, кисню, аргону. Практично без попереднього підготовки воно використовується у паливній енергетиці, у виробництві нітратної та сульфатної кислот. Вода як сировина та розчинник застосовується у виробництві мінеральних та органічних кислот, гідрометалургії та багатьох інших технологічних процесах.

За запасами сировину поділяють на:

- **невідтворювану** (руди, мінерали, горючі копалини);
- **відтворювану** (вода, повітря, рослинна і тваринна сировина).

За агрегатним станом сировину поділяють на:

- **тверду** (мінеральні руди, карбонати, вугілля, сланці);
- **рідку** (нафта, вода, розсоли);
- **газоподібну** (повітря, природний газ).

За хімічним складом сировину підрозділяють на:

- **органічну** (нафта, вугілля, природний і технологічний газ);
- **неорганічну** (руди, мінерали, повітря, вода).

За генезисом (утворенням) сировину класифікують так:

– **первинна** (природна), яка утворюється унаслідок природних процесів, у тому числі біохімічних (мінеральна, рослинна та тваринна, горючі копалини, вода, повітря);

– **штучна**, яку одержують обробленням первинної сировини. Наприклад, гас як сировина для синтезу вінілхлориду є продуктом перероблення нафти як первинної сировини.

– **вторинна**. Вона утворюється як відходи в процесах перероблення первинної та штучної сировини у цільові продукти, або є у вигляді продуктів споживання та засобів виробництва, які втратили споживчу вартість чи функціональне призначення. До них належать відходи побутові (макулатура) та промислові (металева стружка), а також технічно застарілі чи не відновлювальні станки, прилади, транспортні засоби тощо.

12.3. Принципи збагачення (концентрування) та розділення сировини

Природна сировина є переважно багатокомпонентною сумішшю, що крім корисної речовини, з якої власне отримують продукт, містить додаткові компоненти та різноманітні домішки. Чим вищий вміст додаткових компонентів і домішок, а отже, менша концентрація корисного компонента у сировині, тим більші транспортні витрати, витрати енергії на переміщення сировини за технологічною схемою, її нагрівання, перемішування. Низька концентрація корисного компонента в сировині призводить до зменшення швидкості хіміко-технологічних процесів ступеня вилучення чи перетворення основного компонента, зумовлює перевитрати реагентів і матеріалів, потребує використання основного (реактори) і допоміжного (транспортери, ємності з мішалками, насоси) обладнання із значно більшими робочими об'ємами та потужностями. Окрім того, інертні компоненти і домішки, що містяться у сировині, можуть забруднювати отриманий продукт, а це вимагатиме додаткових витрат на його очищення. Усе це разом може різко погіршити техніко-

економічні показники виробництва порівняно з таким, де використовують висококонцентровану сировину або чисті реагенти.

Додаткові компоненти та домішки можуть бути інертними (нейтральними) або активними (реакційно здатними). Інертні домішки зменшують концентрацію цінного компонента, зменшують швидкість фізико-хімічних процесів, але в хімічних процесах участі не беруть, тобто побічні продукти у цьому випадку не утворюються. Наприклад, у повітрі, кисень якого служить реагентом для окиснення SO_2 до SO_3 у виробництві сульфатної кислоти, азот, аргон, карбон(IV) оксид є інертними компонентами, які на хімізм процесу не впливають.

Активні компоненти різко погіршують якість сировини та перебіг технологічного процесу її перероблення у продукт через те, що відбуваються побічні реакції. Інколи вони навіть унеможливають використання сировини без її попереднього підготовлення або очищення: природний газ, який містить водень сульфід, не можна використовувати як паливо в побуті, бо утворюється SO_2 , що забруднює довкілля; сульфуровмісні сполуки як компоненти нафти призводять до інтенсивної корозії обладнання та отруєння каталізаторів у процесах її перероблення.

Отже, більшість видів сировини, особливо природної, перед переробленням необхідно очищувати від домішок, тобто концентрувати за основним (цінним) компонентом. Такі процеси називають збагаченням. **Збагачення** – це сукупність фізичних, фізико-хімічних, хімічних і біохімічних методів оброблення сировини з метою вилучення домішок і одержання її концентрату з якомога вищим вмістом основного компонента.

Збагачення сировини, зокрема, корисних копалин (руд, вугілля) є зазвичай складними багатостадійними і доволі вартісними процесами, але їх застосування дає змогу значно інтенсифікувати технологічні процеси перероблення збагаченої сировини у продукти, або істотно зменшити забруднення довкілля.

Сировина часто містить декілька корисних компонентів. У цьому випадку її розділяють на компоненти не тільки з метою вилучення домішок, але й для розділення цінних компонентів, які перебувають разом у багатокомпонентній сировині. При цьому техніко-економічна ефективність виробництва різко зростає, бо є змога одержати ширшу номенклатуру продукції внаслідок комплексного перероблення одного виду сировини.

Розділення чи збагачення сировини здійснюють найрізноманітнішими методами й процесами, які базуються на різних властивостях компонентів сировини. Залежно від суті процесів, на яких ґрунтуються методи збагачення й розділення, їх можна поділити на чотири групи: фізичні, фізико-хімічні, хімічні, біохімічні.

У фізичних методах розділення відбувається лише внаслідок перебігу фізичних процесів під дією фізичних чинників, які не призводять до хімічних перетворень. Методи цієї групи базуються на різниці фізичних показників або властивостей (характеристик) окремих компонентів сировини (густини, твердості, магнітної сприйнятливості, електропровідності тощо).

Фізико-хімічні методи полягають у розділенні суміші на компоненти, внаслідок зміни їх хімічного складу, яка відбувається під впливом фізичних факторів (температури, електромагнітних випромінювань тощо).

Хімічні методи базуються на зміні хімічного складу суміші внаслідок хімічних перетворень під дією спеціально введених у систему реагентів. Їх поділяють на оборотні та необоротні.

Біохімічні методи ґрунтуються на застосуванні мікроорганізмів, які використовують цінний компонент або, рідше, домішки як поживну речовину.

Дуже часто процеси збагачення чи розділення сировини здійснюють як типові хіміко-технологічні процеси.

Питання для самоконтролю:

1. Опишіть тенденції розвитку сировинної бази України.

2. Наведіть класифікацію сировини походженням, запасами, хімічним складом, агрегатним станом, генезисом. Наведіть приклади.
3. Що таке збагачення сировини? Якими методами його здійснюють?

Лекція 13. Вода і повітря у хімічній промисловості

Мета заняття: мати поняття про значення води та повітря у хімічних технологіях, знати основні їх властивості та методи підготовки.

План лекції: 13.1. Вода у хімічній промисловості.

13.2. Повітря у хімічній промисловості

13.1. Вода у хімічній промисловості

Хімічна промисловість використовує воду у величезних кількостях і для найрізноманітніших цілей, що пояснюється комплексом цінних властивостей води, її доступністю і зручностями застосування. У ряді виробництв вода служить сировиною (виробництво водню, сульфатної та нітратної кислот, соди, у процесах гідратації та гідролізу.)

У багатьох виробництвах хімічної, металургійної, харчової і легкої промисловості вода використовується як розчинник твердих, рідких і газоподібних речовин. Часто її застосовують для механічного промивання газів і твердих матеріалів, із яких вона вимиває забруднення. Застосовується вода для пульпації сипучих матеріалів, у разі їхнього збагачення флотацією та іншими мокрими способами, а також і в процесі хімічного перероблення. В усіх зазначених прикладах вода застосовується безпосередньо для технологічних цілей. У набагато більших розмірах використовується вода як теплоносій. Воду охолоджують реакційні маси, нагріті унаслідок екзотермічних процесів. Водяна пара або нагріта (нерідко перегріта) вода застосовується для нагрівання взаємодіючих речовин для прискорення процесу або компенсації витрат теплоти в ендотермічних реакціях. Джерелом промислового водопостачання є природні води.

Якість води визначається її фізичними, хімічними та бактеріологічними показниками, які не тільки характеризують вміст у воді тих чи інших домішок, але й є підґрунтям для вибору раціональних технологій підготовки природної чи оборотної води до застосування її у конкретному технологічному процесі або очищення стічних вод.

Прозорість залежить від наявності у воді дисперсних завислих і колоїдних частинок, які можуть забруднювати продукт, поступово закупорювати трубопроводи. На цих частинках часто адсорбуються та розвиваються колонії мікроорганізмів, у тому числі патогенних.

Мінеральний залишок (загальний солевміст) підраховується шляхом сумачії концентрацій катіонів та аніонів, визначених в процесі проведення повного хімічного аналізу води.

Окисненість – показник, що характеризує вміст у воді органічних речовин. Окисненість чистих підземних вод становить зазвичай 1...3 мг O_2 /л, у той час як у водах поверхневих джерел окисненість підвищується до 10...12 мг O_2 /л.

Загальна жорсткість – сумарна концентрація у воді катіонів кальцію та магнію.

Загальна лужність води – це сумарна концентрація у воді всіх аніонів слабких кислот та гідроксид-іонів.

Активна реакція води виражається величиною рН. Залежно від значення цього параметра, води поділяють на кислі ($pH < 4$), слабкокислі ($4 \leq pH < 6,5$), нейтральні ($6,5 \leq pH < 7,5$), слабколужні ($7,5 \leq pH < 11$), лужні ($pH > 11$).

До **бактеріологічних показників** належить колі-індекс (coli-index), який характеризує ступінь бактеріального забруднення води. За цим показником води поділяють на добрі (до 3), задовільні

(3...10), слабо забруднені (100...1000), забруднені (1000...10000), сильнозабруднені (понад 10000).

Залежно від того, у яких конкретних виробництвах і технологічних процесах та для одержання яких саме продуктів використовується природна чи оборотна вода, до неї висуваються певні вимоги. Наприклад, якщо вода виконує роль теплоносія, то основними вимогами до неї є відсутність солей, що зумовлюють карбонатну жорсткість, та розчинених кисню і карбон(IV) оксиду. У технологіях чистих речовин і реактивів вода повинна бути демінералізованою, а у фармакологічних – ще й знезараженою, стерилізованою. Багатотоннажні виробництва (виробництво мінеральних добрив, солей, кислот тощо) використовують освітлену воду, до якої особливих вимог щодо її хімічного складу не висувається. Воду для процесів збагачення твердофазової сировини зазвичай використовують без попереднього підготовки.

Отже, технології підготовки води для різних виробництв будуть відрізнятися фізико-хімічними основами процесів очищення, різною кількістю стадій очищення та їх поєднанням. Вибір раціональної технології дає змогу покращити, перш за все, якість продукту, сповільнити корозію обладнання, зменшити енерговитрати, створити екологічно безпечніші виробництва.

Постійне зростання рівня забруднення природних вод та зменшення запасів чистих прісних вод, у тому числі й підземних, зумовлює підвищену увагу до вдосконалення методів і процесів не тільки підготовки до її використання в технологічних процесах, але й очищення стічних вод, які скидають у природні водойми.

Загалом підготовки води охоплює такі стадії: освітлення; знезараження; знесолення; дегазація; нейтралізація.

Методи підготовки води на цих стадіях можна підрозділити на такі групи:

1. фізичні (гравітаційні (відстоювання), відцентрові, термічні, криогенні, мембранні, проціджування, фільтрування, безреагентна флоатція));
2. фізико-хімічні (коагуляція, флоатція, йонний обмін, екстракція, сорбція, дистиляція, зворотний осмос, електрохімічні методи);
3. хімічні (нейтралізація, аерація, барботування, озонування, хлорування);
4. біологічні (біологічне розкладання, біологічне окиснення);

Найбільш розповсюдженими методами очищення природних вод від мінеральних домішок є дистиляція, йонний обмін, методи мембранної фільтрації (баромембранні процеси), електричні та реагентні методи. Менш значущі із-за їх рідкого практичного застосування, а також і менш економічні – це заморожування, вакуумне заморожування та стиснення пари.

13.2. Повітря у хімічній промисловості

У технологіях хімічної промисловості повітря використовується надзвичайно широко: у дуже великих кількостях та для вирішення найрізноманітніших завдань.

У промисловості застосовують повітря як суміш газів, так і окремі його компоненти.

Повітря використовують як:

- сировину для одержання кисню, азоту, аргону, неону, криптону, ксенону (гелій одержують в процесі перероблення природних газів деяких родовищ);
- реагент у хіміко-технологічних процесах окиснення (сірки до сульфур(IV) оксиду та SO_2 до SO_3 у виробництві сульфатної кислоти; аміаку до нітроген(II) оксиду, а потім NO до NO_2 в технології одержання нітратної кислоти; сульфідних руд під час окисного їх випалювання та плавлення; вуглеводнів для одержання спиртів, кислот, альдегідів, кетонів, сажі тощо);
- окисник для спалювання органічного палива у паливній енергетиці;
- теплоносієм та холодоагентом у технологічних процесах;
- середовищем для сухої класифікації твердих частинок;
- робоче тіло для здійснення транспортування (пневмотранспортування) твердих подрібнених

матеріалів і перемішування рідин (пневматичне перемішування), а також диспергування рідин та твердих частинок за допомогою форсунок чи інших механічних пристроїв;

- агент для здійснення процесів флотації шляхом його барботажу через суспензію;
- середовище у процесах біохімічного очищення стічних вод.

Залежно від технологічного призначення повітря, його попередньо очищують (від пилу, карбон(IV) оксиду, вологи) або використовують без підготовки.

Кисень, який одержують ректифікацією скрапленого повітря або мембранним розділенням атмосферного повітря, найчастіше застосовують у процесах кисневого окисного випалювання руд і плавлень металів, в органічному та неорганічному синтезі, біотехнологіях. Застосування чистого кисню замість повітря дає змогу збільшити швидкості технологічних процесів, а отже, зменшити об'єми, підвищити продуктивність та інтенсивність роботи обладнання, зменшити ймовірність забруднення продуктів.

Азот одержують аналогічними, як і кисень методами. Його використовують як сировину та захисне безкисневе середовище у технологіях підвищеної пожежо- та вибухонебезпечності, для створення анаеробної атмосфери у біохімічних технологіях.

Аргон і ксенон використовують переважно для створення інертної атмосфери в реакторах.

Скраплені гази (азот, кисень, аргон та інші) використовуються у криогенних технологіях як окиснювач (кисень), а також для створення глибокого холоду в процесах розділення ізотопів, для створення надпровідності.

Питання для самоконтролю:

1. Які вимоги висувають до води у промисловості?
2. Наведіть показники якості води.
3. Як використовують повітря та його компоненти у хімічній промисловості.

Лекція 14. Види й джерела енергії, застосовуваної в хімічній промисловості

Мета заняття: мати поняття про значення енергії у хімічних технологіях, знати основні їх властивості та методи підготовки.

План лекції: 14.1. Енергія у хімічному виробництві.

14.2. Використання вторинних енергоресурсів в виробництвах хімічної промисловості

14.1. Енергія в хімічному виробництві. Вторинні енергоресурси

У хімічній промисловості відбуваються різноманітні процеси, пов'язані або з виділенням, або з витратою, або з взаємними перетвореннями енергії. Енергія витрачається не тільки безпосередньо на проведення реакцій, але і на здійснення так званих допоміжних операцій: транспортування матеріалів, роздільного, фільтрування, стиснення газів і т.і. Основні види енергії, застосовуваної в тих або інших хімічних виробництвах, залежать від характеру технологічного процесу. Найбільш часто застосовують електричну і теплову енергію.

Сучасна хімічна промисловість – основний споживач теплової й електричної енергії. Виробництво багатьох хімічних продуктів характеризується високими питомими енерговитратами, що перевищують іноді 10 – 15 тон умовного палива на 1 т готового продукту. У світі щорічно споживається приблизно 6,5 млрд. тон умовного палива. Енергія витрачається не тільки на проведення ендотермічних хімічних реакцій, але також на виконання допоміжних операцій: нагрівання, стиск газів, дроблення й здрибнювання твердих речовин, транспортування матеріалів і ін. Внаслідок цього хімічні підприємства споживають значні кількості енергії різних видів. У вартості хімічної продукції витрати енергії становлять близько 10 %.

Енергоємність різних підприємств, тобто витрата енергії на одиницю продукції, різняться досить значно. Найбільша витрата енергії характерна для виробництв, здійснюваних при високих тисках і температурах.

Таблиця 14.1 – Витрата енергії на одиницю продукції в різних виробництвах

Продукція	Витрата електроенергії, кВт·год./т
Алюміній	18000 – 20000
Фосфор	13000 – 18000
Карбід кальцію (CaC ₂)	2700 – 3200
Синтетичний аміак	1400 – 2500
Хлор	2300 – 3500
Сірчана кислота	60 – 100
Аміачна селітра	7 – 15
Суперфосфат	2 – 10
Кальцинована сода	60

У хімічній промисловості застосовуються електрична, теплова, хімічна, світлова й внутрішньоядерна енергія.

Різні транспортуючі машини, конвеєри, компресори, насоси, мішалки – мають електричний привод. Електроенергія використовується для створення високих температур, наприклад, при виробництві фосфору й карбіду кальцію. Вона необхідна для здійснення електролізу розчинів (одержання водню, хлору, гідроокисів лужних металів) і розплавів (одержання Mg, Al, Na, K, Ca і ін.), для роботи електрофільтрів по очищення газів від пилу й туману.

Гнітючу частину електроенергії дають теплові електростанції. Основними видами енергетичного палива є кам'яне й буре вугілля, мазут і газ.

Енергетичні витрати становлять значну частину собівартості продукції, тому вдосконалювання виробництва з метою зниження витрати енергії – важливе завдання хіміків технологів.

Таблиця 14.2 – Показники виробництв продукції основного неорганічного синтезу України

Види продукції	Роки		
	2011	2012	2013
Кислота сірчана; олеум, тис. тон	1639	1454	1217
Гідроксид натрію (сода каустична) у водному розчині (їдкий натр або сода рідка), тис. тон	159	131	62,9
Спирт етиловий неденатурований з вмістом спирту не менш як 80 об. %, млн. дал	19,6	17,3	18,8
Аміак безводний, тис. тон	5262	5049	4237
Карбамід (сечовина), тис. тон	1833	1800	1355
Нітрат амонію, тис. тон	817	870	772
Виробництво мінеральних добрив (в перерахунку на 100 % поживних речовин), тис. тон	18828	17833	18441

Електрична енергія на хімічних підприємствах застосовується для проведення електрохімічних (електроліз розчинів і розплавів), електротермічних (плавлення, нагрівання, синтез за високих температур і т.д.), електромагнітних процесів. У промисловості застосовуються процеси, пов'язані з використанням електростатичних явищ (осадження пилу і туманів, електрокрекінг вуглеводнів та ін.). Широко використовується перетворення електричної енергії в механічну, що необхідна, переважно, для фізичних операцій – роздрібнення, змішання, центрифугування, роботи вентиляторів, компресорів і т.і.

Зараз у хімічні виробництва успішно впроваджуються енерготехнологічні схеми, де передбачається використання вторинної енергії стиснених рідин і газів для економії електричної енергії.

Теплова енергія в хімічній промисловості застосовується переважно для здійснення фізичних процесів, які не супроводжуються хімічними реакціями, – це нагрівання, плавлення, сушіння, випарювання, дистиляція, а також для нагрівання реагентів під час проведення хімічних реакцій. При цьому в якості теплоносія застосовуються топкові гази, одержувані спалюванням палива, водяна пара, а також ядерна енергія.

Ядерна енергія застосовується для виробництва електричної енергії на атомних електростанціях та для здійснення різноманітних радіаційно-хімічних процесів, у яких під впливом радіоактивних випромінювань відбуваються реакції полімеризації, одержання фенолу, аніліну й інших продуктів.

Хімічна енергія виділяється у вигляді теплоти внаслідок перебігу екзотермічних хімічних реакцій. Рациональне використання цієї енергії має величезне значення, оскільки ця теплота може застосовуватись для нагрівання холодних початкових реагентів, виробництва водяної пари високих параметрів або ж перетворюватись в електричну. Хімічна енергія перетворюється в електричну також у гальванічних елементах. Ці джерела енергії заслуговують особливої уваги, оскільки вони характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії.

Світлова енергія за останній час набуває все більшого використання в хімічній промисловості для реалізації фотохімічних реакцій: синтезу гідроген хлориду з елементів, галогенування органічних сполук і інших процесів. Фотоелектричні явища, у яких відбувається перетворення світлової енергії в електричну, застосовуються для автоматичного контролю і керування технологічними процесами.

Розміщення хімічних підприємств, що відрізняються великими масштабами споживання енергії, залежить від наявності дешевого палива й електричної енергії. У цьому зв'язку слід зазначити роль місцевих видів палива, що, як правило, обходяться дешевше привізних.

Рациональне використання енергії – один із визначальних факторів у зниженні собівартості хімічної продукції.

Тепло продуктів реакції або газів, що відходять, може бути використане для попереднього нагрівання матеріалів, які поступають у реакційні апарати. Реагенти поступають у теплообмінник, де нагріваються гарячими продуктами, що виходять із реактора, і потім подаються в реактор. У цьому прикладі теплообмін між гарячими і холодними продуктами відбувається через стінки трубок теплообмінника. Такого типу апарати, що використовують тепло, називаються рекуператорами. Для використання тепла газоподібних продуктів реакції високотемпературних процесів або газів, що відходять, крім рекуператорів застосовують регенератори. Регенератори – періодично діючі камери, заповнені насадкою (зазвичай насадкою є штахети з цеглини). Тепло газоподібних продуктів реакції і газів, що відходять, нерідко використовують для виробництва пари в так званих котлах-утилізаторах різноманітної конструкції. Тепло продуктів на хімічних заводах може бути використане для сушіння, випарювання, дистиляції та інших процесів.

Теплові втрати в навколишнє середовище зменшують, по-перше, тепловою ізоляцією апаратури, по-друге, конструктивним оформленням і вибором таких її габаритів, що забезпечують мінімальну поверхню тепловіддачі в навколишнє середовище. У сучасних умовах не можна розглядати паливо тільки як джерело теплової енергії. Вугілля, торф, сланці, нафта, природні гази – найцінніша і

найважливіша сировина хімічної промисловості. Завдання полягає в комплексному енергохімічному використанні палива, як сировини для хімічної промисловості і як джерела одержання енергії.

Питання для самоконтролю:

1. Наведіть приклади використання кожного виду енергії у хімічній промисловості.
2. Види й джерела енергії, та їх застосування в хімічній промисловості.
3. В яких апаратах використовують вторинні енергоресурси?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 9. ЗАСТОСУВАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ У ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Лекція 15. Каталіз. Поняття, види й стадії каталізу

Мета заняття: мати поняття про каталіз, типи та значення каталізу у хімічних технологіях, знати основні їх властивості та методи підготовки каталізаторів.

План лекції: 15.1. Історія виникнення каталізу.

15.2. Стадії каталітичної дії гетерогенного каталізу.

15.3. Види адсорбції.

15.1. Історія виникнення каталізу

Хімічна промисловість дає народному господарству тисячі продуктів, без яких важко представити життя сучасного суспільства. Постійний ріст потреби в цих продуктах стимулює збільшення продуктивності існуючих потужностей, а також будівництво нових виробництв. Відомо, що підвищення продуктивності будь-якого апарата можна досягати збільшенням його розмірів або інтенсивності його роботи.

Одним зі шляхів інтенсифікації продуктивності апаратів хімічної промисловості є збільшення швидкості процесу, і досягнення максимальне можливого його значення.

Як виявилось, у присутності деяких речовин реакції прискорюються в тисячі й мільйони раз, протікають при низьких температурах і тисках, що економічно вигідно.

Ряд промислових процесів удалося здійснити лише завдяки застосуванню каталізаторів. У цей час до 90 % виробництв хімічної промисловості здійснюється в присутність каталізаторів. Це великотоннажні виробництва сірчаної й азотної кислот, аміаку, водню (конверсією природного газу пором), синтез метанолу й ін.

Першим випадком свідомого застосування каталізаторів прийнято вважати утвір діетилового ефіру зі спирту в присутність сірчаної кислоти, відкрите в VIII столітті арабським ученим Дабір-Ібн-Хаямом. У кінці 18 століття вперше застосовані тверді каталізатори: глини при дегідратації спиртів і метали в процесі їх дегідрування. В 1811 м. Костянтин Кірхгоф (академік Петербурзької АН) відкрив каталітичне перетворення крохмалю в цукор під дією розведених кислот. У теж час була відкрита каталітична дія платини.

Ці й інші відкриття привели до виділення особливої групи реакцій, які німецький хімік Ейльгард Мічерліх об'єднав під загальним терміном – “контактні реакції”, а в 1835 г. швед Йєнс Якоб Берцеліус запропонував термін каталіз, а причину зухвалу каталіз, назвав каталітичною силою. Хоча сам Берцеліус не надавав якогось містичного значення маловивченій каталітичній силі, це поняття викликало більшу дискусію в наукових колах, що в підсумку принесло користь науці.

Так в 1852 г. у Росії А.І. Ходнев пояснив протікання каталітичних реакцій послідовними перетвореннями з утвором проміжних парних сполук між каталізатором і реагуючими речовинами, які можна виділити. Поряд з хімічними виставами розбудовуються й фізичні теорії каталізу, засновані

на винятковій ролі процесів адсорбції реагентів на поверхні каталізатора. Найбільший внесок у розвиток цих теорій внесли І. Ленгмюр і Х.С. Тейлор.

Однієї з найсильніших шкіл в області каталізу була радянська. Такі відомі вчені як А.А. Баландін, Г.К. Боресков, С.З. Ратчинський і інші внесли неоціненний вклад у розвиток теорії каталізу.

Каталізом (від греч. “katalysis” – руйнування) називають зміна швидкості або порушення хімічної реакції при впливі речовин – каталізаторів, які беруть участь у реакції, але не входять до складу кінцевих продуктів.

Звичайно каталізатори багаторазово вступають у хімічну взаємодію, тому маса самого каталізатора може бути на порядок менше маси реагентів і продуктів реакції. Наприклад, 1г платинового каталізатора викликає перетворення 10 тис. г SO_2 при окиснення в SO_3 або 1 млн. г NH_3 при окиснення в NO .

Каталіз називається позитивним, якщо швидкість реакції збільшується, і негативним, якщо вона зменшується. В останньому випадку говорять про інгібування. У більшості випадків під терміном “каталіз” розуміють позитивний каталіз.

Явище прискорення реакції при впливі продукту реакції або одного із проміжних речовин називається автокаталізом.

Каталітичне прискорення хімічної реакції досягається за рахунок зміни її механізму.

Грунтуючись на фазовому стані каталізатора й реагуючих речовин можна виділити 3 типу процесів:

1. Гомогенний каталіз – процес, у якому каталізатор і реагуючі речовини перебувають в одному агрегатному стані (рідкому або газоподібному). Для даного типу каталізу характерний прояв активності окремим іоном або молекулою каталізатора. Тому, як правило, збільшення швидкості реакції прямо пропорційне концентрації введеного каталізатора.

2. Гетерогенний каталіз – процеси в яких реагуючі речовини й каталізатор перебувають у різних агрегатних станах. Гетерогенний каталіз характеризується наявністю границі розділення фаз (каталізатор – реагуючі речовини), і тим, що одним з учасників хімічної реакції є тверде тіло. Процес здійснюється через утворення проміжних поверхневих хімічних сполук нестехіометричного сполуки, із широким набором енергій зв'язки між атомами реагуючих речовин і атомами каталізатора.

3. Ферментативний каталіз (мікрогетерогенний) – відіграє провідну роль у хімічних перетвореннях у живій природі. Ферменти (ензими) – каталізатори білкової природи, що утворюються в живих організмах. По хімічній специфічності й активності ферменти значно перевершують промислові каталізатори.

По типах реакцій каталіз ділиться на окислювально-відновні і кислотно-основний. Перший пов'язаний з переходами електронів між каталізатором і реагентом. Другий з переходом протона (гідроліз, крекінг, дегідратація і ін.) де в якості каталізаторів застосовують луги й кислоти, або кислотні й амфотерні окисли.

15.2. Стадії каталітичної дії гетерогенного каталізу

У загальному випадку гетерогенний каталіз складається з наступних елементарних стадій:

1. Дифузія реагуючих речовин з ядра потоку до поверхні зерна каталізатора;
2. Дифузія реагентів у порах ядра каталізатора;
3. Активована адсорбція (хемосорбція) на поверхні каталізатора з утворенням поверхневих хімічних сполук – активованих комплексів (реагенти – каталізатор);
4. Перегрупування атомів з утворенням поверхневих комплексів (продукти – каталізатор);
5. Десорбція продукту з поверхні (регенерація активного центру каталізатора);
6. Дифузія продуктів у порах зерна каталізатора;
7. Дифузія продуктів від поверхні зерна каталізатора в ядро потоку.

Загальна швидкість гетерогенного каталітичного процесу визначається відносними швидкостями окремих стадій і може лімітуватися найбільш повільної з них. Швидкості окремих стадій визначаються у свою чергу параметрами технологічного режиму.

Важливою й необхідною стадією гетерогенного каталізу є стадія адсорбції реагентів на поверхні каталізатора. Наявність границі роздязнула фаз приводить до підвищення концентрації речовини в поверхні роздязнула в порівнянні із загальним об'ємом. Це явище називається сорбцією (від лат. sorbeo – поглинаю).

Сорбція містить у собі два основні процеси:

адсорбція – збільшення концентрації речовини на поверхні в результаті поглинання його сорбентом;

абсорбція – проникнення речовини, що сорбується, в масу сорбенту.

Каталітичний акт відбувається в молекулярному шарі, що безпосередньо примикає до поверхні каталізатора. Таким чином каталіз тісно пов'язаний з адсорбцією, яка є попередньою стадією каталізу, але не всі адсорбовані атоми або молекули здатні брати участь у каталітичному процесі.

15.3. Види адсорбції

Характер виникаючої при адсорбції зв'язку адсорбуючого речовини з поверхнею визначається відносним ступенем насиченості поверхні і її хімічним складом. Розрізняють два основні типи адсорбції: фізичну й хімічну.

Фізична адсорбція – це процес, при якому молекули речовини, яка адсорбується (адсорбату) зв'язуються з поверхнею адсорбенту фізичними силами притягання (силами міжмолекулярної взаємодії)

Хімічна адсорбція (хемосорбція) – це процес, при якому молекули адсорбата зв'язуються з поверхнею адсорбенту хімічними зв'язками (ковалентної або іонної).

Адсорбція супроводжується збитком вільної енергії й ентропії, тобто проходить із виділенням тепла (екзотермічний процес).

Зворотний адсорбції процес називається десорбція, який іде з поглинанням тепла (ендотермічний процес).

Якщо адсорбція – екзотермічний процес, слід очікувати зменшення кількості адсорбованої речовини з ростом температури. Однак ця залежність має більш складний характер.

Основи термодинаміки адсорбції з розчинів уперше сформулював Гіббс більш 100 років тому. Їм було введено поняття надлишкової адсорбції A , тобто надлишкового змісту, що поглинається речовини в адсорбованій фазі в порівнянні з його змістом у розчині. Величина надлишкової (гібсовської) адсорбції легко визначна по формулі:

$$A = (C_0 - C_\kappa) \frac{V}{m},$$

де C_0 і C_κ – концентрація речовини в розчині до й після досвіду; V – об'єм розчину; m – навеска сорбенту.

Константа рівноваги при сорбції з розведених розчинів $K_{\text{адс}}$ пов'язана з $\Delta G_{\text{адс}}$ залежністю виду:

$$\lg K_{\text{адс}} = \frac{\Delta G_{\text{адс}}}{RT},$$

з якої випливає, що чим більше $\Delta G_{\text{адс}}$, тем краще сорбується речовина.

Більшість неорганічних речовин, які прийнято відносити до продукції основної хімічної промисловості, що випускаються в більших кількостях, роблять із використанням каталітичних процесів. Тільки застосування каталізаторів дозволило одержувати мінеральні кислоти, такі як сірчана й азотна, аміак, метанол в об'ємах мільйони, що перевищують, тон у рік. Підготовка технологічних газів для промислових великотоннажних виробництв і очищення хвостових газів від забруднюючих навколишнє середовище шкідливих викидів здійснюється також за допомогою активних каталізаторів. У таблиці наведені основні марки промислових каталізаторів, використовуваних у технології неорганічних речовин.

Таблиця – Найважливіші каталітичні процеси й каталізатори технології неорганічних речовин

Процес	Реакція	Марки каталізаторів
Конверсія природного газу	$CH_4 + H_2O = 3H_2 + CO$	ГИАП-16, ГИАП-3-6Н, ГИАП-5
Конверсія монооксиду вуглецю	$CO + H_2O = H_2 + CO_2$	СТК-1-5, СТК-1-7, СТК-1М, СТК-2-5, НТК-4
Синтез аміаку	$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$	СА-1
Окиснення аміаку	$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$	КН-2, КН-2Т, НК-2В
Окиснення сірчастого ангідриду	$SO_2 + \frac{1}{2}O_2 = SO_3$	СВД БАВ КС СВС
Синтез метанолу	$CO_2 + 3H = CH_3OH + H_2O$ $CO + H_2O = H_2 + CO_2$	СНМ-1
Очищення газів від NOx	$CH_4 + 2NO_2 = N_2 + 2H_2O + CO_2$ $8NH_3 + 6NO_2 = 7N_2 + 12H_2O$	АПК-2 АВК-10М

ГИАП – державний інститут азотної промисловості

СТК – середньотемпературний каталізатор

НТК – низькотемпературний каталізатор

СА – синтез аміаку

КН – каталізатор неплатиновий

СНМ – Северодонецький низькотемпературний метанольний

АПК – алюмопалладієвий каталізатор

АВК – алюмованадієвий каталізатор

СВД – сульфованадатдіатомитова контактна маса

БАВ – барієва алюмованадієва контактна маса

КС – контактна маса, призначена для проведення процесу в киплячому шарі

СВС – сульфованадатсілікагелева контактна маса

Широке застосування каталітичного синтезу обумовлює виробництво великої кількості каталізаторів, що різняться як хімічним складом, так і методом готування. Доцільність застосування того або іншого каталізатора й методу його одержання визначається техніко-економічними показниками процесу, у якому він застосовується. Для досягнення задовільних результатів каталізатор повинен мати рядом властивостей, що забезпечують рентабельність його використання. Експлуатаційні характеристики каталізатора формуються на підставі вимог, серед яких головними можна вважати наступні:

- висока активність і селективність;
- оптимальна величина й доступність поверхні активного компонента;
- стійкість до дії отрут і високих температур;
- необхідна міцність;
- оптимальні гідродинамічні характеристики;
- невисока вартість.

Активність і селективність каталізатора визначається в першу чергу його хімічною й фазовою сполукою. Разом з тим фазова сполука залежить не тільки від природи й кількості інгредієнтів, що вводяться, але значною мірою визначається способом готування. Внаслідок цього для однакових процесів хімічної технології застосовують різні по сполуці каталізатори, які можуть відрізнятися й методом готування.

Технології контактних мас крім іншого враховують вартість сировини й використовуюваного апаратного оформлення, легкість хімічних перетворень вихідних речовин у каталітично активний компонент, можливість знешкодження або утилізації стоків і газових викидів.

Особливе місце метод готування займає у формуванні пористої структури контактних мас. При цьому на характеристики пористої структури твердого тіла можуть впливати різні технологічні стадії й режими термообробки.

Питання для самоконтролю:

1. Історія виникнення каталізу.
2. Типологія каталізу.
3. Стадії дії гетерогенного каталізу.
4. Види адсорбції.
5. Найважливіші каталітичні процеси й каталізатори технології неорганічних речовин.
6. Вимоги до каталізаторів та характеристики каталізатора.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Загальна хімічна технологія. Під ред. І.П. Мухленова. Підручник для хіміко-технологічних спеціальностей вузів. - М.: Вища школа.
2. Б. В. Некрасов. Основи загальної хімії, т. 3., - М.: Хімія, 1970.
3. Фурмер І.Є., Зайцев В.Н. Загальна хімічна технологія. - М., Вища школа, 1978. - 264 с.
4. Ковалів В.І. Загальна хімія. Тенденція розвитку. - М., Вища школа, 1989. - 288 с.
5. Поллер З. Хімія на шляху в третє тисячоріччя. - М.: Мир, 1982, – 400 с.
6. І.П. Мухленов і ін. Технологія каталізаторів. Л: Хімія, 1989 – 324 с.
7. Д.В. Сокольский, В.А. Друзь. Уведення в теорію гетерогенного каталізу. - М., Вища школа, 1981 – 915 с.
8. В.Я. Кожухар, Л.М. Ерайзер, В.В. Брем та ін. Технологія зв'язаного азоту. Навчальний посібник. - Одеса, “Сімекс-Прінт”, 2013. - 280 с.
9. Амелин А.Г. Технологія сірчаної кислоти. - М., Хімія, 1983. - 360 с.
10. Загальна хімічна технологія. Фурмер І.Є., Зайцев В.Н. – М.: Вища школа, 1978.
11. Л.Л. Товажнянський, О.Я. Лобойка та ін.; За ред. О.Я. Лобойка. Технологія зв'язаного азоту. Підручник.- Харків: НТУ “ХПІ”, 2007. - 536 с.
12. Голиков А.П., Дейнеко А.Г. Розміщення виробничих сил і регіоналістика. Навчальний посібник. - Харків: ТОВ «Олант», 2005 - 320 с.
13. Качан Е.П. Розміщення виробничих сил на Україні. - К.: Вища школа, 2001 – 220 с.
14. Становий Ф.Д. Географія України. - Львов: Мир, 1999 – 270 с.
15. Ковалевський В.В., Михайлюк О.Л., Семенова В.Ф. Розміщення виробничих сил. Підручник. - К.: Суспільство «Знання», КОО, 1999 – 350 с.
16. Кистанов У.В, Копилов Н.В. Розмещение виробничих сил. Підручник. - М.: Економіка, 2000 – 150 с.
17. А.П. Голиков, Я.Б. Олійник. Вступ до економічної й соціальної географії. Підручник. - К.: Лыбидь, 1999. - 320 с.
18. Статистичний щорічник України. - К.: Українська енциклопедія, 2002 – 160 с.
19. Саблука П.Т. Економічна географія. - К.: ИАЕ, 1999 – 146 с.
20. Топчиев А.Г. Основи суспільної географії. Навчальний посібник. - Астропринт, 2001 – 560 с.
21. Билявский Г.А., Фурдуй Р.С. Основи екологічних знань. Підручник. - К.: «Лыбидь», 1999 - 288 с.
22. Олійник Я.Б. Регіональна економіка. - Київ: «КТ», 2007 – 444 с.
23. Лещиленко В.І. Розміщення виробничих сил і регіоналістика. - К.: ЦНА, 2006 – 325 с.
24. Зинь Е.К. Регіональна економіка. - К.: ВД «Професіонал», 2007 – 520 с.
25. Манов З.О., Луцький І.М. Регіональна економіка. Левів. - «Магнолія», 2007 – 526 с.
26. Хвесик М.А. Регіональна економіка. - К.: «Кондор», 2005 – 340 с.
27. Масляк П.О., Шищенко П.Г. Географія України. Підручник. - К.: Зодіак-Еко, 2000 – 456 с.