

УДК 378.14 : 54 : 504

О. С. Заблоцька,  
кандидат педагогічних наук, доцент  
(Житомирський національний агроекологічний університет)

## МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ З ХІМІЇ В ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ "ХІМІЧНА КІНЕТИКА Й РІВНОВАГА" У СТУДЕНТІВ-ЕКОЛОГІВ

*У статті наведено методику формування предметних компетенцій з хімії у студентів-екологів при вивченні теми "Хімічна кінетика й рівновага" у процесі викладання дисципліни "Хімія з основами біогеохімії". Розроблено компетентнісний зміст лекції, самостійної роботи студентів та лабораторного заняття. Визначено методичні підходи до контролю й оцінювання рівнів сформованості предметних компетенцій з хімії у студентів.*

Розробка методичних засад формування компетенцій в учнів та студентів є першочерговим завданням на шляху впровадження компетентнісного підходу у вітчизняну освіту [1]. Значні кроки в цьому напрямі зроблено провідними вітчизняними та зарубіжними методистами, зокрема: Н. Байдацькою, С. Беловою, А. Вербицьким, А. Грабовим, Т. Григорчук, А. Давидовим, І. Єрмаковим, Е. Клейман, О. Локшиною, А. Митяєвою, О. Овчарук, Л. Парашенко, Ю. Пестеревою, О. Петрашук, В. Петрук, О. Пометун, С. Раковим, І. Родигіною, О. Савченко, С. Трубачевою, Г. Циммерманом, Г. Удовиченко та ін. Однак методичні розробки формування предметних компетенцій з хімії у студентів-екологів в процесі вивчення ними дисципліни "Хімія з основами біогеохімії" нині відсутні. Це й визначило мету нашого дослідження.

Тема "Хімічна кінетика й рівновага" утворює окремий змістовий модуль. На її вивчення відводиться 8 годин, з них: 2 години – лекція, 4 години – лабораторне заняття, 2 години – самостійна робота.

**Зміст предметних компетенцій з хімії, що формуються в темі "Хімічна кінетика й рівновага":**

1. Використання нормативних навчальних елементів теми (хімічна кінетика, швидкість хімічних реакцій, правило Вант-Гоффа, температурний коефіцієнт швидкості хімічної реакції, основний закон хімічної кінетики (закон діючих мас), кінетичне рівняння реакції, константа швидкості хімічної реакції, каталіз, енергія активації, рівняння Арреніуса, проміжні сполуки і активні центри, автокаталіз, каталітичні отрути, промотори, оборотні й необоротні реакції, хімічна рівновага, константа рівноваги, принцип Ле-Шательє) для розуміння сутності та закономірностей проходження хімічних реакцій, що відбуваються у природному та техногенному навколишньому середовищі.

2. Володіння методологією хімічної науки як необхідної передумови проведення екологічних досліджень:

– загальнонауковими методами: висування гіпотез, аналізу й синтезу, абстрагування, узагальнення, моделювання, спостереження, експерименту та ін.

– спеціальними методами: підготовка і проведення хімічних реакцій, встановлення часу протікання хімічних реакцій за допомогою секундоміра, вимірювання об'єму рідин, нагрівання.

3. Володіння технікою хімічного експерименту та застосування сучасного хімічного обладнання (хімічного посуду, нагрівальних приладів, секундоміра) з метою набуття досвіду, необхідного для вивчення об'єктів і явищ навколишнього середовища.

4. Дослідження швидкості й умов проведення хімічних реакцій, впливу різних чинників на зсув хімічної рівноваги в системі як необхідної умови об'єктивної оцінки стану довкілля.

5. Здійснення розрахунків на визначення:

– швидкості та температурного коефіцієнта швидкості хімічних реакцій;

– ступеня й константи хімічної рівноваги;

проведення статистичних і графічних обробок результатів дослідження:

– збір даних та побудова графіків залежності швидкості хімічних реакцій від температури й концентрації речовин у розчині.

6. Самостійне теоретичне і практичне здобуття знань про хімічні аспекти довкілля та їх систематизація у вигляді реферату як передумова вирішення професійно-практичних завдань.

**Лекційне заняття на тему: "Хімічна кінетика й рівновага".**

План лекції:

1. Швидкість хімічних реакцій.

2. Залежність швидкості реакцій від концентрації речовин.

3. Залежність швидкості реакцій від температури.

4. Каталіз.

5. Хімічна рівновага.

1. *Швидкість хімічних реакцій.* Лекція починається з формування ціннісних орієнтацій студентів. Викладач пояснює, що предметні компетенції, які формуватимуться в темі "Хімічна кінетика й рівновага", необхідні фахівцям у галузі екології для дослідження швидкості міграційних процесів за участю хімічних елементів та їх сполук (зокрема токсичних) у природних і техногенних екологічних системах; встановлення умов, які впливають на перебіг процесів життєдіяльності живих організмів, та ін.

Далі актуалізуються знання й уміння студентів про швидкість хімічної реакції та хімічну рівновагу, сформовані в загальноосвітній школі. У процесі бесіди встановлюється зміст опорних понять теми, а саме: хімічна кінетика, гомогенні й гетерогенні системи, швидкість хімічної реакції, реагенти, продукти реакції та ін. Викладач наводить приклади реакцій, які відбуваються в однорідному та неоднорідному середовищах. При цьому зазначається, що гомогенні реакції проходять в усьому об'ємі реагуючої системи, а гетерогенні – лише на поверхні розподілу двох фаз. На цій основі виводяться математичні вирази швидкості гомогенних і гетерогенних реакцій.

Потім вводяться нові для першокурсників поняття хімічної кінетики: йонні, радикальні, молекулярні, послідовні, паралельні, спряжені, газо-, рідинно- та твердофазові реакції. Актуалізуються знання студентів про чинники, які впливають на швидкість хімічних реакцій.

2. *Залежність швидкості реакцій від концентрації речовин.* Встановлення цієї залежності відбувається на основі основного закону хімічної кінетики – закону діючих мас (відкритого в 1867 році К. Гульдбергом і П. Вааге). За цим законом викладач виводить кінетичне рівняння реакції для схематичної реакції  $aA + bB \rightarrow cC$ :  $v = k[A]^a \cdot [B]^b$ ,

де:  $[A]$ ;  $[B]$  – концентрації речовин [моль/л];  $k$  – константа швидкості хімічної реакції.

Пояснюється зміст константи швидкості реакції та зазначається, що концентрація твердих речовин при обчисленні швидкості хімічних реакцій не враховується.

3. *Залежність швидкості реакцій від температури.* З курсу хімії середньої школи студентам відомо, що швидкість реакцій зростає при підвищенні температури. На основі цих знань викладач формулює правило Вант-Гоффа й наголошує, що воно чинне для реакцій, які відбуваються в інтервалі температур від 0 до 100<sup>0</sup> C, окрім ферментативних. Далі наводиться його математичний вираз.

Залежність швидкості хімічних реакцій від температури пояснюється на основі теорії активації. Для цього викладач вводить поняття енергії активації ( $E_{ак}$ ) й записує рівняння Арреніуса – вираз залежності константи швидкості реакції від температури та енергії активації:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_{ак}}{R \cdot T}},$$

де:  $k$  – константа швидкості реакції;  $A$  – множник, який враховує число зіткнень молекул за одиницю часу і вигідну геометричну орієнтацію молекул при зіткненні;  $e$  – основа натуральних логарифмів,  $e = 2,718...$ ;  $R$  – універсальна газова стала;  $T$  – абсолютна температура за Кельвіном.

4. *Каталіз.* Поняття каталіз і каталізатор добре відомі студентам з курсу хімії середньої школи. Базуючись на цих знаннях, викладач розкриває значення каталітичних процесів у живій природі та господарській діяльності людини. Особлива увага акцентується на екологічних аспектах використання каталізаторів. Потім наводиться класифікація каталізу. На основі теорій гомогенного й гетерогенного каталізу пояснюється механізм дії каталізаторів та інгібіторів, вплив на них промоторів і каталітичних отрут.

Обговорення проблемних питань (зокрема: чи існують універсальні каталізатори; як змінюється енергія активації молекул речовин при застосуванні каталізаторів; яку з реакцій (пряму чи зворотну) прискорюють каталізатори) дозволяє студентам дійти висновків про: селективність та механізм дії каталізаторів; відсутність їх впливу на зсув хімічної рівноваги.

У процесі обговорення встановлюються особливості дії ферментів (біологічних каталізаторів), зокрема: їх чутливість до дії світла, велика швидкість та висока хімічна специфічність.

5. *Хімічна рівновага.* З'ясування змісту цього матеріалу передбачає актуалізацію знань студентів про оборотність реакцій, стан хімічної рівноваги, принцип Ле Шательє. На цій основі вводиться поняття про константу хімічної рівноваги та чинники, які впливають на неї. Активізуючи інтелектуальні вміння студентів, викладач пропонує встановити: в який бік зсунеться хімічна рівновага в газовій системі при підвищенні концентрації реагуючих речовин та тиску. Студенти роблять висновок про зсув хімічної рівноваги в бік реакції, яка проходить із зменшенням кількості моль газів. Далі встановлюється вплив температури на зсув хімічної рівноваги. Демонструється слайд із записом термохімічних рівнянь реакцій. Формулюється висновок про те, що при підвищенні температури в системі рівновага зміщується в бік ендотермічної реакції, а при пониженні – в бік екзотермічної реакції.

У кінці лекційного заняття викладач формулює висновки та здійснює когнітивне інструктування студентів щодо їх самостійної роботи [2].

**Самостійна робота студентів** з теми спрямована на формування всіх структурних елементів предметних компетенцій з хімії, окрім експериментальних умінь. У процесі її виконання студенти детально знайомляться із значенням каталізу в господарській діяльності людини, його видами, вивчають кінетику хімічних процесів у навколишньому середовищі. За результатами цієї роботи готують реферати, засвоюють відповідні способи розв'язування розрахункових задач, виконують завдання домашнього тесту [2], здійснюють рефлексивну діяльність [3], вивчають інструкцію лабораторного експерименту [4].

**Лабораторне заняття на тему: "Встановлення залежності швидкості хімічної реакції від температури й концентрації реагуючих речовин та впливу зміни концентрації на зсув хімічної рівноваги".**

Метою проведення лабораторного заняття є формування практичних структурних елементів предметних компетенцій з хімії, їх інтеграція з ціннісно-орієнтаційними й когнітивними елементами, контроль та оцінювання рівня сформованості предметних компетенцій у студентів.

У вступному слові викладач акцентує особливу увагу на предметних компетенціях, які формуватимуться на занятті, підкреслює значущість вмінь встановлювати швидкість хімічних реакцій та впливати на хімічну рівновагу для майбутніх фахівців у галузі екології. Далі організовує навчальну діяльність студентів у складі малих гетерогенних груп. У процесі цієї роботи відбувається взаємоконтроль і контроль предметних знань, формування інтелектуальних та експериментальних умінь з розв'язування розрахункових й дослідницьких задач, зокрема таких:

**Задача 1.** У скільки разів збільшиться швидкість хімічної реакції при підвищенні температури від 500 до 580 К, якщо температурний коефіцієнт швидкості хімічної реакції дорівнює 3?

**Задача 2.** Як зміняться швидкості прямої і зворотної реакцій  $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$ , якщо тиск у системі збільшити в 5 разів?

**Задача 3.** Через деякий час після початку реакції  $3A + B = 2C + D$  концентрації речовин становили (моль/л):  $[A] = 0,03$ ;  $[B] = 0,01$ ;  $[C] = 0,008$ . Які початкові молярні концентрації речовин А і В?

**Задача 4.** При транспортуванні взятої для аналізу проби ґрунту її охолоджують за допомогою твердої карбонатної кислоти ("сухого льоду") з метою: А) збереження якості ґрунту; Б) зменшення швидкості мікробіологічних реакцій у ньому; В) прискорення мікробіологічних реакцій; Г) захисту хімічного обладнання.

**Лабораторний експеримент виконується студентами за інструкцією:**

**Обладнання та реактиви:** розчини калій йодиду, калій тіоціанату (0,006 н та насичений), ферум (III) хлориду (0,002 М та насичений), натрій тіосульфату, сульфатної кислоти; калій хлорид кристалічний, електрична плитка, термометри, секундомір, пробірки, хімічні склянки.

**Мета:** оволодіти експериментальними методами визначення швидкості хімічної реакції та встановлення впливу концентрації речовин на зсув хімічної рівноваги; способами статистичної й графічної обробки результатів дослідження та здійснення відповідних розрахунків.

**Дослід 1. Залежність швидкості реакції від концентрації речовин.**

Реакція відбувається за рівнянням:  $2FeCl_3 + 2KI \rightarrow 2FeCl_2 + 2KCl + I_2$ .

Виконайте дослід відповідно до даних таблиці 1:

Таблиця 1.

№ пробірки	Розчин KI (мл)	Вода (мл)	Крохмаль (мл)
1	8	-	1
2	4	4	1
3	2	6	1

Додайте у пробірку № 1 дві краплини розчину  $FeCl_3$  та включіть секундомір. Вимкніть його при появі синього забарвлення. Те ж саме проробіть з двома іншими пробірками. Результати занесіть у таблицю 2:

Таблиця 2.

№ пробірки	Відносна концентрація KI	Час проходження реакції (с)	Умовна швидкість реакції (1/с)
1	4		
2	2		
3	1		

Побудуйте на міліметровому папері *графік залежності швидкості реакції від відносної концентрації калій йодиду* та складіть *кінетичне рівняння проведеної реакції*, використовуючи закон діючих мас. Зробіть висновок про вплив концентрації речовин на швидкість хімічної реакції.

**Дослід 2. Залежність швидкості реакції від температури.**

Реакція відбувається за рівнянням:  $Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + SO_2 + S \downarrow$ .

Налийте в першу колбу 5 мл розчину натрій тіосульфату, у другу – 5 мл розчину сульфатної кислоти. Додайте в обидві колби дистильованої води до позначки 100 мл і нагрійте їх до температури 30<sup>0</sup>С. Злийте розчини в одну колбу та включіть секундомір. При появі опалесценції вимкніть його. Результат занесіть в таблицю 3. Проробіть ще два такі ж досліди, але при температурах 40 і 50<sup>0</sup>С.

Таблиця 3.

Номер досліду	Температура, t <sup>0</sup> С	Час проходження реакції (с)	Умовна швидкість реакції (1/с)
1	30		
2	40		
3	50		

Побудуйте на міліметровому папері *графік залежності швидкості реакції від температури*. Обчисліть температурний коефіцієнт швидкості хімічної реакції за правилом Вант-Гоффа. Зробіть висновок про вплив температури на швидкість хімічної реакції.

### Дослід 3. Зміщення хімічної рівноваги.

Реакція відбувається за рівнянням:  $\text{FeCl}_3 + 3\text{KSCN} \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3\text{KCl}$ .

Складіть *вираз константи хімічної рівноваги* цієї реакції.

Приготуйте в 4 пробірках розчини, змішавши в кожній з них по 2 мл 0,002 М розчину ферум (III) хлориду й 2 мл 0,006 н розчину калій тіоціанату. Спостерігайте появу червоного забарвлення. Продовжуйте роботу відповідно до таблиці 4.

Таблиця 4.

№ пробірки	Речовина, яку слід додати	Забарвлення	Висновок
1	насичений розчин ферум (III) хлориду (2 краплі)		
2	насичений розчин калій тіоціанату (2 краплі)		
3	кристалічний калій хлорид (1 г)		
4	-		

Пробірку № 4 використовуйте для порівняння. Зробіть висновок про умови зміщення хімічної рівноваги за принципом Ле Шательє.

*Контроль* рівня інтеграції ціннісних орієнтацій, предметних знань, умінь та особистісних рис студентів у предметні компетенції з хімії здійснюється на лабораторному занятті за результатами: 1) розв'язання домашнього завдання; 2) виконання контрольного тесту; 3) роботи у складі малої гетерогенної групи; 4) виконання лабораторного дослідження (на основі спостережень викладача за практичною діяльністю студентів, виявлення ними ціннісних орієнтацій та особистісних рис, оформлення та захисту звіту роботи); 5) написання реферату; 6) самоаналізу (рефлексивної діяльності).

*Оцінювання* рівнів сформованості предметних компетенцій (ПК) з хімії у студентів-екологів (початкового, середнього, достатнього, високого) за темою "Хімічна кінетика й рівновага" (максимум 8 балів) відбувається згідно з трьома критеріями: ціннісно-орієнтаційним (діагностика ціннісних орієнтацій студентів), когнітивним (діагностика предметних знань) та практичним (діагностика предметних умінь, навичок та пов'язаних з ними особистісних рис) з використанням відповідних вимірників. Наприклад, достатній рівень (6-7 балів) мають студенти, які: розуміють значущість ПК з хімії для майбутнього фаху, усвідомлюють потребу в їх формуванні, виявляють зацікавленість, мають зовнішню (хімічна підготовка є умовою оволодіння іншими фаховими дисциплінами, основою кваліфікованості, запорукою цікавої роботи й матеріальних благ) та внутрішню (зорієнтованість на оволодіння новими знаннями) мотивацію навчання, володіють установками на формування ПК з хімії, що передбачають продуктивну діяльність (*ціннісно-орієнтаційний критерій*); знають хімічні поняття, закони, правила техніки безпеки в хімічній лабораторії, володіють знаннями про структурну організацію речовин, їх номенклатуру, властивості, добування, поширення у природі, застосування та вплив на довкілля, сутність хімічних процесів, сучасне хімічне обладнання, методи і методики проведення експерименту (*когнітивний критерій*); володіють вміннями та навичками формулювання, розрізнення, пояснення, використання, розв'язування стандартних задач, самостійного здобуття навчальної інформації; частково володіють вміннями та навичками систематизації, узагальнення й інтегрування; мають достатньо сформовані особистісні риси пізнавальної активності, відповідальності, самостійності, наполегливості, обережності та економності у використанні хімічних реактивів, здатні до предметного спілкування та колективної взаємодії тощо (*практичний критерій*).

Наведена у статті методика викладання теми "Хімічна кінетика й рівновага" сприятиме впровадженню компетентісного підходу у вищу екологічну освіту. Перспективу подальших досліджень вбачаємо у створенні методичних підходів до формування предметних компетенцій з хімії у студентів-екологів при вивченні всіх тем дисципліни "Хімія з основами біогеохімії".

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Біла книга національної освіти України : (проект) [Електронний ресурс] / Акад. пед. наук України ; ред. В. Г. Кремень. – К., 2009. – 185 с. – Режим доступу : <http://www.ukraine3000.org.ua/img/forall/Ped.pdf>.
2. Заблоцька О. С. Хімія з основами біогеохімії : навч. посіб. для студентів екологічних спеціальностей / О. С. Заблоцька. – Житомир : Вид-во "Житомирський національний агроекологічний університет", 2009. – 428 с.
3. Заблоцька О. С. Завдання для самоконтролю студентів-екологів з дисципліни "Хімія з основами біогеохімії" (змістовий модуль "Органічна хімія") : навчальний посібник для студентів напряму 6.040106 "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування" / О. С. Заблоцька. – Житомир : Вид-во ЖДУ імені І. Франка, 2009. – 36 с.
4. Заблоцька О.С. Робочий журнал з дисципліни "Хімія з основами біогеохімії" : частина І (для студентів екологічних спеціальностей) / О. С. Заблоцька. – Житомир : Вид-во ЖДУ імені І. Франка, 2009. – 28 с.

Матеріал надійшов до редакції 26.01. 2010 р.

***Заблоцкая О. С. Методика формирования предметных компетенций по химии в процессе преподавания темы "Химическая кинетика и равновесие" у студентов-экологов.***

*В статье изложено методику формирования предметных компетенций по химии у студентов-экологов при изучении темы "Химическая кинетика и равновесие" в процессе преподавания дисциплины "Химия с основами биогеохимии". Разработано компетентное содержание лекции, самостоятельной работы и лабораторного занятия. Определены методические подходы к контролю и оцениванию уровней сформированности предметных компетенций по химии у студентов.*

***Zablotska O. S. Methods of Future Ecologists' Subject Competencies Development of in the Course of "Chemistry Kinetics and Balance" Issues Teaching.***

*In the article the author suggests methods of students-ecologists' subject competencies development while learning "Chemistry kinetics and balance" issues as a unit of "Chemistry with basic biogeochemistry" subject. The competencies-oriented content of a lecture, an independent and laboratory work is worked out. Some methodical approaches towards a level development control and evaluation of students' subject competencies in chemistry are defined.*