

## ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ХІМІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ АГРОНОМІВ ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Самар А.В.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
вул. Шевченка, 12, 32316, м. Кам'янець-Подільський  
[samarangelina02@gmail.com](mailto:samarangelina02@gmail.com)

Проведено дослідження теоретичних та методологічних засад екологізації хімічної освіти майбутніх фахівців аграрного сектору. Актуальність роботи зумовлена необхідністю подолання фундаментальних суперечностей між традиційними інтенсивними технологіями сільськогосподарського виробництва та сучасними імперативами сталого розвитку агросфери. Обґрунтовано, що екологізація хімічної підготовки є не просто додатковим освітнім компонентом, а базовим чинником формування цілісної професійної компетентності агронома нової формації. В основу концепції покладено системну інтеграцію дванадцяти принципів «Зеленої хімії» (Green Chemistry) у зміст фундаментальних дисциплін: неорганічної, органічної, аналітичної та фізико-колоїдної хімії. У теоретичному вимірі екологізація трактується як наскрізна лінія, що трансформує суто хімічні знання у глибоке розуміння механізмів біогеохімічної міграції речовин в агроекосистемах, кінетики біодеградації ксенобіотиків та термодинамічної стійкості ґрунтового вбирального комплексу. Особливу увагу приділено структурному аналізу поняття «еколого-хімічна компетентність агронома». Розроблено структурно-функціональну модель компетентності, яка включає когнітивний блок (знання про глобальні цикли Нітрогену, Фосфору та Карбону), операційний блок (здатність до хімічного моделювання агрозаходів із мінімізацією енерговтрат) та аксіологічний блок (здатність до критичної оцінки хімічних інновацій через призму екологічного ризику). В експериментальному та методологічному аспектах у роботі проаналізовано змістове наповнення навчальних програм та запропоновано конкретні еколого-орієнтовані дескриптори для кожного розділу хімії. Висновки дослідження акцентують на тому, що впровадження моделі екологізованої підготовки є стратегічним інструментом забезпечення екологічної та продовольчої безпеки України в умовах повоєнної відбудови, кліматичної нестабільності та суворих вимог Європейського зеленого курсу щодо якості аграрної продукції. *Ключові слова:* екологізація освіти, хімічна підготовка агрономів, сталий розвиток, професійна компетентність, агросфера, Зелена хімія, еколого-хімічний моніторинг, зміст освіти у ВНЗ.

### **The ecologization of chemical training for future agronomists as the foundation for the formation of professional competence in the context of sustainable development. Samar A.**

This article presents a comprehensive study of the theoretical and methodological foundations for the ecologization of chemical education for future specialists in the agricultural sector. The relevance of this work stems from the need to resolve fundamental contradictions between traditional intensive agricultural production technologies and the contemporary imperatives of sustainable development in the agrosphere. It is argued that the greening of chemical training is not merely an additional educational component, but a fundamental factor in the formation of the holistic professional competence of the new generation of agronomists. The concept is based on the systematic integration of the twelve principles of «Green Chemistry» into the content of fundamental disciplines: inorganic, organic, analytical and physical and colloidal chemistry. In theoretical terms, greening is interpreted as a cross-cutting theme that transforms purely chemical knowledge into a deep understanding of the mechanisms of biogeochemical migration of substances in agroecosystems, the kinetics of xenobiotic biodegradation, and the thermodynamic stability of the soil absorbing complex. Particular attention is paid to the structural analysis of the concept of «eco-chemical competence of an agronomist». A structural-functional model of competence has been developed, comprising a cognitive component (knowledge of the global cycles of nitrogen, phosphorus and carbon), an operational block (the ability to perform chemical modeling of agricultural practices whilst minimising energy losses) and an axiological block (the ability to critically evaluate chemical innovations through the prism of environmental risk). In the experimental and methodological aspects of the study, the content of the curricula has been analysed and specific ecology-oriented descriptors have been proposed for each section of chemistry. The study's findings emphasise that the implementation of an eco-friendly training model is a strategic tool for ensuring Ukraine's environmental and food security in the context of post-war reconstruction, climate instability and the stringent requirements of the European Green Deal regarding the quality of agricultural produce. *Key words:* ecologization of education, chemical training of agronomists, sustainable development, professional competence, agricultural sector, Green Chemistry, eco-chemical monitoring, content of education in HEI.

**Постановка проблеми.** Сучасна парадигма вищої аграрної освіти вимагає докорінного перегляду концептуальних підходів до викладання природничих дисциплін. Екологізація хімічної освіти постає як комплексна трансформація всієї дидак-

тичної системи, що передбачає перехід від техноцентричної до екоцентричної моделі навчання. Це вимагає змістовної корекції кожного розділу хімічної науки для формування фахівця, здатного до критичного оцінювання науково-технічного прогресу.



**Актуальність дослідження.** Зумовлена необхідністю подолання суперечностей між традиційною інтенсифікацією сільського господарства та вимогами екологічної безпеки агросфери. В умовах глобальних кліматичних змін та євроінтеграційних вимог модернізація хімічної освіти стає стратегічним інструментом забезпечення безпеки держави. Особливої гостроти проблема хімічного забруднення ґрунтів набуває в умовах воєнного та поствоєнного стану України.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Робота безпосередньо пов'язана з реалізацією Європейського зеленого курсу, стратегії «Від ферми до вилки» та нормами Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища». Дослідження сприяє імплементації державних програм щодо раціонального природокористування та підготовки фахівців, здатних реалізувати «зелений» енергетичний перехід України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Українська наукова думка (Н. Пустовіт, С. Шмалей, О. Пінчук) заклала фундамент для розуміння екологізації як загальнопедагогічного принципу. Питання формування екологічної компетентності агрономів розглядалися Н. Гладковою та Г. Мазуренко. Світова практика (Університет Хоенгайм, Вагенінгенський університет) базується на концепціях «Circular Economy» та валоризації біомаси. Принципи «Зеленої хімії» як нова філософія освіти досліджувались Ф. Тихоміровою та О. Зацерковною.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Попри значний доробок, потребує глибшого вивчення системний взаємозв'язок між рівнем хімічної грамотності та практичною екологічною відповідальністю агронома. Недостатньо розробленими залишаються конкретні методики трансформації змісту неорганічної, органічної та фізико-колоїдної хімії відповідно до принципів декарбонізації та сталого землекористування.

**Новизна.** Полягає у системному обґрунтуванні екологізації хімічної підготовки як фундаментального чинника професійної компетентності. Запропоновано перехід від описового вивчення елементів до аналізу біогеохімічних циклів, механізмів хелатування та біодеградації ксенобіотиків безпосередньо у змісті хімічних дисциплін.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Базується на системному та компетентнісному підходах. Теоретичний фундамент спирається на принципи наскрізної інтеграції знань, де будь-яке хімічне явище розглядається в контексті його біосферного циклу. Використано методи аналізу навчальних програм для виокремлення еколого-орієнтованих дескрипторів.

**Виклад основного матеріалу.** Трансформація змісту хімічної освіти в Україні відбувається не

ізолювано, а в тісному зв'язку з міжнародними зобов'язаннями та нормативно-правовими актами. Визначальним вектором тут виступає Європейський зелений курс (European Green Deal), який ставить за мету досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року [1]. Для аграрної освіти це означає імплементацію стратегії «Від ферми до вилки» (Farm to Fork Strategy), що передбачає скорочення використання хімічних пестицидів на 50% та добрив на 20% [2]. Освітній процес має готувати фахівця, який здатен реалізувати ці цілі на практиці, що вимагає принципово нового рівня хімічної підготовки.

Внутрішньодержавне нормативне поле, зокрема Закон України «Про вищу освіту» та Стратегія сталого розвитку України, створює легітимну базу для автономії університетів у розробці екологізованих програм. Оновлені стандарти вищої освіти за спеціальністю «Агрономія» вже включають екологічну компетентність як обов'язковий результат навчання. Хімічна освіта стає ключовим інструментом виконання державних екологічних програм щодо охорони ґрунтів та раціонального природокористування [3]. Отже, законодавче закріплення екологічних пріоритетів створює необхідні умови для системного оновлення хімічних дисциплін, перетворюючи їх на дієвий механізм реалізації екологічної політики держави.

Сучасна парадигма вищої аграрної освіти вимагає докорінного перегляду концептуальних підходів до викладання природничих дисциплін, серед яких хімія посідає провідне місце. Екологізація змісту хімічної освіти не може розглядатися як вузьке доповнення навчальних планів окремими темами про забруднення довкілля; вона постає як комплексна трансформація всієї дидактичної системи. В основі цієї трансформації лежить перехід від традиційної техноцентричної моделі навчання, де хімія слугує лише інструментом інтенсифікації виробництва, до екоцентричної моделі, де хімічні знання стають запобіжником екологічної дестабілізації агроландшафтів [4].

Теоретичний фундамент екологізації базується на принципі наскрізної інтеграції знань. Це означає, що будь-яке хімічне явище розглядається в контексті його біосферного циклу. Наприклад, вивчення термодинамічних закономірностей чи кінетики реакцій має супроводжуватися аналізом енергетичних балансів в екосистемах та швидкістю розкладу ксенобіотиків у природних умовах [5]. Таким чином, хімічна освіта набуває футурологічного спрямування, навчаючи майбутнього агронома прогнозувати віддалені наслідки локального хімічного впливу на ґрунтове середовище та суміжні природні сфери.

Центральним елементом теоретичної бази екологізації виступає концепція «Зеленої хімії» (Green Chemistry), яка у 2026 році стала визначальним стандартом для світової наукової спільноти. При впровадженні цієї концепції в освітній процес аграрного

профілю акцент зміщується з методів очищення відходів на методи їхнього запобігання. Для майбутнього фахівця це означає опанування стратегій вибору найменш токсичних реагентів, використання каталітичних процесів замість стехіометричних та впровадження принципів атомної ефективності [1]. Хімічна підготовка у такому форматі стає основою для розуміння технологій точного землеробства, де кожен міліграм внесеної речовини має бути хімічно обґрунтованим і біологічно доступним.

Важливим теоретичним аспектом є також формування нової структури професійної компетентності агронома. Еколого-хімічна компетентність розглядається як складна інтегративна характеристика особистості, що поєднує глибокі фундаментальні знання з етичною відповідальністю за стан біосфери. У цьому контексті хімічна освіта виконує гуманістичну функцію, оскільки вона виховує фахівця, здатного до критичного оцінювання науково-технічного прогресу. Теоретична модель такої підготовки передбачає розвиток системного мислення, при якому агроном сприймає поле не як механічний субстрат для вирощування рослин, а як динамічну хімічну систему, де врівноважені процеси іонного обміну, адсорбції та мікробіологічної трансформації речовин [6].

Крім того, екологізація змісту передбачає посилення міжпредметної координації хімії з біологією, екологією та токсикологією. Це дозволяє уникнути фрагментарності знань і сформувати у студентів цілісну природничо-наукову картину світу. Теоретичне обґрунтування такого підходу базується на ідеї єдності хімічного складу живої та неживої природи, що дозволяє розглядати агрохімікати як активні агенти, здатні втручатися в метаболічні шляхи організмів на молекулярному рівні [7]. Саме таке глибоке розуміння хімізму взаємодії речовин стає гарантом екологічної безпеки майбутньої професійної діяльності агронома в умовах глобальних кліматичних та екологічних викликів.

Реалізація стратегії екологізації вимагає змістовної корекції кожного розділу хімічної науки, що викладається майбутнім агрономам. У межах вивчення неорганічної хімії акцент зміщується з описової характеристики елементів на дослідження їхньої біогеохімічної ролі. Особлива увага приділяється хімії важких металів та мікроелементів, де теоретичний розгляд властивостей d-елементів тісно пов'язується з їхньою здатністю до комплексоутворення у ґрунтовому розчині.

Традиційне вивчення хімічних елементів варто замінити на аналіз хімічних циклів та біодоступності. Наприклад, замість загальних властивостей d-елементів доцільно звернути увагу на глибоке вивчення хелатування. Хелатні мікродобрива є основою сталого землеробства, оскільки вони мінімізують осадження іонів у ґрунті. Під час вивчення теми «Окисно-відновні реакції» зробити акцент на хіміч-

ній трансформації Нітрогену (нітрифікація та денітрифікація) та управління цими процесами через інгібітори, що дозволяє зменшити викиди оксиду азоту (I) (сильного парникового газу). У темі «Розчини» варто пояснити принцип хімічної меліорації, обґрунтувати розрахунок доз вапна чи гіпсу не як механічне завдання, а як моделювання рівноваги ґрунтового розчину для захисту корисного мікробіому.

Це дозволяє здобувачам освіти зрозуміти, як зміна кислотності або окисно-відновного потенціалу середовища впливає на рухливість токсикантів та їхнє надходження у рослинну продукцію [8]. Хімізм процесів гідролізу та сольового обміну розглядається як інструмент керування родючістю, що запобігає деградації ґрунтового вбирання.

Органічна хімія в системі екологізованої підготовки трансформується у фундамент для розуміння функціонування агросфери на молекулярному рівні. Вивчення органічних сполук не обмежується номенклатурою та синтезом, а фокусується на природних полімерах, таких як гумінові та фульвокислоти, що визначають екологічну стійкість ґрунтів [9]. Окремий масив теоретичного матеріалу присвячується хімії синтетичних пестицидів, де структура молекули аналізується через призму її персистентності в довкіллі. Майбутні фахівці вивчають механізми фотохімічної та мікробіологічної деградації органічних забруднювачів, що дозволяє їм усвідомлено обирати препарати з мінімальним періодом напіврозпаду, забезпечуючи виробництво екологічно безпечної продукції.

Аналітична та фізико-колоїдна хімія в оновленому змісті стають методологічною базою для екологічного моніторингу. Теоретичний опис адсорбційних процесів та іонного обміну безпосередньо експонується на здатність ґрунту утримувати поживні речовини та фільтрувати потенційні забруднювачі підземних вод. Тому тему «Адсорбція» доцільно модернізувати вивченням ґрунтового вбирального комплексу як динамічної іонообмінної колони. Студенти мають вміти розраховувати ємність катіонного обміну, щоб зрозуміти, яку «хімічну чергу» створюють добрива у ґрунті. Вивчення колоїдних систем дає розуміння стійкості ґрунтових агрегатів до ерозійних процесів, а методи фізико-хімічного аналізу розглядаються як засоби експрес-діагностики стану агроценозів [10]. Вивчення фізико-хімії сучасних форм препаратів (мікрокапсульовані суспензії, наноемульсії) дозволили б зрозуміти, як зменшити норму внесення діючої речовини при збереженні її ефективності. Таким чином, кожна хімічна дисципліна стає невід'ємною ланкою у формуванні системного екологічного світогляду агронома [11].

Формування професійної компетентності фахівця аграрного профілю в умовах екологізації освіти є складним процесом, що охоплює інтелектуальну, практичну та ціннісну сфери особистості. Теоретична модель цієї компетентності включає когнітивний блок, який базується на глибокому розу-

мінні хімічних законів як фундаментальних принципів існування живої природи. Студент має не просто оперувати формулами, а бачити за ними динаміку речовин у глобальних циклах Нітрогену, Фосфору та Карбону. Це знання трансформується в операційний блок, де агроном демонструє здатність до хімічного моделювання агротехнічних заходів, мінімізуючи втрати енергії та речовини.

Важливою складовою моделі є аксіологічний компонент, який визначає етичну позицію майбутнього агронома у ставленні до хімічних інструментів впливу на природу. В умовах сталого розвитку професійна компетентність передбачає здатність до критичної оцінки інновацій та відмову від економічно вигідних, але екологічно небезпечних рішень. Модель передбачає, що хімічна грамотність стає основою для прийняття управлінських рішень, спрямованих на збереження біорізноманіття та здоров'я споживачів. Така підготовка формує інтелектуально розвиненого фахівця, який усвідомлює межі допустимого хімічного втручання в біосферні процеси [12].

**Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження.** Підбиваючи підсумок теоретичного аналізу проблеми екологізації змісту хімічної освіти, слід зазначити, що цей процес є об'єктивною вимогою часу. Впровадження принципів Зеленої хімії та інтеграція екологічних аспектів у фундаментальну хімічну підготовку агрономів дозволяє подолати вузькоспеціалізований підхід до навчання. Сформована у такий спосіб професійна компетентність забезпечує готовність майбутніх фахівців до впровадження технологій сталого землеробства, що є життєво необхідним для збереження природного капіталу України.

Перспективи подальших наукових пошуків полягають у розробці конкретних навчально-методичних комплексів та підручників нового покоління, де хімічна теорія буде повністю інтегрована з практикою екологічного менеджменту агроландшафтів. Розвиток цього напрямку сприятиме створенню цілісної системи неперервної екологізованої освіти, що відповідає європейським стандартам підготовки фахівців аграрного сектору.

### Література

1. Презентовано проект Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. *Кабінет Міністрів України*. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/prezentovano-proekt-koncepciyi-zelenogo-energetichnogo-perehodu-ukrayini-do-2050-roku> (дата звернення: 02.02.2026).
2. Стратегія «Від ферми до вилки»: для справедливої, здорової та екологічно чистої продовольчої системи : робочий документ Європейської Комісії. 2020. 23 с. URL: [https://organicinfo.ua/wp-content/uploads/2021/05/EU\\_-Farm-to-Fork-Strategy-UA\\_fin.pdf](https://organicinfo.ua/wp-content/uploads/2021/05/EU_-Farm-to-Fork-Strategy-UA_fin.pdf) (дата звернення: 16.03.2026).
3. Про вищу освіту : Закон України від 01 лип. 2014 р. № 1556-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (дата звернення: 15.02.2026).
4. Тихомірова Ф. А. Зелена хімія: нова хімічна філософія. *Вісник ОНУ. Хімія*. 2015. Т. 20, вип. 2 (54). С. 93–98.
5. Гладкова Н. В. Формування екологічної компетентності майбутніх агрономів у процесі вивчення природничих дисциплін. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. 2020. № 70, Т. 1. С. 154–158.
6. Зацерковна О. П. Інтеграція принципів зеленої хімії в навчальний процес аграрних ЗВО. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*. 2023. Вип. 2 (113). С. 45–54.
7. Євтушок Н. М. Роль хімічної підготовки у формуванні фахової компетентності майбутнього агронома. *Інноваційна педагогіка*. 2021. Вип. 34. С. 82–86.
8. Станкевич С. В. Екологічна токсикологія пестицидів : навч. посібник. Харків : ХНАУ, 2021. 254 с.
9. Мазуренко Г. А. Хімічна підготовка студентів агрономічних спеціальностей на засадах екоцентричного підходу. *Природнична освіта і наука*. 2022. Вип. 5. С. 112–119.
10. Толочко С. В. Екологізація неперервної професійної освіти фахівців аграрної галузі. *Освіта дорослих: теорія, досвід, перспективи*. 2019. Вип. 1 (15). С. 134–143.
11. Tuck C. O., Perez E., Horvath I. T. et al. Valorization of Biomass: deriving more value from waste. *Science*. 2012. Vol. 337, no 609. Pp. 695–699. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1218930>.
12. Герланд Т. Екологізація професійної освіти майбутніх спеціалістів у контексті повоєнної відбудови України. *Професійна та безперервна освіта*. Вип. 9. С. 427–438. DOI: <https://doi.org/10.71358/ezu.2228>.

Дата першого надходження статті до видання: 20.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 24.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026