

ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ХІМІЇ У КРАЩИХ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ США

Проць М.З.

Національний університет «Львівська політехніка»

У статті розглядаються характеристики навчальних програм підготовки фахівців у галузі хімії в кращих університетах США відповідно до рейтингу університетів світу за предметом. З'ясовується, яким чином і на яких рівнях здійснюється підготовка студентів напрямку «хімія». Досліджуються ефективність і продуктивність навчальних програм та методів навчання, застосовуваних в досліджуваних вищих навчальних закладах. У висновках виокремлені найбільш характерні особливості підготовки фахівців у галузі хімії. **Ключові слова:** вища освіта, навчальні програми, профільний предмет «хімія», кафедри хімії, вищі учбові заклади США.

Постановка проблеми. Відповідно до рейтингу університетів світу за предметом «хімія», представленого *QS World University Rankings by Subject 2016*, в двадцятку кращих університетів увійшли 8 університетів з США. Серед американських вищих навчальних закладів у двадцятку потрапили Массачусетський технологічний інститут, Університет Каліфорнії в Берклі, Гарвардський університет, Стенфордський університет, Каліфорнійський технологічний інститут, Каліфорнійський університет у Лос-Анджелесі, Північно-Західний університет та Єльський університет [14].

Аналіз останніх досліджень і публікацій характеристик навчальних програм досліджуваних вищих навчальних закладів свідчить, що підготовка фахівців у галузі хімії здійснюється від початкового рівня до фахових знань і охоплює набуття вступного, базового та поглибленого досвіду у цій галузі. Після набуття вступних знань з хімії, базові знання здобуваються через вивчення традиційних підгалузей науки, а на їх основі – поглиблені знання. В зв'язку з тим, що хімія є експериментальною наукою, невід'ємною складовою набуття цих рівнів досвіду є лабораторна робота.

Метою статті є розглянути, проаналізувати та виокремити характерні особливості підготовки фахівців з хімії у провідних в даній галузі вищих навчальних закладах США. Нижче пропонується огляд головних аспектів підготовки фахівців з хімії у кращих вищах США.

Виклад основного матеріалу. Хімія сьогодні займає одне з центральних місць в інтелектуальному і технологічному прогресі у багатьох галузях науки. Традиційні кордони між хімічними підгалузями розмиваються і хімія все більше переплітається з іншими науками. Таким чином, увага до цієї науки, її дослідження з роками набувають більших масштабів.

Кафедра хімії у **Массачусетському технологічному інституті** ставить собі за мету брати активну участь у традиції високих досягнень інституту, ініціюючи винаходи і відкриття у хімічних дослідженнях, а також досягти успіху в запровадженні цих здобутків у навчальні програми і практичне застосування, що простягається від полімерного синтезу до медичної візуалізації [6].

Понад 30 членів викладацького складу керують програмами досліджень на кафедрі хімії у Массачусетському технологічному інституті. Дослідження, які здійснюються в даний період,

охоплюють різні області хімії, включаючи дослідження у сфері біологічної хімії, хімії навколишнього середовища, неорганічної хімії, органічної хімії, хімії матеріалів, а також матеріалів нанометрових розмірів і фізичної хімії. Дослідження також проводяться у таких спеціалізованих сферах, як біонеорганічна хімія, біофізична хімія, металоорганічна хімія, фізично-органічна хімія, синтез, колоїдна хімія, та хімічна фізика [6].

Програма навчання для студентів, що здобувають вищу освіту першого ступеня (ступінь бакалавра) ставить за ціль надавати ґрунтовну освіту у фундаментальних галузях хімії та експериментуванні. Програма є досить гнучкою щодо можливості вибору факультативних програм, що сприяє високій підготовці для професії у різних галузях хімії. Ціллю навчальної програми з хімії є заохотити студентів ставати активними членами соціуму кафедри хімії. Тісній взаємодії між студентами-бакалаврами, студентами-магістрами, викладацьким складом сприяють спілкування під час практичних та лабораторних занять, консультації та неформальні зустрічі [6].

Обрання студентами предмета «хімія» у якості профільної дисципліни надає їм можливість здобувати освіту, що базується на науці, необхідній як для студентів, що планують продовжувати післядипломне навчання, так і для студентів, що мають намір одразу приступити до професії, пов'язаної з хімією, чи іншої професії, для якої потрібними є добрі знання цього предмета [6].

Студентів усіх рівнів навчання у Массачусетському технологічному інституті заохочують здійснювати первинні дослідження під керівництвом члена викладацького складу за сприяння Програми дослідницьких можливостей для студентів, що отримують вищу освіту першого ступеня (Undergraduate Research Opportunities Program (UROP)). Дана програма забезпечує студентам можливість співпрацювати з викладацьким складом Массачусетського технологічного інституту у дослідженнях на передовому рубежі хімічних наук. Участь у проекті UROP є чудовим способом отримувати задоволення від нових винаходів, розвивати свої навички спілкування і співпраці у групах, а також встановити міцніші контакти з викладацьким складом та дослідницькими командами [16].

Каліфорнійський університет у Берклі є домівкою для ряду великих світових умів. В університеті здійснюють діяльність 130 наукових кафедр

та 80 підрозділів міждисциплінарних досліджень. Університет приймає активну участь у вирішенні найбільш актуальних викликів людства [3].

Кафедра хімії Каліфорнійського університету в Берклі надає можливість студентам, які здобувають вищу освіту першого ступеня, отримати ґрунтовні і фундаментальні знання в усіх областях хімії. Там проводяться лекційні курси із загальних областей неорганічної, органічної і фізичної хімії, а також багато спеціалізованих курсів, включаючи аналітичну, атомну, біофізичну хімію та хімічну біологію. Досвід лабораторної практики забезпечується у таких сферах як неорганічний і органічний синтез, аналітичні методи, фізико-хімічні вимірювання, спектроскопія, біохімічна інженерія, а також хімічні методи в атомній технології. У лабораторіях заохочується незалежна та оригінальна робота студентів, для якої у їхньому розпорядженні знаходиться найсучасніше обладнання. Обладнання і технічні методи, що забезпечуються студентам, включають ядерно-магнітний резонанс; електронно-парамагнітний резонанс; спектрометри для вимірювання видимої, ультрафіолетової та інфрачервоної областей спектру; дифракція рентгенівських променів; обладнання масової спектрометрії; обладнання високого вакууму, високого тиску та низько-температурне обладнання; газова хроматографія та багато іншого. Багато з цих інструментів є прямо під'єднані до комп'ютерів. В інших випадках аналіз даних та зображення графічної інформації здійснюються у діючому в межах університету комп'ютерному корпусі Коледжу хімії. Окрім того, у розпорядження студентів можуть надати спеціалізовані дослідницькі засоби на території студентського містечка [11].

Як вважають в університеті, більш важливу роль, ніж проведення курсів формальних лекцій та лабораторних занять, відіграє інтелектуальне середовище, яке намагається забезпечити кафедра хімії Каліфорнійського університету в Берклі. Саме таку атмосферу намагаються створити у стінах студентської кімнати відпочинку, яка у зручний спосіб дозволяє студентам навчатися один від одного. Не менш значимою для успішного навчання є Хімічна бібліотека, яка містить широкогранну колекцію книжок, журналів та довідкових матеріалів. Своєю допомогою та науковими знаннями також діляться студенти, що здобувають тут вищу освіту другого ступеня (ступінь магістра). Члени викладацького складу виступають також науковими керівниками і проводять консультації в межах свого курсу та наукових зацікавлень. Найкращим способом отримати всі наукові переваги, наявні на Кафедрі хімії, є приєднатися до дослідницької групи. Це можна зробити за допомогою курсів для передових студентів, або ставши працівником групи, що займається науковими дослідженнями [11].

Гарвардський університет – всесвітньо відомий заклад вищої освіти завдяки успішному навчанню, дослідженням і вихованню лідерів у різних дисциплінах, які здійснюють вплив на глобальні зміни. Університет розташовується в Кембриджі і Бостоні, штат Массачусетс. Щороку тут навчаються приблизно 20,000 студентів. Випускниками Гарварду по всьому світу є більше ніж 360 тис. осіб [1].

Програма напрямку підготовки бакалаврів на Кафедрі хімії та хімічної біології Гарвардського університету включає надання освіти в трьох основних міждисциплінарних галузях: хімія, хімія і фізика, хімічна і фізична біологія. Професійні можливості в галузі хімії включають сфери фундаментальних досліджень; прикладних досліджень і розробок; біотехнології; хімічного аналізу; виробництва і маркетингу. Окрім того, ступінь з хімії може служити чудовим підґрунтям для професій у різних пов'язаних галузях, включаючи правознавство, медицину, бізнес, науки про довкілля, та інші області науки. Через різноманітність сфер зацікавлення студентів напряму хімія, Кафедра хімії і хімічної біології розробила дуже гнучку програму вимог, що дозволяє кожному студенту вибирати свою сферу зосередження. Тут пропонуються програми підготовки з органічної, фізичної і неорганічної хімії, а також хімічної біології та біохімії. Деякі з цих курсів включають обов'язкову лабораторну роботу, а для успішних студентів є також спеціальні лабораторні курси у кожній галузі. Окрім того, зацікавлені студенти мають можливість приймати участь у окремих дослідницьких проектах із однією з дослідницьких груп кафедри. Щоб познайомити студентів з хімічними дослідженнями і актуальними темами, над якими працюють викладачі кафедри, кафедра пропонує протягом весняного семестру для студентів другого курсу навчання незаліковий підготовчий курс та ряд лекцій з актуальних тем, що досліджуються на кафедрі в даний час. Студенти третього року навчання можуть обрати курс *Chemistry 98r* і приєднатися до існуючих дослідницьких груп під керівництвом члена викладацького складу. Часто ця дослідницька робота продовжується протягом четвертого року навчання на курсі *Chemistry 99*. Таким чином, студент приєднується до актуального дослідження у конкретній сфері і займається або читанням і вивченням рекомендованих додаткових матеріалів, або роботою над індивідуальним дослідницьким проектом. Результати таких досліджень часто публікуються. Про дослідницьку діяльність студенти Гарвардського університету дізнаються під час численних семінарів, колоквиумів з органічної, фізичної, біофізичної та неорганічної хімії, а також з хімічної біології, хімії матеріалів, енергії та клімату. Деякі семінари проводяться спільно з іншими кафедрами Гарварду, а також Массачусетського технологічного інституту. Більшість дослідницьких груп проводять зустрічі і неформальні семінари, під час яких обговорюють теми, що їх цікавлять [13].

Студенти, які отримали диплом зі спеціальності «хімія» у Гарвардському університеті, володіють навичками читання наукових робіт, проведення експериментів з дотриманням норм етики та безпеки, а також визначення і пропонування вирішень для сучасних і важливих проблем. В цьому університеті вважають, що дослідження – це основа хімічної науки, а тому всі студенти даного напрямку до кінця четвертого року навчання (останнього для ступеня «бакалавр») повинні набути досвіду роботи в автентичних дослідженнях [13].

Стенфордський університет також пропонує своїм студентам інтегрувати інтенсивний

навчальний процес з набуванням практичного досвіду. Студенти тут набувають поглиблених знань щодо принципів хімії, необхідних методів для вирішення комплексних проблем, а також навичок ефективного передавання своїх ідей науковій громадськості. Відповідно до навчальної програми, студентів заохочують брати участь у дослідженнях під час навчального року, а також впродовж 10-тижневої дослідницької програми влітку. Дослідження тут проводяться в таких галузях, як органічна хімія, неорганічна хімія, фізична хімія, теоретична хімія, взаємодія між хімічними і біологічними науками, хімія матеріалів та каталіз. Щороку приблизно 40 випускників аспірантури стають кандидатами наук. В даний час близько 250 студентів працюють над дисертацією. Протягом минулого навчального року (2016–2017) у різних галузях хімічних наук навчалось 3009 студентів. Кафедра хімії пропонує 47 профільних дисциплін з хімії [9].

У Стенфордському університеті пропонуються для вивчення два цикли загальної хімії. Так студенти можуть обрати програму курсу тривалістю дві чверті (Chem 31A/B) або програму курсу тривалістю одна чверть (Chem 31X). Обидві програми задовольняють вимоги Стенфордського університету щодо загальної хімії і служать основою для продовження навчання на програмі курсу Chem 33 – перша чверть органічної хімії. Цикл Chem 31A/B покриває всі фундаментальні теми загальної хімії з особливим зосередженням на вирішенні задач. Окрім того, студенти з менш ґрунтовною підготовкою в галузі хімії можуть паралельно проходити курси Chem 31AC та Chem 31BC, які надають додаткову практику та навички вирішення задач. Студенти із високим рівнем шкільної (high school) підготовки з хімії можуть одразу проходити курс Chem 31X, який покриває більш складні частини тих же тем, що опрацьовуються при проходженні циклу курсів Chem 31A/B, і проходить у швидшому темпі. Студенти з відмінно виключною підготовкою з хімії і які отримали 5 балів на екзамені з хімії (AP Chemistry Exam) мають можливість починати з навчальної програми курсу Chem 33 [15].

Особливої уваги у Стенфордському університеті надають здійсненню досліджень. Студенти, які приєднуються до роботи в лабораторіях роблять цінні відкриття в науковій галузі, виступають співавторами публікацій, будують наукові кар'єри. Зазвичай, студентам визначають незалежне завдання у великому проекті під керівництвом члена викладацького складу, випускника, що отримав науковий ступінь, чи студента докторантури. Дослідження у лабораторіях проводять також впродовж 10-тижневого періоду влітку. Кафедра хімії виділяє гранти у розмірі \$7 000 (в рамках програми, що діє з 1992 року), надаючи можливість проведення інтенсивних досліджень для зацікавлених студентів [15].

Як і в інших вище проаналізованих вищих навчальних закладах США, у **Каліфорнійському технологічному інституті** студенти можуть отримати ґрунтовну освіту з традиційних галузей хімії. Хімічні дослідження в цьому університеті є високо міждисциплінарними і відображають підвищений інтерес до молекулярного розумін-

ня. Вагомі ініціативи підтримуються широкою співпрацею у сфері енергетики і довкілля, молекулярної медицини і наноматеріалів. Навчальна програма для бакалаврів з хімії ставить за мету підготувати студентів для поглибленого післядипломного навчання, а в перспективі – кар'єри, пов'язаної з викладанням чи дослідженнями у вищих навчальних закладах, у дослідженнях для уряду і промисловості, у здійсненні керування та контролю за виробничими процесами, а також в управлінні і розвитку кар'єрних напрямків хімічної індустрії [12].

Курс загальної хімії проходять всі студенти першого року навчання. Особливу увагу приділено вивченню фундаментальних принципів і їхнього використання для систематизації описової хімії. обов'язковим є також лабораторний курс впродовж одного семестру, який навчає базових принципів і технічних методів синтезу та аналізу, виробляє навички роботи в лабораторії і точність, необхідні для експериментальної хімії. Лабораторний курс впродовж двох наступних семестрів (який зазвичай проходять паралельно з теоретичним курсом) навчає студентів методів синтезу, виокремлення та інструментального аналізу, що часто використовуються у науково-дослідній роботі [12].

В **Каліфорнійському університеті Лос-Анджелеса** немає окремої кафедри хімії, головні хімічні дисципліни вивчаються на Кафедрі хімії і біохімії. Тут пропонують курси з таких предметів, як вступ до хімії, наноаука і нанотехнічна лабораторія, атомна та молекулярна структура, термодинаміка, електрохімія, кінетика, органічна хімія (структура, реактивність, синтез, спектроскопія, біомолекули), лабораторний курс загальної та органічної хімії, структура органічних молекул, органічні реакції та фармацевтика, хімічна структура, хімічна енергетика, хімія навколишнього середовища, лабораторний курс хімії навколишнього середовища, вступ до хімії біології, масова спектрометрія для хіміків та біохіміків, фізична хімія (хімічна термодинаміка, вступ до статистичної механіки та кінетики, вступ до квантової механіки, вступ до молекулярної спектроскопії), лабораторний курс фізичної хімії, квантова хімія, лабораторний курс колоїдальної динаміки, класична і статистична термодинаміка, методи обчислення для хіміків, синтетична біологія для біопалива, органічно-структурні методи, а також різноманітні предмети, пов'язані з біохімією та інше [5].

Каліфорнійський університет у Лос-Анджелесі постійно працює над розширенням умов для дослідницької діяльності, які конкурують з найбільш провідними в будь-якому іншому університеті США. Університет забезпечує бібліотечними ресурсами для хіміків та біохіміків. На території університету діє Центр молекулярних пристроїв, який забезпечує роботу спектроскопії магнітного резонансу, масової спектроскопії та протеоміки, рентгено-дифракційної лабораторії та лабораторії характеристики матеріалів. Тут теж розміщені спеціально обладнані приміщення з контрольно-вимірювальними приладами спільного користування та центральне приміщення з приладами для проведення біохімічних досліджень. Також, на території університету

знаходяться головні технологічні центри і філії інших дослідницьких центрів та інститутів [4].

Кафедра хімії і біохімії **Південно-західного університету США** надає різноманітні освітні можливості для студентів, які бажають вивчати хімію в межах середовища загально-освітніх предметів. Кафедра є акредитована Американським хімічним товариством і по завершенні навчання пропонує ступені бакалавра наук і бакалавра мистецтв у галузі хімії і біохімії. Навчальна програма складається з великого вибору курсів, включаючи факультативні курси з медичної хімії та хімії навколишнього середовища. Лабораторні курси включають проекти, орієнтовані на дослідження, а також на потреби місцевого населення, які забезпечують багатий досвід навчання в групах [7].

Лабораторії Кафедри хімії і біохімії Південно-західного університету обладнані високоякісними інструментами для проведення досліджень. Серед інструментів, які тут використовуються є спектроскоп ядерного магнітного резонансу потужність 300 МНz, газовий хроматограф з мас-спектрометром, спектроскопи порушеного повного внутрішнього відображення, високоефективний рідинний хроматограф, спектрофотометри для ультра-фіолетової та видимої області спектру, флуоресцентний спектрофотометр, спектрометр атомної абсорбції, електрохімічний аналізатор, газові хроматографи, ультра центрифуга, пептидний синтезатор та ін. [8].

Кафедра хімії **Єльського університету** демонструє відмінний рівень навчальної підготовки і дослідницької діяльності. Викладацький склад кафедри забезпечує дослідницькі можливості через вивчення широкого спектру тем. Умови для дослідницької діяльності надаються зразковою Хімічною лабораторією Стерлінга, повністю оновленою Хімічною лабораторією Клайна, а також сучасним Будинком хімічних досліджень на додаток до нового навчального центру для бакалаврів та міждисциплінарних дослідницьких лабораторій. Разом з Центром хімічного та біофізичного обладнання, інфраструктура університету надає чудові навчальні умови для отримання ступеня бакалавра чи доктора наук [2].

Кафедра хімії переглядає дані про підготовку всіх студентів-першокурсників до початку осіннього семестру нового навчального року, використовуючи результати тестувань, дані прийому, а також інформацію, надану студентами. Передумовою для всіх навчальних програм напрямку «хімія», є проходження двох семестрів занять з загальної хімії, лабораторних занять та математичного аналізу з однією змінною, а також одного семестру занять з вступу до фізики. Єльський університет пропонує курси для отримання ступеня бакалавра мистецтв, бакалавра наук, бакалавра наук (інтенсивний курс), а також комбінованого ступеня бакалавра наук/магістра наук. Таким чином, ступінь бакалавра мистецтв призначається для студентів, які мають намір отримати тверді знання в галузі хімічних наук, а також тих, хто хочуть вивчати інші предмети, для яких важливо мати хімічну підготовку, зокрема таких предметів, як технічна політика, економіка, охорона навколишнього середовища, чи медицина. Навчальна програма на здобуття ступеня бакалавра наук розроблена з метою підготувати студентів для

післядипломного навчання, в той же час дозволяючи вивчення інших дисциплін. Інтенсивний курс на здобуття ступеня бакалавра наук надає більш зосереджену підготовку для кар'єри в хімічних дослідженнях і вимагає ширшого об'єму лабораторних та факультативних курсів. Студенти, які обирають саме цю програму, можуть також задовольнити вимоги на отримання сертифікованого ступеня в галузі хімії, встановлені Американським хімічним товариством (American Chemical Society). Комбінований ступінь бакалавра наук/магістра наук розроблений для студентів, чия висока підготовка надає їм право займатися роботою випускного рівня на третьому або четвертому році навчання [17].

Як уже зазначалось вище, вагомий внесок у вдосконалення вищої освіти в галузі хімії здійснює Американське хімічне товариство, зокрема через схвалення бакалаврських програм напрямку хімія. Схвалені програми пропонують студентам широкоохоплюючу та інтенсивну освіту в галузі хімії, яка забезпечує їх інтелектуальними, експериментальними та комунікативними навичками, необхідними для того, щоб стати успішними науковими професіоналами. Ступінь, підтверджений Американським хімічним товариством, означає, що студент пройшов інтегровану інтенсивну програму, що включає вступну і базову курсову роботу в галузі хімії, а також поглиблену курсову роботу в цій галузі або в інших галузях, пов'язаних з хімією. Підтверджений ступінь також засвідчує наявність досвіду лабораторної роботи і розвиток професійних навичок, потрібних для ефективної хімічної діяльності. Окрім того, такі сертифікати допомагають студентам у переході з бакалаврату до професійного навчання чи працевлаштування [10, с. 1–2, 10].

Висновки і перспективи подальших досліджень. У даній роботі представлені найкращі університети США, які готують фахівців у галузі хімії. Набуття студентами знань здійснюється поступово від вступних до фундаментальних (базових), а потім до поглиблених знань у цій галузі. Серед характерних особливостей підготовки, притаманних цим вищим навчальним закладам, слід виділити наступні: надання ґрунтовної освіти у фундаментальних галузях хімії та експериментуванні; виділення грантів; широкий вибір бібліотечних ресурсів; вибір студентами факультативних занять; заохочення незалежної та оригінальної роботи студентів; вивчення фундаментальних тем загальної хімії з особливим зосередженням на вирішенні задач; проведення зустрічей і неформальних семінарів, під час яких обговорюються теми зацікавлення; вирішення найбільш актуальних викликів людства, а також співпраця у сфері енергетики і довкілля, молекулярної медицини і наноматеріалів тощо. Досвід лабораторної практики забезпечується студентам через заохочення здійснювати первинні дослідження; ініціювання винаходів і відкриттів у хімічних дослідженнях; наявність найсучаснішого обладнання та високоякісних інструментів. Окрім того, лабораторні курси часто включають проекти, орієнтовані на потреби місцевого населення, тим самим забезпечуючи прикладне застосування набутих знань в галузі хімії на пряму користь для суспільства.

Список літератури:

1. Офіційна веб-сторінка Гарвардського університету, США. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://www.harvard.edu/about-harvard>
2. Офіційна веб-сторінка Єльського університету, США. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://chem.yale.edu/>
3. Офіційна веб-сторінка Каліфорнійського університету в Берклі, США. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://www.berkeley.edu/>
4. Офіційна веб-сторінка Каліфорнійського університету у Лос-Анджелесі, США. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <https://www.chemistry.ucla.edu/research-facilities>
5. Офіційна веб-сторінка Каліфорнійського університету у Лос-Анджелесі, США. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <https://www.chemistry.ucla.edu/undergraduate-courses#chemtop>
6. Офіційна веб-сторінка Массачусетського технологічного інституту, США. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://chemistry.mit.edu/education/undergraduate-program>
7. Офіційна веб-сторінка Південно-західного університету, США. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://www.southwestern.edu/departments/chemistry/about.php>
8. Офіційна веб-сторінка Південно-західного університету, США. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://www.southwestern.edu/departments/chemistry/resources.php>
9. Офіційна веб-сторінка Стенфордського університету, США. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <https://undergrad.stanford.edu/advising/student-guides/chemistry-life-sciences-majors-and-pre-meds>
10. American Chemical Society. (Spring, 2015). Undergraduate Professional Education in Chemistry. ACS Guidelines and Evaluation Procedures for Bachelor's Degree Programs. Washington, D.C.: American Chemical Society: Committee on Professional Training. p. 1–33.
11. Berkeley Academic Guide 2017–2018. Chemistry. Overview. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://guide.berkeley.edu/departments/chemistry/>
12. Caltech Division of Chemistry and Chemical Engineering: Undergraduate Program in Chemistry. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://www.cce.caltech.edu/content/undergraduate-program-chemistry>
13. Harvard College Handbook for Students. Handbook for Students 2017–2018. Chemistry. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <https://handbook.fas.harvard.edu/book/chemistry>
14. QS Quacquarelli Symonds Limited 1994–2017. QS World University Rankings by Subject 2016 – Chemistry. QS Quacquarelli Symonds Limited. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2016/chemistry>
15. Stanford: Chemistry. The Major: Undergraduate Options in Chemistry. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <https://chemistry.stanford.edu/academics/undergraduate-program/major>
16. Undergraduate Research Opportunities Program (UROP). [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://chemistry.mit.edu/undergraduate-program/urop>
17. Yale College Programs of Study 2017–2018. Chemistry. [Електронний ресурс]. – Доступно з: <http://catalog.yale.edu/yeps/subjects-of-instruction/chemistry/>

Проць М.З.

Национальный университет «Львовская политехника»

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОТРАСЛИ ХИМИИ В ЛУЧШИХ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ США

Аннотация

В статье рассматриваются характеристики учебных программ подготовки специалистов в отрасли химии в лучших университетах США в соответствии с рейтингом университетов мира за предметом. Выясняется, каким образом и на каких уровнях осуществляется подготовка студентов направления «химия». Исследуются эффективность и производительность учебных программ и методов учебы, применяемых в исследуемых высших учебных заведениях. В выводах выделены наиболее характерные особенности подготовки специалистов в отрасли химии.

Ключевые слова: высшее образование, учебные программы, профильный предмет «химия», кафедры химии, высшие учебные заведения США.

Prots M.Z.

Lviv Polytechnic National University

TRAINING CHEMISTRY PROFESSIONALS IN LEADING HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS IN THE USA

Summary

The article examines the characteristics of bachelor's degree chemistry programs in world's top universities for chemistry in the USA according to QS World University Rankings by Subject 2016. The levels of professional training in chemistry are analyzed. Effectiveness and productivity of chemistry programs and teaching methods used in the universities are researched. In conclusions, the most common features of professional training in chemistry are overviewed.

Keywords: higher education, bachelor's degree chemistry programs, chemistry major, chemistry departments, US higher education institutions.