

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
ФАКУЛЬТЕТ БІОТЕХНОЛОГІЙ І БІОТЕХНІКИ

КОНЦЕПЦІЯ СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ КАФЕДРИ ЕКОБІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОЕНЕРГЕТИКИ



«Викладання і дослідницька робота в університетах повинні бути нероздільні для того, щоб навчання в них відповідало потребам, що змінюються, запитам суспільства і досягненням у науковому знанні».

Велика Хартія університетів



Київ – 2014

I. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ



Кафедра екобіотехнології та біоенергетики (далі КЕБ) була створена як випускаюча кафедра у 2004 році (наказ ректора від 05.11.2004р. №1-147 у відповідності до рішення Вченої ради університету від 01.11.2004р. №12). Згідно з затвердженим ректором Положенням про кафедру екобіотехнології та біоенергетики **КЕБ є базовим навчально-науковим структурним підрозділом НТУУ «КПІ», який забезпечує підготовку бакалаврів, спеціалістів та магістрів за спеціальністю «Екологічна біотехнологія та біоенергетика», а також спеціалістів вищої кваліфікації за принципом єдності навчальної, наукової та виховної роботи і здійснює науково-дослідну та науково-технічну діяльність в галузі екобіотехнології та біоенергетики.**

Відповідно з рішенням ДАК (ліцензія №298101), наказом ректора спеціальність 7.092903 «Екобіотехнологія» закріплена за КЕБ. У відповідності з Положенням та Концепцією освітньої діяльності НТУУ «КПІ» за спеціальністю 7.8.05140105 Екологічна біотехнологія та біоенергетика напряму підготовки 051401 «Біотехнологія», яка погоджена з Головним управлінням освіти і науки виконавчого органу Київської міської Держадміністрації, на КЕБ покладено забезпечення таких напрямів, як екобіотехнологія та біоенергетика, зокрема наступних дисциплін навчальних планів напрямів підготовки «Біотехнологія» та «Інженерна механіка»: **біоенергетика, екобіотехнологія, екологія, біофізика, біохімія, хімія біогенних елементів, біоелектрохімічні основи біоенергетики, проблемні питання генної інженерії, біохімія ксенобіотиків, біотехнологія рослин, мікрководорості, відновлювана енергетика. воднева енергетика, біологічні та хімічні сенсорні системи, біохімічні процеси в промислових біотехнологіях, закономірності обміну речовин у мікроорганізмах, біотехнології очищення води, гідроекологія, переробка біомаси та відходів, переробка побутових відходів, біотехнологічні процеси в промислових виробництвах, основи наукових досліджень, біологічні та фізичні методи аналізу, методи аналізу біотехнологічних виробництв, методи обробки експериментальних даних, чинники успішного працевлаштування за фахом.**

* * *

II. ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОЕНЕРГЕТИКА — ПРОБЛЕМИ СТАНОВЛЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ



Сьогодні біотехнологія є однією з найбільш перспективних та швидко прогресуючих галузей науково-технічної, промислової та комерційної діяльності майже в усіх розвинених країнах світу. Сучасний бізнес пов'язаний з біотехнологіями переживає період підвищення інвестиційної активності — відбувається створення транснаціональних біотехнологічних компаній, стрімко зростає ринок біотехнологічної продукції медичного, сільськогосподарського, харчового, енергетичного та промислового призначення. Грошовий обіг світового ринку біотехнологічної продукції перевищує 500 млрд. \$ США на рік, чисельність біотехнологічних фірм в світі щорічно зростає на 15%. З успіхами і досягненнями біотехнології пов'язане вирішення ряду важливих соціальних, продовольчих, промислових та енергетичних проблем. В багатьох країнах сформована та активно діє розгалужена система підготовки фахівців для біотехнологічної сфери, зростає кількість біотехнополісів та біотехнопарків, які організовуються навколо провідних університетів. Так, у Великій Британії — визнаному європейському лідері біотехнології, цим напрямом займаються більше 200 некомерційних установ — університетів, науково-дослідних інститутів, наукових центрів, трансферних компаній тощо, а в США — більше 300.

Сьогодні практично усі розуміють, наскільки злободенно стоять питання збереження довкілля та раціонального використання природних ресурсів. Однак взаємини цивілізації та

біосфери і на початку третього тисячоліття розглядаються як протистояння двох багато в чому ворожих світів – «світу людини» і «світу природи». Саме біотехнології, як технології що базуються на використанні законів розвитку живої природи, можуть стати одним з тих засобів, завдяки яким людство повинно зменшити техногенне навантаження на біосферу.

Природоохоронні біотехнології (environmental biotechnology) широко розвиваються в усьому світі. Досвід розвинутих країн переконливо доводить, що успішне вирішення багатьох екологічних та енергетичних проблем на основі використання новітніх біотехнологій можливе лише за наявності критичної маси носіїв сучасних знань — фахівців-біотехнологів, які володіють теорією, методологією та практичним досвідом створення та реалізації сучасних біотехнологій.

Екологічна біотехнологія та біоенергетика є одним з пріоритетних напрямків розвитку біотехнології, який включає як фундаментальні дослідження, так і прикладні розробки з використанням живих організмів та інших біологічних агентів для забезпечення стійкості та поліпшення якості навколишнього середовища взагалі та найближчого оточення людини зокрема.

Формування та розвиток нового напрямку біотехнології та якісна підготовка фахівців-екобіотехнологів потребує обов'язкового вдосконалення наукових і навчально-методичних засад екологічних і енергетичних складових біотехнології, передбачає розробку певних освітньо-кваліфікаційних характеристик і освітньо-професійних програм для відповідних спеціальностей та спеціалізацій, створення державних стандартів освіти, написання підручників та навчально-методичних посібників тощо.

Практичних завдань, які постають перед фахівцями вищої школи і які необхідно вирішувати в зв'язку з формуванням нового біотехнологічного напрямку освіти — екобіотехнології, безліч. Методологічно найбільш доцільно реалізовувати їх поетапно. Спочатку необхідно розглянути місце екобіотехнології в системі сучасних знань, потім визначити можливі пріоритетні напрямки її розвитку в межах України та окреслити, виходячи з цього, відповідні завдання для реалізації високоякісної екобіотехнологічної освіти.

Наукове підґрунтя екобіотехнології та її місце в системі сучасних знань. За останні декілька десятиріч свого розвитку сучасне людство створило не лише серйозну загрозу для виживання багатьох видів диких рослин і тварин. Різке погіршення умов існування та якості навколишнього середовища гостро ставить питання про принципову можливість самознищення самого людства внаслідок подальшого посилення техногенного впливу на біосферу. Останнє зумовлене, в першу чергу, зростанням рівня забруднення середовища різноманітними відходами господарської діяльності та виснаженням екосистем.

Фахівцям добре відомо, що переважна більшість створених сучасною цивілізацією технологій є незамкненими процесами, що утворюють певні відходи. Шкодочинність та небезпечність тієї чи іншої технології для навколишнього середовища визначається, перш за все, кількістю та природою речовин, які є побічним продуктом – відходами технологічного процесу. Питання «Що робити з відходами?» стоїть дуже гостро. Сучасні технології їх утилізації потребують все нових і нових та більш «жорстких» процесів, окрім того, більшість з них в свою чергу також дають відходи, які не завжди легко утилізуються.

На противагу цьому всі процеси, що відбуваються в живій природі, є циклічними і добре збалансованими. Перетворення речовини в екосистемах реалізується шляхом кругообігу — відходи одних процесів використовуються, а отже і утилізуються в інших процесах. Яскравим прикладом подібної збалансованості можуть бути біосферні цикли вуглецю, кисню, азоту та інших біогенних елементів, «біоконвеєр» в процесах очищення стоків. Надзвичайна збалансованість природних екосистем та високий рівень кореляції внутрішньоекосистемних біотичних процесів дають людині переконливий доказ їх ефективності та свідчать на користь перспективності запозичення у живої природи елементів та принципів, що стануть основою майбутніх біотехнологій.

Технології, які розроблені за екологічними принципами і базуються на зведенні до мінімуму негативного впливу на навколишнє середовище, слід вважати екологічними технологіями або екотехнологіями. У тих випадках, коли згадані принципи дотримуються, а

технологічний процес побудований на використанні тих чи інших організмів, доцільно вести мову про виникнення та існування принципово нового напрямку — екологічної біотехнології.

Класичні біотехнології — сукупність промислових методів і процесів, що ґрунтуються на цілеспрямованому використанні різноманітних живих організмів або їх частин для отримання корисних для людини продуктів. В деяких біотехнологічних циклах використовуються не самі живі мікроорганізми, а певні складові їх життєдіяльності. З позицій екології та охорони навколишнього природного середовища біотехнології мають суттєву перевагу над більш вживаними та звичними хімічними технологіями.

По-перше: важливою особливістю живих організмів, їх популяцій та угруповань є наявність множини зворотних зв'язків, що дає можливість успішно здійснювати процеси саморегуляції в різко мінливих умовах навколишнього середовища. Така особливість біологічних систем — кібернетична. Вона дає значні переваги при використанні біосистем у технологічному процесі — значно спрощує систему керування процесом. Тому у більшості випадків примусово регулювати або налагоджувати біосистему не потрібно. Вона, на відміну від техногенного апарату, сама здатна це зробити, і зробити якісніше. Таким чином, за обслуговуючим персоналом залишаються переважно наглядові функції.

По-друге: винятково високе насичення живих організмів надмірною (запасною, тією, що не використовується в певний момент життєвого циклу) генетичною, тобто спадковою інформацією, надає їм можливість швидко адаптуватися до дії несприятливих чинників, з одного боку, та дозволяє опановувати нові умови існування та виконувати нові екологічні функції, з іншого.

По-третє: переважання низькоенергетичних кодованих процесів над параметричними дозволяє живим організмам здійснювати хімічні реакції при набагато менших значеннях тиску та температури, ніж це потрібно для здійснення тих самих процесів в абіотичних умовах. В звичайних хімічних реакціях концентрація реагентів набагато вища, ніж в біохімічних, проте самі біокаталітичні реакції перебігають у $10^8 \div 10^{13}$ разів швидше. В біохімічних перетвореннях енергія активації майже завжди дуже мала. Це все обумовлює те, що енергетичні процеси в живих організмах перебігають з максимальним кодовим навантаженням та мінімальним розсіюванням енергії. Біоенергетичні перетворення характеризуються високим ККД, що дозволяє живим організмам значно економити енергію.

Екобіотехнологія, на нашу думку, є поняттям дещо більш широким, ніж класична біотехнологія. Це можна пояснити виходячи з наступних міркувань. Завданням класичної біотехнології є розробка та реалізація технологічних процесів, що дозволяють отримати кінцевий корисний для людини продукт завдяки використанню живих організмів (переважно мікроорганізмів). В такому випадку визначальним моментом є якість, кількість, собівартість тощо кінцевого продукту. Завданням екобіотехнології є, перш за все, збереження природної екологічної рівноваги, тобто інтерес становить не лише кінцевий продукт, а і певні особливості процесу його отримання. Саме ці особливості процесу відіграють визначальну роль в процесах екологізації біотехнологічного виробництва. Крім того, в деяких випадках метою або завданням екобіотехнології може бути не результат отримання кінцевого продукту, а навпаки, лише утилізація (знищення) вихідного субстрату. Прикладом подібних екобіотехнологічних процесів може бути біодеструкція нафтових забруднень за допомогою мікроорганізмів. На відміну від класичних біотехнологій в певному екобіотехнологічному циклі широко можуть бути використані не лише мікроорганізми, а і багатоклітинні — вищі рослини, різноманітні тварини, гриби. Сучасні технології фітодезактивації та зменшення радіонуклідного забруднення ґрунтів є гарним прикладом подібних екобіотехнологій.

Таким чином, ґрунтуючись на вищенаведеній інформації, можна запропонувати наступне визначення та тлумачення екобіотехнології: ***екобіотехнологія — це синтетичний міждисциплінарний напрям сучасних наукових досліджень, який утворився як результат перетину інтересів, підходів, принципів та методів прикладних напрямків екологічної науки та класичних і сучасних біотехнологій або, інакше кажучи, це технологічні процеси, які здійснюються за рахунок використання живих організмів та інших біологічних агентів і спрямовані на покращення, захист і відновлення порушеного***

людиною довкілля, збереження функціональної стійкості біосфери в цілому або її певних компонентів (природних екосистем) і в решті решт – забезпечення сталого і гармонійного розвитку ноосфери.

Основними напрямками сучасного природознавства, що поєднуючись формують екобіотехнологію, є класична біологія, традиційна екологія, біотехнологія та комплекс наук про довкілля (так звана «прикладна екологія», що є синонімом англійському поняттю «environmental science»). Біотехнологія, яка за останні десятиріччя свого існування накопичила значну кількість сучасних та високотехнологічних методів та методик, є, так би мовити, інженерною основою екобіотехнології. На сьогоднішній день вона має чудово розроблені теоретичні та практичні підходи по застосуванню мікроорганізмів у господарчих цілях. Прикладна екологія (environmental science) є «ідейним натхненником» нового напрямку розвитку біотехнологій, саме вона «формулює та ставить завдання». Класична біологія та традиційна екологія є фундаментальним науковим підґрунтям розвитку екобіотехнологій. Екобіотехнологія, на відміну від традиційних біотехнологічних напрямків (промислової, харчової, фармацевтичної та ін.), має бути більш тісно пов'язана з фундаментальними біологічними та екологічними дисциплінами.

Такі загально-біологічні напрямки як біофізика, біохімія, генетика (загальна та молекулярна), цитологія, мікробіологія та вірусологія є науковим підґрунтям традиційних біотехнологій, і тому, цілком закономірно, що вони мають бути також фундаментальною основою екологічних біотехнологій. Крім того, розробка та реалізація біотехнологій з метою покращення стану довкілля, як вже зазначалося, може здійснюватися не лише за використання мікроорганізмів. Дуже перспективними об'єктами екобіотехнологій можуть стати гриби, водорості, макрофіти, одноклітинні та багатоклітинні безхребетні, а, можливо, навіть і хордові тварин. Саме тому зоологія, ботаніка та мікологія повинні бути важливими складовими елементами підґрунтя екологічної біотехнології. Знання біологічних особливостей та різноманіття форм грибів, рослин та тварин є необхідною передумовою для вдалого вибору того організму, на основі та за рахунок якого може бути розроблена та реалізована певна екобіотехнологія.

Важливими фундаментальними біологічними складовими екобіотехнології, на нашу думку, мають бути також фізіологія та теорія еволюції. Саме особливості фізіології певних організмів дозволяють розглядати та використовувати їх у якості об'єкта екологічної біотехнології. Тому складовою підготовки екобіотехнологів має бути порівняльна фізіологія. Створенню будь-якої біотехнології (і традиційної, і екологічної) завжди передують підбір, а дуже часто і модифікація певного організму (групи організмів). За своїм змістом та завданнями подібні процедури дуже нагадують процес селекції та штучного добору. Тому теорія еволюції, основу якої досі складає концепція природного добору, є важливим теоретичним підґрунтям екобіотехнології.

Необхідно більш детально зупинитися на розгляді екологічної складової природоохоронних біотехнологій (екобіотехнологій). На превеликий жаль, у цьому питанні виникають навіть термінологічні складності. Англomовні країни Заходу в своєму літературному арсеналі мають два, на перший погляд, близькі за змістом терміни «Ecology» та «Environmental science». Перший термін конкретний і зазвичай використовується для позначення екології як окремої природничої науки або окремого загального напрямку біологічної науки. Другий, який в дослівному перекладі означає науки (комплекс наук) про довкілля, є більш широким за змістом, і застосовується не лише по відношенню до природничих, а й до соціально-економічних галузей знань. В переважній більшості україномовної екологічної літератури терміном «екологія» не дуже вдало намагаються поєднати всі напрямки досліджень, розробок та узагальнень, які так чи інакше стосуються будь-яких взаємин людини і природи. Свого часу в якості еквіваленту до поняття, що означає прикладний природоохоронний напрямок «Environmental science», Н.Ф. Реймерс (1994) пропонував вживати окремий термін «інвайронментологія» (або «інвайронменталістика»), однак розповсюдження на теренах української науки він так і не отримав.

Традиційна екологія (Ecology) є біологічною наукою, яка вивчає взаємовідносини організмів між собою і з навколишнім середовищем, організацію і функціонування надорганізменних систем: популяцій, угруповань, екосистем і біосфери. Успішне планування, розробка та реалізація природоохоронних біотехнологій неможливі без знання та дотримання концепцій, принципів, правил та законів загальної екології [доцент КЕБ Ігнатюк О.А. Основні екологічні принципи та концепції: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – (Гриф МОНУ).– К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2006.-268с.]. Вона є не лише фундаментальним науковим базисом для прикладних напрямків, а й дає теоретичну основу для створення штучних і напівштучних та модифікації природних біосистем. Практично всі біотехнології - і традиційні і природоохоронні, побудовані на загальноєкологічних принципах вибору, створення та підтримки найбільш сприятливих (оптимальних) умов існування для певних груп організмів, життєдіяльність яких використовується в якості основи біотехнологічного циклу.

Прикладна екологія (Environmental science) має надзвичайно велике значення для успішного існування та розвитку сучасної техногенної цивілізації. Остання, особливо протягом XX століття, прискореними темпами входить у наростаючий конфлікт з біосферою в цілому та її певними компонентами зокрема. Конфліктні питання при взаємодії людства та навколишнього середовища отримали загальну назву екологічних проблем. Їх кількість значна і схоже, що не дуже швидко зменшується. Екологічні проблеми поділяють на глобальні, регіональні та локальні. Вирішувати їх одразу всі та єдиними методами не раціонально та, мабуть, і не реально. Екобіотехнології, які побудовані переважно на використанні загальноєкологічних принципів, можуть і повинні стати тим інструментом, який допоможе успішно вирішити значну кількість екологічних проблем, особливо локальних та регіональних.

Вирішення екологічних проблем — справа, яка є складною технічно, але методологічно вона відносно проста. Умовно її можна поділити на декілька етапів. Безпосередньо вона починається з пошуку проблеми (встановлення певного екологічного негаразду), наступний етап — постановка практичного завдання, яке має бути вирішене з метою усунення негаразду, потім відбувається пошук найбільш оптимального шляху вирішення проблеми та власне ліквідація проблеми. Пошук негаразду та постановка завдання — являють собою коло наукових інтересів та пріоритетів фундаментальних та прикладних напрямків власне екології. Два останні етапи, в багатьох випадках, безумовно, можуть бути успішно реалізованими за рахунок використання екобіотехнологій.

Пріоритетні напрямки розвитку екологічних біотехнологій. Тут доцільно хоча б коротко розглянути можливі шляхи вирішення деяких екологічних проблем та зіставити переваги і недоліки застосування екобіотехнологій та традиційних фізико-хімічних технологій для їх вирішення.

Сучасна екологічна ситуація, яка пов'язана в першу чергу з посиленням антропогенного пресу на біосферу, потребує розробки чіткої, об'єктивної та науково-обґрунтованої системи екологічного моніторингу. Однією з її складових є пошук, розробка та застосування адекватних методів оцінки якості навколишнього середовища взагалі та рівня певних забруднень зокрема. Найбільш поширеними на сьогоднішній день методами контролю якості довкілля є фізико-хімічні технології. Вони є досить точними, дозволяють об'єктивно визначити вміст забруднюючого чинника та базуються переважно на застосуванні різноманітних аналітичних хімічних, фізичних та фізико-хімічних методик. Критерієм якості середовища, у випадку застосування подібних технологій, є порівняння результатів кількісного аналізу вмісту забруднюючої субстанції з певною визначеною величиною. Визначеними величинами в даному випадку можуть бути гранично допустимі концентрації (ГДК), гранично допустимі скиди (ГДС) та гранично допустимі рівні (ГДР). Згадані критерії в переважній більшості випадків визначаються по відношенню до людини та можливого впливу пошкоджуючого чинника на її здоров'я. Об'єктивної інформації про вплив забруднення на інші живі компоненти біосфери застосування подібного підходу практично не дає. Крім того, аналітичні методи визначення вмісту окремих забруднюючих чинників не дають уявлення про

сумісний вплив різних речовин та їх синергізм у дії на компоненти навколишнього середовища. Альтернативою до згаданих методів може бути не менш об'єктивний спосіб визначення якості довкілля за допомогою живих організмів – **біотестування**.

Біологічні методи визначення та оцінки рівня забруднення середовища мають досить давню історію. Більше 100 років тому Н.В.Чермак (1892р.) та І.Н.Арнольд (1897р.) запропонували використовувати живу рибу як індикатор забруднення води. Запропонована ними «рибна проба» (біотест у сучасному розумінні) базувалася на реалізації досить простої ідеї: якщо вода отруйна – риба гине, якщо не отруйна – виживає. Цей простий принцип досі лежить в основі вихідного тесту на виживання. З нього починається кожне сучасне токсикологічне дослідження. В багатьох випадках біотести застосовують для кількісного визначення недіючих, медіанних і летальних концентрацій та доз, що дозволяє встановлювати градуйовані показники токсичності певної речовини для кожного тест-об'єкту. До цього необхідно додати, що мета екологічного дослідження полягає не у визначенні хімічної природи та складу речовин-забруднювачів (це завдання хіміків-аналітиків), а в тому, щоб встановити, у якій мірі досліджуване середовище є придатним для життя незалежно від того, який набір речовин природного або техногенного походження в ньому міститься.

В 60-90 рр. XX століття методи біотестування широко розвивалися та були законодавчо введені в США, Канаді, Німеччині та ряді інших країн в систему стандартних методів дослідження якості природних, питних та стічних вод. Як не дивно, подібний підхід виявився прийнятним незалежно від наявності майже необмежених фінансових можливостей, високорозвиненої аналітичної техніки та будь-яких реактивів або пристроїв. З початку 70-х років дослідження та розробки подібних методик централізовано проводились в багатьох наукових організаціях СРСР. В результаті цих досліджень були сформовані загальні вимоги до біотестів і навіть близько 40 методик були успішно апробованими. Однак широкого вжитку і промислово-господарського застосування біотестування як метод контролю забруднень на той час так і не отримало.

Прості біологічні тести на зразок «рибної проби» та більш складні, основані на кількісній оцінці перебігу певних фізіолого-біохімічних процесів в організмі за умов забрудненого середовища, відзначаються доступністю, простотою, дешевизною, високою експресністю, чутливістю та відтворюваністю результатів. Вони дають безпосередньо найбільш об'єктивну інформацію щодо стану досліджуваного середовища, його якості та шкодочинності забруднення. Крім риби як тест-об'єкт сьогодні успішно використовуються дрібні ракоподібні, інфузорії, личинки комах, м'якуни, голкошкірі, безхвості амфібії, нижчі та вищі водні рослини. За допомогою біотестів можна успішно оцінювати рівень забруднення не лише природних та стічних вод, а і якість повітря, ґрунтів і навіть деяких зразків промислової продукції. Власне, сама процедура біотестування може розглядатися як технологія контролю забруднень оточуючого середовища або антропогенних впливів на довкілля, що здійснюється за участю живих організмів з використанням останніх у якості біодатчика. Подібна інтерпретація біотесту дозволяє успішно розглядати його як варіант біотехнологій природоохоронного спрямування — екобіотехнологій.

Орієнтуючись на вищезгадане, очевидно, що для України, враховуючи складну екологічну та економічну ситуацію в багатьох її регіонах, нагальною потребою сьогодення є розробка та широке використання відносно дешевих методик біотестування для здійснення контролю забруднень в системі екологічного моніторингу. Перспективними в цьому напрямі екобіотехнологічних досліджень можуть стати такі теоретичні та практичні завдання як розробка теоретичного підґрунтя біоіндикації та біотестування, створення біосенсорних елементів для оцінки рівня забруднення, розробка методів біотестування води, ґрунтів, повітря та їх автоматизація.

Антропогенна трансформація та деградація природних екосистем є, мабуть, однією з найбільш серйозних екологічних проблем сучасності. Їх охорона та захист стають ключовим моментом у реалізації стратегії XXI сторіччя — «концепції сталого розвитку». Відновлення повністю зруйнованих екосистем є майже нереальним. Однак у тих випадках, коли екосистеми зазнали істотних впливів, але повністю не деградували, принципово можливим є їх

відтворення за рахунок обґрунтованої оптимізації екосистемних процесів. Повна реалізація згаданого завдання лише завдяки використанню біотехнологій, безумовно, не досяжна. Розв'язання подібних питань потребує участі кваліфікованих фахівців багатьох галузей. Певні напрямки біотехнологічних досліджень, на нашу думку, могли б допомогти реалізувати деякі завдання, пов'язані з відтворенням природних екосистем та оптимізацією їх внутрішніх процесів.

Біологічні методи боротьби зі шкідниками сільського господарства, а також розробка екологічно безпечних препаратів антибіотичної та протипаразитарної дії, дозволяють відносно «м'яко» регулювати видовий склад та динаміку чисельності тих угруповань, які є складовими агроценозів або безпосередньо контактують з ними. Альтернативний фізико-хімічний підхід — використання жорстких хімічних засобів захисту рослин (ГХЦГ, ДДТ та ін.) — давно і переконливо продемонстрували свою екологічну небезпеку. Стійкі хімічні сполуки токсичного характеру не розкладаються в природі та накопичуються у трофічних ланцюгах, призводячи до поступового отруєння не лише об'єкту, проти якого вони були спрямовані, а й інших живих компонентів екосистем, в тому числі і людини. Крім того, «шкідники» з часом чудово адаптуються до дії отрути, утворюючи резистентні раси.

Важливим елементом процесу оптимізації трансформованих, зокрема забруднених, екосистем можуть стати **технології біорекультивациі ґрунтового покриття, фітODEЗАКТИВАЦІЇ або детоксикації ґрунтів та природних вод** тощо. Подібні методики є набагато дешевшими за механічне та хімічне очищення згаданих елементів навколишнього середовища. Крім того, вони не несуть руйнівної складової (механічного пошкодження ґрунту, внесення сильнодіючих хімічних сполук та ін.). Їх успішне застосування також є типовим прикладом природоохоронних біотехнологій.

Збереження та відтворення біорізноманіття (багатства видів рослин, тварин, грибів та мікроорганізмів) на Землі є серйозною екологічною проблемою глобального рівня. Вимирання біологічних видів у наслідок антропогенного впливу та інтенсивного ведення господарської діяльності є загальновизнаним фактом. Світова наукова спільнота вкрай занепокоєна цією обставиною, саме тому і на конференції в Ріо-де-Жанейро, і на багатьох інших міжнародних форумах гостро підіймалися питання про необхідність охорони біологічних ресурсів та збереження біорізноманіття. Залишається ця проблема вкрай важливою і для України, яка приєдналася до Картахенського протоколу про біобезпеку та конвенції про біорізноманіття, що була прийнята в Монреалі у лютому 2000р.

Проблема збереження біорізноманіття має надзвичайно багато теоретичних і практичних аспектів. Одним з них є можливість штучного відтворення тих видів рослин і тварин, популяції яких практично зникли в дикому стані. Принципова можливість **клонування певних видів живих організмів** у лабораторних умовах доведена. Практичне застосування подібних біотехнологій — питання дуже складне технічно. До того, з позицій біоетики неоднозначною є також його доцільність. Тому сьогодні можливість успішного застосування біотехнологій до проблеми збереження та відтворення рідких та зникаючих видів слід вважати «дискусійним питанням на перспективу».

Наступною вкрай важливою та актуальною екологічною проблемою, вирішення якої може бути успішно досягнуто за рахунок використання біотехнологій, є **переробка та утилізація відходів** (мається на увазі відходів цивілізації). Утилізація відходів може здійснюватися і біологічними (екобіотехнологічними), і фізико-хімічними методами, однак при застосуванні останніх антропогенне забруднення часто тільки локалізується [**професор КЕБ Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. - Рівне: НУВГП, 2013. – 292 с.; Саблій Л.А. Кононцев С. В., Гроховська Ю. Р. Екологічна біотехнологія очищення стічних вод та культивування кормових організмів Рівне: НУВГП, 2011. – 151 с.**].

Використання чистих та змішаних мікробних культур для боротьби з ліквідацією забруднень або утилізацією відходів господарської діяльності людини має значні переваги в порівнянні з іншими, особливо не біологічними методами. Природна мінливість мікроорганізмів та гетерогенність їхніх диких популяцій дозволяють останнім

використовувати в якості субстрату, а отже і утилізувати винятково широкий спектр речовин органічної природи, більшість з яких є потенційними забрудниками навколишнього середовища антропогенного походження. Висока швидкість росту та значний потенціал відтворення мікроорганізмів дозволяє їм швидко збільшувати свою чисельність і адаптуватися до використання найбільш доступного субстрату на популяційному рівні — за рахунок збільшення відсотку більш фізіолого-біохімічно пристосованих особин. Подібні процеси можливі завдяки генетичній особливості мікроорганізмів-прокаріот — спроможності до плазмідної передачі адаптивно вигідних ознак (генів) по горизонталі. Переважна більшість побутових відходів не є однорідними за своїм складом субстанціями. У порівнянні з монокультурами, мікробні асоціації спроможні асимілювати суміші та поетапно мінералізувати складні органічні сполуки. Природні консорціуми мікроорганізмів мають більш високу спроможність до біотрансформації, ніж окремі популяції, та характеризуються підвищеною резистентністю до впливу несприятливих чинників середовища. Вони також відзначаються підвищеною продуктивністю та можливістю горизонтального обміну генетичною інформацією не лише в межах однієї популяції, а й між різними видами в межах угруповання. Згадані властивості мікроорганізмів роблять їх потенційно дуже перспективним об'єктом для застосування в екобіотехнологічному циклі утилізації відходів. Фізико-хімічні підходи до утилізації відходів мають, в порівнянні з біологічними, один суттєвий недолік — вони є набагато більш енергоємними. Значна енергоємність призводить до збільшення собівартості технологічного процесу. Мікробіологічна утилізація, навпаки, зводить енерговитрати до мінімуму — відходи власне і є тим енергетичним ресурсом, який використовують мікроорганізми для потреб своєї життєдіяльності.

Біоенергетика. Одним з перспективних сучасних напрямків розвитку екобіотехнології має стати біоенергетика — галузь, яка допоможе вирішити одночасно значну кількість екологічних проблем. *Біоенергетика — термін досить широкого змісту. З одного боку, це наука про загальні закономірності перетворення енергії в живих системах (клітинах, організмах, екосистемах тощо). З іншого — біоенергетику можна розуміти як напрям промислової енергетики (більш коректним терміном буде технічна біоенергетика), який пов'язаний з використанням нетрадиційних джерел енергії біологічного походження. Технічна біоенергетика переважно займається переробкою різноманітної біологічної сировини та органічних відходів у біопаливо (тверде, рідке або біогаз чи біоводень).* Обидва згадані напрямки біоенергетики пов'язані і, розвиваючись, гармонійно доповнюють один одне.

Нескінченний потік енергії в живій клітині, організмі, популяції, екосистемі або біосфері і є суть життя. Перетворення енергії будь-яким елементом живої матерії відбувається на рівні клітин. Останні наділені складними та ефективними системами для забезпечення процесів перетворення одного виду енергії в інший. Трансформація енергії відбувається головним чином у двох специфічних структурних компонентах еукаріотичної клітини — хлоропластах та в мітохондріях. Перші присутні лише у клітинах зелених рослин, другі є компонентом як рослинних, так і тваринних клітин.

Усі дослідження в області біоенергетики підтверджують єдину наукову точку зору, згідно з якою до явищ життя цілком застосовні закони фізики та хімії, а перетворення енергії на будь-якому рівні організації живої матерії підпорядковане основним принципам термодинаміки. Складність і специфічність біологічних систем та процесів що реалізуються в них, обумовлює існування деяких відмінностей між біоенергетикою та енергетикою неорганічного світу і, зокрема, технічною енергетикою.

Перша фундаментальна особливість біоенергетики полягає в тому, що будь-які живі об'єкти є термодинамічно відкритими системами, які успішно функціонують лише за умов постійного обміну речовиною та енергією з навколишнім середовищем. Термодинаміка подібних систем істотно відрізняється від класичної [завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В., доцент КЕБ Голуб Н.Б. Біофізика: Підручник для студентів вищих навчальних закладів.- (гриф МОНУ). — К.: Видавничий дім «Компютерпрес», 2007. — 424с.]. Основне для класичної термодинаміки поняття рівноважних станів замінюється уявленням про стаціонарні стани

динамічної рівноваги. Саме тому ентропія подібних систем змінюється не згідно Другого закону термодинаміки, а згідно теореми Прігожіна. Подібні системи стають принципово здатними до самоорганізації та самовдосконалення.

Друга найважливіша особливість біоенергетики пов'язана з тим, що обмінні процеси в клітинах перебігають за умов відсутності значних коливань температури, тиску та об'єму. Природа, на відміну від техніки, не могла собі дозволити високих температур, тиску та інших умов, що мають місце у сучасних двигунах внутрішнього згоряння та інших подібних теплових машинах. Перехід енергії хімічного зв'язку в корисну біологічну роботу в окремій клітині або цілому організмі відбувається без перетворення хімічної енергії в теплову. Тому в ході біологічної еволюції виник ряд специфічних механізмів, які дають можливість прямого перетворення однієї форми вільної енергії в іншу, минаючи її перехід в тепло. Під час біохімічних процесів в живих клітинах лише незначна частина енергії, що вивільняється, розсіюється у вигляді тепла; більша її частина перетворюється у форму вільної хімічної енергії особливих сполук, зокрема АТФ (аденозинтрифосфат). В такому вигляді енергія є надзвичайно мобільною, тобто може перетворюватися в інші форми, зокрема виконувати механічну роботу — скорочувати м'язові волокна або використовуватися безпосередньо для біосинтезу органічних сполук — білків, ліпідів, вуглеводів.

Доцільно також особливо відзначити той факт, що в основі процесів енергозабезпечення життєдіяльності будь-яких біосистем лежать молекулярні механізми, які можна поділити на дві групи. Одна з них включає перетворення зовнішніх енергетичних ресурсів безпосередньо в енергію хімічного зв'язку, яка акумулюється універсальним накопичувачем і переносником енергії — АТФ, інша — в енергію, обумовлену існуванням різниці трансмембранних електрохімічних потенціалів іонів H^+ та K^+ (у рослин) або Na^+ та K^+ (у тварин). Останній момент дозволяє стверджувати, що в процесах перетворення енергії в живих об'єктах широко присутні електрохімічні стадії. Сукупна потужність електрохімічних процесів, що відбуваються в клітинах усіх живих організмів біосфери, на багато порядків перевищує світові масштаби технічного використання електрохімічної енергії [завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В., ст. викладач КЕБ Щурська К.О. Біоелектрохімічні основи біоенергетики // Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 051401«Біотехнологія», гриф «Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ» від 17.01.2013, пр. № 5, свід-во НМУ № Е 12/13 – 072, 480 с.; Кузьмінський Є.В. Біоелектрохімія – невід'ємна складова нового технологічного укладу / Є.В. Кузьмінський, К.О. Щурська // Науковий вісник Чернівецького університету. – 2010. – № 526. – С. 9-20]. Одним з основних результатів розвитку біоенергетики в останні десятиліття є встановлення подібності енергетичних процесів в усьому живому світі – від мікроорганізмів до людини. Однаковими для всього рослинного та тваринного світу виявилися і ті речовини, в яких енергія акумулюється, і процеси, за допомогою яких таке акумулювання здійснюється. Така ж подібність встановлена і в процесах використання акумульованої в цих речовинах енергії. Технічні та біологічні системи перетворення хімічної енергії в електричну також принципово подібні. Відмінності лише в деталях. При створенні технічних електрохімічних систем зазвичай не виникає особливих проблем з ізоляцією, оскільки вони оточені діелектричним середовищем – повітрям. Окрім того, в технічних пристроях в якості електродів і провідників використовуються метали, які мають високу електропровідність. На відміну від цього жива природа створила свої електрохімічні пристрої в не діелектричному середовищі — розчині електроліту. До того ж в її розпорядженні не було металевих провідників. З цих причин «біологічна електрохімія» є як би оберненою по відношенню до більш звичної нам «технічної електрохімії». У цьому випадку не електронний провідник, а електролітна фаза розподіляється на два об'єми. Ізолюючим прошарком між ними слугує тонка плівка — клітинна мембрана. Різниця потенціалів в такій системі генерується між розділеними мембраною об'ємами електроліту. Подібним чином організовані мітохондрії та хлоропласти. Саме ці субклітинні елементи і є біологічними електрохімічними генераторами — «енергетичними станціями» клітини. Хоча різниця потенціалів, яка генерується на мембрані, незначна — $150\div 200$ мВ, проте потужність, віднесена до одиниці об'єму мітохондрії, сягає $10\div 50$ кВт/м³, що навіть трохи більше, ніж у випадку промислових

електролізерів.

В процесі досліджень біоелектрохіміки встановили, що в живу клітину немов би вмонтовано воднево-кисневий паливний елемент (ПЕ). Так, подібно до того, як в ПЕ хімічна енергія палива перетворюється в електричну, жива природа хімічну енергію макроергічних сполук також спочатку трансформує в електричні форми, а потім, в процесі окисного фосфорилування, відразу ж консервує їх в енергію хімічних зв'язків.

Практичне застосування вже знайшли ПЕ, в яких як паливо використовують водень, а як окисник – кисень, електролітом слугує луг або іонообмінний полімер. Такі ПЕ працюють за невисоких температур (до 370° K), що забезпечує ресурс їх роботи до декількох тисяч годин. Одна з головних проблем подальшого розвитку подібних ПЕ — подальша розробка теорії каталізу та практичних методів створення ефективних та дешевих каталізаторів, які б мали достатню активність та корозійну стійкість і були стійкими до отруйної дії продуктів струмоутворюючої реакції.

Досягнуті на сьогодні в розробці ПЕ успіхи пов'язані головним чином з хімією (зокрема, електрохімією), проте необхідно відзначити, що існують і інші, на наш погляд, більш перспективні шляхи вирішення цієї проблеми. Особливо варто звернути увагу на такі системи енергоустановок, які здатні за допомогою мікроорганізмів перетворювати безпосередньо енергію хімічних зв'язків органічних молекул у електричну енергію. Подібні процеси дозволяють оминати теплову стадію, трансформувачи вільну енергію одразу ж в електричну енергію. Таким чином енергія органічних хімічних сполук найбільш ефективно буде використана і при цьому докільля не буде забруднюватись зайвим теплом. Такі технології теоретично дозволяють значно скоротити рівень споживання органічного палива, не зменшуючи при цьому рівень енергоспоживання.

Перші досліди, які показали принципову можливість створення біологічного паливного елемента, виконав англійський ботанік Поттер ще у 1910 році. Занурюючи Pt електрод в культуру дріжджів (*Saccharomyces sp.*) або кишкової палички (*Escherichia coli*), які вирощувалися за анаеробних умов, він помітив, що на електроді виникає потенціал, негативний по відношенню до потенціалу такого ж електрода, який знаходиться в аеробному стерильному середовищі ($U = 0,3 \div 0,5\text{В}$; $I \approx 0,2\text{ мА}$). В наступні роки було описано досить багато випадків генерування електричного потенціалу різноманітними мікроорганізмами та клітинами багатоклітинних організмів. Всі вони теоретично можуть скласти основу для створення біопаливних елементів, які функціонують на основі біохімічного окиснення органічного палива.

Деякі сучасні експериментальні розробки біопаливних елементів продемонстрували достатньо високу густину струму на електроді (до 50 мА/см²) і потужність (біля 1кВт), хоча вони ще не доведені до того стану, що їх можна було б широко впроваджувати у виробництво. Для створення біоенергетичної установки необхідно вирішити ряд взаємопов'язаних технологічних завдань. По-перше, необхідно розробити технологію одержання стабілізованих мембран із значними площами та відпрацювати умови формування компактних об'ємних структур. По-друге, навчитися включати в ці мембрани комплекс відповідних біокаталізаторів, щоб забезпечити повне окиснення органічних речовин. Крім того, розробити механізми і пристрої для регулювання інтенсивності процесу окиснення і забезпечення його циклічності з метою регулювання потоку енергії від біоенергетичного джерела в цілому.

За подібним принципом на основі штучних мембран можна побудувати і сонячні батареї. Якщо вдасться включити в ці стабілізовані мембрани хлорофіл та ряд допоміжних ферментів, то тоді енергію збудження пігменту фотонами світла можна буде безпосередньо приймати на струмопровідну підкладку. Безумовно, сучасні перетворювачі хімічної енергії в електричну у вигляді паливних елементів або інших подібних пристроїв ще не в змозі задовольнити потреби ХХІ сторіччя, але можна зазначити, що вони вказують нам принципову можливість вирішення енергетичних проблем людства з одночасним вирішенням і екологічних. Широке застосування біохімічних та електрохімічних принципів за використання мікроорганізмів у пристроях прямого перетворення різних видів енергії в електричну, на наш погляд, може бути розглянуто як варіант екобіотехнології. Особливістю таких систем буде високий ККД та мінімальне

забруднення довкілля [Ye. Kuzminskiy, K. Shchurska, I. Samarukha, Gr. Lagod Bioelectrochemical Hydrogen and Electricity Production // Monografie.- Lublin, 2013, Politechnica lubelska, 102 p.].

Все живе населення біосфери, крім людини, протягом свого еволюційного розвитку пристосувалося до існування за рахунок відновлюваних енергетичних ресурсів. Подібна стратегія використання енергії в умовах Землі є єдиним можливим напрямком сталого розвитку та стабільного існування. Саме тому можливість широкого використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в господарстві в останні кілька років розглядається дуже уважно. Такий підхід має переваги і в контексті охорони навколишнього середовища. Частка відновлюваних джерел енергії у паливно-енергетичних балансах окремих країн до цього часу сильно диференційована. З метою збільшення внеску відновлюваних джерел енергії у загальні енергетичні потреби в Європейському Союзі прийнято Білу книгу «Енергія майбутнього у відновлюваних джерелах енергії». Це видання на сьогодні є ключовим документом стратегічного характеру, який визначає напрямки довгострокової політики і ставить кількісну мету — збільшення частки відновлюваних джерел енергії з 6 до 10% за період 2000 — 2020 років. Відновлювані джерела енергії у майбутньому мають становити значну частку і в енергетичному балансі окремих районів та областей України.

Одним з можливих варіантів застосування ВДЕ є використання біомаси або безпосередньо як палива, або як сировини для подальшого перетворення в паливо. Згідно з прийнятим у Європі визначенням, біомаса — це біодеградовані фракції продуктів, відходів та залишків сільського господарства (рослинних та тваринних), лісового господарства та близьких до них галузей промисловості [доцент КЕБ Голуб Н.Б., зав.лабораторії КЕБ Боровик О.Я. Переробка біомаси: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – (Гриф МОНУ). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 245с.].

Застосування біопалива у вигляді деревини має надзвичайно велике значення в домашньому господарстві приблизно 50% населення планети, забезпечуючи в цілому використання близько 300 ГВт енергії. Для людства фатальною є та обставина, що на сьогодні споживання безпосередньо деревини значно випереджає її відтворення. Перспективним може стати використання в якості біопалива неїстівних решток сільськогосподарських рослин. За прогнозами фахівців у найближчому майбутньому передбачається покриття до 10% потреб у енергоресурсах за рахунок біомаси, одержуваної в сільському господарстві. Використання енергії біомаси сільськогосподарських рослин може бути вельми значним. Наприклад, за рахунок відходів виробництва тростинного цукру в країнах, що його виробляють, покривається до 40% потреб у органічному паливі. Відбувається поступове заміщення викопних енергоносіїв відповідними аналогами рослинного походження.

Сьогодні промислове виробництво біопалив в Україні стимулюють прийняті законодавчі акти. Щорічно в Україні споживається близько 200 мільйонів тонн умовного палива, при цьому видобуток з природних джерел країни становить лише 80 млн. т. Важливим потенційним ресурсом при такому балансі власної та імпортованої енергетичної сировини може стати біопаливо. Можливості виробництва та використання біомаси в Україні визначаються, в першу чергу, рослинництвом, основу якого складає вирощування зернових. Солома є непоганим джерелом біомаси. Якщо прийняти, що для енергетичної мети можна використовувати близько 20% загальної кількості соломи, то на цій основі може бути заміщено певну частку загального споживання первинних енергоносіїв в Україні.

Форма біомаси для використання її у якості біопалива може бути досить різноманітною. Біомасу в енергетичних цілях можна використовувати в процесі безпосереднього спалювання деревини, соломи, сапропелю (органічних донних відкладень), а також у переробленому вигляді як рідкі (ефіри ріпакової олії, спирти) або газоподібні (біогаз — газова суміш основним компонентом якої є метан) палива. Конверсія біомаси у носії енергії може відбуватися фізичними, хімічними та біологічними методами, останні є найбільш перспективними.

Огляд світового досвіду демонструє, що рідкі біопалива стають перспективною і популярною категорією енергетичних ресурсів, яка за своїм значенням для світової енергетики займає наступну позицію після твердих палив з біомаси. На даний момент у

країнах ЄС частка рідкого біопалива не перевищує 0,5% загального використання моторних олив, мінерального дизелю та бензину. Це пояснюється насамперед високою вартістю виробництва, що робить рідке біопаливо неконкурентоспроможним відносно традиційного пального, яке виробляється з нафти. Незважаючи на високу собівартість, виробництво рідкого палива з біомаси в країнах ЄС динамічно зростає. Перш за все це стає можливим за рахунок екологічно продуманої економічної політики на державному рівні. Основні шляхи розвитку виробництва рідкого біопалива, призначеного для транспортних засобів з дизельними двигунами та двигунами внутрішнього згоряння, безпосередньо пов'язані з вирощуванням олійних культур та рослин з великим вмістом крохмалю.

В залежності від виду сировини та масштабу виробництва витрати на виготовлення рідких біопалив змінюються в діапазоні від 0,4 дол./дм³ для етанолу з кукурудзи в США до 0,6 дол./дм³ для метилових ефірів вищих жирних кислот з рослинних олій у Європі. В порівнянні з ними вартість виробництва рідкого палива з корисних копалин складає близько 0,2 дол./дм³. Хоча сьогодні виробництво рідкого біопалива являє собою процес більш дорогий, експерти стверджують, що різниця вартості біо- та мінерального пального почне поступово зникати. На основі досліджень, проведених у США в 1995 році, встановлено, що вартість ліквідації негативних наслідків, які мають місце в навколишньому середовищі та викликані виробництвом та застосуванням палива з корисних копалин, коливається в межах від 0,1 до 0,4 дол./дм³. Таким чином, сумарний баланс вартості вказує на те, що пальне, отримане з поновлюваних біологічних джерел, може бути дешевшим у валовому економічному розрахунку.

Ще одним можливим шляхом доповнення та часткової заміни традиційних видів палива є отримання та використання біогазу. Важливим аргументом на користь даного джерела енергії є необхідність вирішення на сучасному рівні екологічних проблем, які пов'язані з необхідністю утилізації відходів. Однією з основних тенденцій у розгортанні екологічно безпечної переробки органічних відходів є розвиток комплексних технологій утилізації біомаси за рахунок метанового зброджування, в результаті якого утворюється біогаз. Сировиною для виробництва біогазу є в першу чергу різноманітні органічні відходи агропромислового комплексу, які багаті на целюлозу та інші полісахариди. Перетворення органічних решток на біогаз відбувається внаслідок цілого комплексу складних біохімічних перетворень (послідовних біохімічних реакцій). Цей процес отримав загальну назву ферментації біомаси. Він відбувається лише завдяки бактеріям і здійснюється у спеціальних технологічних установках — ферментаторах. Необхідність створення та підтримування оптимальних умов для росту та існування культури бактерій у ферментаторі визначає собівартість одержання біогазу. Дехто, на наш погляд помилково, вважає, що головним призначенням ферментаційних установок є отримання біогазу, який служить додатковим джерелом місцевого енергопостачання. Оцінюючи з цієї точки зору економічну ефективність переробки біомаси, вони не враховують, що біогазові установки є також обладнанням для переробки гною та інших органічних відходів. Тому економічні витрати на їх створення та експлуатацію потрібно розглядати комплексно. При підрахунку собівартості біогазу необхідно враховувати вартість заходів по утилізації відходів і захисту навколишнього середовища. У такому випадку побудова та експлуатація біогазових установок завжди буде мати позитивний економічний ефект.

Нагальною є також можливість переробки органічних сполук рослинного походження з одержання водню, який часто-густо розглядається як найбільш екологічний енергоносіє. Підсумовуючи наведене, ще раз наголосимо, що сьогодні у світі продовжують розвиватись явища, що порушують цивілізований плін життя: вичерпуються традиційні джерела енергії, зростає вартість їх видобування, інтенсивно забруднюється довкілля, руйнується біосфера, утворюється надмірна кількість органічних відходів промислового, сільськогосподарського та побутового походження. Ліквідація усіх цих негараздів має здійснюватися прискореними темпами, інакше людство неминуче чекає доля динозаврів. Екобіотехнологія і біоенергетика — це вибір, який має глобальну перспективу для подальшого успішного розвитку цивілізації [завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В. Біоенергетика – невід'ємна складова екобіотехнології / Є.В.

Кузьмінський, Н.Б. Голуб // Біотехнологія. Біотехніка. Харчові технології.-2006.-№1.- С.110-117]. Подолання сучасних і засторога ймовірних екологічних криз неможливі без застосування новітніх екобіотехнологій для очищення стічних вод, знешкодження небезпечних газових викидів, використання перспективних засобів знешкодження твердих і рідких промислових відходів, підвищення ефективності методів біологічного відновлення забруднених ґрунтів, заміни низки агрохімікатів на біотехнологічні препарати тощо. Важливими напрямками також мають стати — розробка екобіотехнологій, спрямованих на виробництво біогазу та водню з органічних відходів, мікробіологічна деструкція ксенобіотиків, застосування біоіндикації та біотестування в системі екологічного моніторингу.

Керівник філії КЕБ Кухар В.П., завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В., доцент КЕБ Ігнатюк О.А., доцент КЕБ Голуб Н.Б. Екобіотехнологія та біоенергетика: проблеми становлення і перспективи розвитку // Вісник НАН України.- 2005.- №9.- С.3-18.

* * *

III. СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ



У зв'язку з тим, що Україна відноситься до енергозалежних країн (за рахунок внутрішніх ресурсів покриває лише 53% від своїх потреб - імпортує приблизно 75% природного газу і 85% сирової нафти та нафтопродуктів), особливої актуальності набувають науково – технологічні розробки та інноваційні дії, направлені на пошук, розробку і застосування альтернативних палив з відновлювальних джерел і, перш за все, в царині біоенергетики.

Хоча і на початку ХХІ століття відсутні ознаки зниження темпів споживання енергії, у людства все ж таки з'явилося розуміння швидкоплинності вичерпування викопних енергетичних ресурсів (вугілля, нафти, природного газу, урану тощо) і незворотності збитків, завданих людиною середовищу свого проживання. Тож, враховуючи швидку вичерпність основних енергетичних капіталів Землі, необхідно, окрім розумного менеджменту доступними запасами, інтенсифікувати пошук альтернативних, і, в першу чергу, відновлювальних джерел енергії, серед яких далеко не останнє місце належить біоенергетиці.

Проблеми, пов'язані з наростаючим дефіцитом викопних енергоносіїв, хвилюють сьогодні всі країни – імпортери нафти й газу, і Україна не є винятком. Скорочення споживання природного газу і нафти є однією з найбільш нагальних проблем для України, яка сьогодні знаходиться у складній енергетичній ситуації – стрімко зростає вартість природного газу і нафтопродуктів, і ціла низка галузей національної економіки опинились на межі життєздатності. Тому розробка і масштабне використання технологій відновлюваної енергетики, і, перш за все біоенергетики, може бути одним із достатньо ефективних шляхів виходу із цієї енергетичної кризи. При цьому пріоритетними сферами ВЕ залишаються технології виробництва біопалива нарівні з вітро- та сонячною енергетикою [завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В., керівник філії КЕБ Кухар В.П. Біоенергетика – вибір майбутнього // Дзеркало тижня за № 27-28 від 16 липня 2005 року].

Перш ніж перейти до розгляду піднятої проблеми, доцільно розмежувати і визначити такі поняття як альтернативна і відновлювана енергетика, тому що почасті їх не розрізняють. Міжнародне Енергетичне Агентство визначає відновлювану енергетику як енергію, отримувану за використання енергії сонця, вітру, геотермальних, гідроенергетичних та океанських ресурсів, а також твердої біомаси, біогазу та рідких біопалив. Відновлювану енергію необхідно відрізнити від енергії, що визначається як альтернативна. Поняття альтернативна енергетика є дещо ширшим, тому що включає, окрім відновлюваних джерел енергії, також усі інші, що можуть замінювати традиційні викопні енергоносії - низькопотенційне тепло Землі (використовується у теплових насосах), такі «вторинні» джерела енергії як скидне тепло, побутові та промислові відходи, тиск газу доменних печей та тиск природного газу під час його транспортування, шахтний метан, природний газ з невеликих родовищ, торф та ін. Окрім того, промислові чи побутові відходи можуть бути як

відновлюваними (містять речовини, які піддаються біологічній деструкції), так і не відновлюваними. Потенціал відновлювальних ресурсів нашої планети наведено в табл.3.1.

*Таблиця 3.1. Потенціал відновлюваних енергоресурсів планети
[дані В.О. Дубровін та ін., 2004]*

Відновлювані енергоресурси	Загальний потенціал, млрд. т у.п./рік	Технічний потенціал, млрд. т у.п./рік	Економічно обґрунтований потенціал, млрд. т у.п./рік
Енергія біомаси, у тому числі:	40	2,55	2,0
лісів	15	1,5	1,5
інших рослин	10	1,0	0,5
водоростей	15	0,05	0
Гідроенергія, у тому числі:	6,065	3	1,52
енергія водотоків	3	2,91	1,5
енергія хвиль	3	0,05	0,01
енергія припливів	0,065	0,04	0,01
Промениста енергія Сонця	86000	5	1
Теплова енергія морів і океанів	7500	1	0÷1
Енергія вітру	860	5	1
Геотермальна енергія	16	0,4	0,2
Всього	94422,065	16,95	5,72÷6,72

Виробництво енергії з відновлюваних джерел динамічно розвивається у багатьох країнах світу, а у деяких країнах саме частка біомаси у загальному споживанні енергії значно перевищує середньоєвропейські показники (табл.3.2).

Таблиця 3.2. Частка відновлюваних джерел енергії та біомаси у загальному енергоспоживанні для деяких країн світу [дані Eurostat, 2004р.]

Країна	Частка ВДЕ у загальному енергоспоживанні, %	Частка енергії біомаси у загальному енергоспоживанні, %
Швеція	24,7	19
Фінляндія	22,9	21
Австрія	21,3	12
Канада	15,7	6
Данія	13,7	9
Україна (2005 р.)	2,7	0,5
Україна (2030 р.) за ухвалені «атомної» стратегії	6,0	3
Україна (2030 р.) за альтернативної стратегії ВДЕ	16,5	8,4

Очевидним є той факт, що біомаса є найбільш вагомим та невпинно зростаючим сектором відновлюваної енергетики в Євросоюзі. Автори звіту «Статистичні дані по біомасі в

Європі - 2007» з Європейської асоціації з використання біомаси (Aebiom) задекларували, що біомаса є одним з найважливіших ВДЕ з найбільшим потенціалом і у 2020 році має зрости до 220 млн.т у.п.

Україна також володіє вагомим потенціалом для розвитку відновлюваних джерел енергії, зокрема біоенергетики, але сьогодні в Україні частка ВДЕ в загальному енергоспоживанні досить невелика ~2,8%, з яких 2,0% приходить на гідроенергетику. Прийнята в березні 2006 року «Енергетична стратегія України на період до 2030 року» визначає річний технічний потенціал відновлюваних джерел, відходів та нетрадиційних джерел енергії приблизно у 80 млн.т у.п.. При цьому споживання ВДЕ прогнозується у 18 млн.т у.п. у 2030 (6% від загального споживання енергії).

На противагу цій – «атомно» зорієнтованій стратегії, Науково-технічний центр «Біомаса» спільно з неурядовими організаціями розробив альтернативну стратегію для розвитку ВДЕ до 2030 року, згідно з якою частка ВДЕ може становити 16,5% від загального енергоспоживання або 39,2 млн.т у.п. у 2030 році (табл.2). Такий підхід знайшов свою підтримку і в рішенні III-го Всеукраїнського форуму «Високі технології як основа стратегії розвитку економіки» (м. Київ, 10 квітня 2008 р.): «Рекомендувати Уряду вибір науково-технічних пріоритетів спрямувати на розвиток нетрадиційної енергетики: вітроенергетики, сонячної енергетики, біоенергетики та ін.». Іншим наочним підтвердженням високої пріоритетності саме біоенергетики є результати широкого опитування, отримані експертною групою вищого рівня під керівництвом академіків НАН України С.В.Комісаренка, Г.В.Єльської та В.С.Підгорського з тематичного напрямку «Біотехнологія» в рамках Державної програми прогнозування науково-технічного та інноваційного розвитку, згідно яким найбільш результативними у середньостроковій перспективі (3-5 років) є такі напрями як «Біотехнології отримання біопалива»; «Сенсори для моніторингу довкілля» та ін..

Грунтуючись на викладеному, далі доцільно **виявити рушійні сили і проаналізувати чинники, які мають стимулювати розвиток відновлювальної енергетики й, зокрема, біоенергетики в Україні.** Уже згадана необхідність посилення енергетичної незалежності України є першим чинником розвитку відновлювальної енергетики. Другий чинник – стрімке зростання проблем, пов'язаних з промисловим розвитком та змінами клімату. Нагальною є необхідність створення промисловості, незалежної від імпортованого газу. Ми маємо зрозуміти, що з відомих причин ми не будемо лідерами, приміром, з атомної енергетики – галузі, яка потребує величезних інвестицій, і в якій ми не зможемо конкурувати з такими країнами як США, Франція або, накінець, Російська Федерація. Нам треба знайти свою нішу, в якій би ми стали лідером, і наш Уряд, за підтримки усіх політичних сил, має дійти висновку, що ВЕ і, перш за все біоенергетика, можуть надати таку можливість. Серед інших рушійних сил прискореного розвитку біоенергетики в Україні можна виділити наступні:

- вичерпування ресурсів викопних енергоносіїв і пов'язане з ним скорочення споживання природного газу і нафти та постійне зростання цін на традиційні енергоносії;
- нагальна необхідність подальших реформ енергетичного ринку під впливом міжнародної ситуації – програмні цілі Євросоюзу (20% ВДЕ до 2020 року) і бажання України приєднатися до країн Євросоюзу;
- можливість реалізації механізму «спільного впровадження» в рамках Кіотського протоколу, направленого на зниження викидів парникових газів;
- динамічне зростання інвестицій в розвиток ВДЕ – прогноз таких інвестицій для Євросоюзу – 90млрд.євро у 2001-2020 роках;
- невинно зростаючі можливості експорту біомаси і біопалив (у 2006 році вирощено та експортовано ~1,3млн.т ріпаку, з якого можна було б виробити 0,47млн.т біодизелю);
- постійне посилення вимог екологічних норм;
- додаткові можливості для розвитку місцевої економіки, в першу чергу у сільській місцевості (гроші підуть не у країни-експортери нафти та газу, а залишаться у регіонах);
- можливість створення нових робочих місць.

Отже, грунтуючись на аналізі наявної інформації, можна дійти висновку, що сьогодні найбільш економічно обґрунтованою і комерційно доцільною технологією, яка здатна хоча б

частково замінити викопні енергоносії, є виробництво енергії з біомаси. Біомаса — четверте за значенням паливо у світі, яке дає близько 2 млрд.т у.п. на рік, що становить близько 14 % загального споживання первинних енергоносіїв у світі (у країнах, що розвиваються —30% і більше). В ряді країн частка біомаси в загальному споживанні первинних енергоносіїв значно перевищує середньоєвропейську: в Фінляндії - 21% (світовий лідер серед розвинутих країн), в Швеції - 19%, в Австрії – 12% (див. табл.2). Згідно з програмою розвитку ВДЕ країн ЄС частка біомаси складатиме близько 200 млн.т нафтового еквіваленту, що становитиме дві треті загального вкладу ВДЕ. Отже, біомаса є найбільш потужним сектором ВДЕ в ЄС, і, бажано, щоб стала для України тією нішою, де вона була б хоча б регіональним лідером. Розвиток біоенергетики є вельми актуальним для України з її значним енергетичним потенціалом біомаси ~24 млн.т у.п. / рік (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. Енергетичний потенціал біомаси в Україні [дані Г.Г.Гелетухи та ін., 2007р.]

Вид біомаси	Енергетичний потенціал, млн. т у.п./рік
Солома зернових культур (без кукурудзи)	5,6
Стебло, початки кукурудзи на зерно	2,4
Стебло, лушпиння соняшника	2,3
Біогаз з гною	1,6
Біогаз зі стічних вод	0,2
Відходи деревини	2,0
Біогаз з полігонів твердих побутових відходів	0,3
Паливні брикети з твердих побутових відходів	1,9
Рідкі палива (біодизель, біоетанол)	2,2
Енергетичні культури (верба, тополя, міскант)	5,1
Всього	23,6

В Україні є різноманітні джерела біомаси, включаючи сільськогосподарські відходи, цільове вирощування енергетичних культур, деревину та відходи деревини. За оцінками українських фахівців для енергетичних цілей в Україні щорічно можна використовувати до 1,4 млн.м³ відходів вирубки лісів, 1,1 млн.м³ відходів деревообробки та 3,8 млн.м³ дров та ін.. Згідно з прийнятим у структурах ЄС визначенням, **біомаса** – це біодеградовані фракції продуктів та відходів сільського господарства, лісового господарства та близьких до них галузей промисловості (рослинні та тваринні рештки, що здатні до біодеструкції). Форми біомаси для використання її як біопалива є досить різноманітними. Біомасу в енергетичних цілях можна застосовувати як тверде біопаливо у процесі безпосереднього спалювання деревини, соломи, сапропелю (органічних донних відкладень), а також у переробленому вигляді як рідкі (ефіри ріпакової олії, спирти) або газоподібні (біогаз – газова суміш, основним компонентом якої є метан) біопалива. Конверсія біомаси у носії енергії може відбуватися фізичними, хімічними та біологічними методами, останні є найбільш перспективними.

Тверде біопаливо - первинний рослинний матеріал (деревина, солома, стебла соняшника, гілки плодових дерев та ін.); відходи промисловості (деревообробної, харчової та ін.); тверді побутові відходи. Більша частина енергії виробляється за рахунок спалювання відходів деревини із застосуванням різноманітного біоенергетичного обладнання. Так, велика кількість деревообробних підприємств та лісгосподарств уже переобладнали котли на вугіллі та мазуті (~75% всіх наявних у деревообробній та лісовій промисловості котлів) для спалювання власних відходів деревини. Деякі підприємства та компанії комунального теплопостачання спалюють біомасу в котельнях для отримання теплоти та пари. Загальне споживання біомаси з деревини для енергетичних цілей складає близько 1млн.т у.п./рік. Велика кількість котлів на деревині (переважно це водогрійні котли українських виробників потужністю до 1 МВт) працює на різних українських підприємствах; в рамках програми

технічної допомоги Нідерланди-Україна та Данія-Україна в експлуатацію введено декілька великих парових котлів. Багато вітчизняних котлів та печей на деревині знаходяться в індивідуальному користуванні, особливо в сільській місцевості. Рядом організацій встановлено котли на соломі (менше 1МВт) для малих місцевих систем централізованого тепlopостачання, для сушки зерна та ін. (табл.3.4).

Таблиця 3.4. Котли для спалювання соломи, які функціонують в Україні
[дані Г.Г.Гелетухи та ін., 2007р.]

Адреса використання	Місце використання	Марка котла	Потужність, кВт
с.Струтинка Липовецького району Вінницької області	ТОВ «Рапсодія»	RAU-2-301	250
с. Вахнівка Липовецького району Вінницької області	школа	RAU-2-331	300
с. Ольгопіль Чечельницького району Вінницької області	ПТУ	RAU-2-331	300
с. Дрозди Білоцерківського району Київської області	ТОВ «Агрофірма «Дом»	RAU-2-1210	950
		RAU-2-181	150
м. Березань Київської області	ТОВ «Агро сервіс»	RAU-2-600	600
с. Чкалове Приморського району Запорізької області	школа	RAU-2-600	600
с. Златоустівка Волновахського району Донецької області	ТОВ «Росія»	RAU-2-600	600
с. Уїздці Млинівського району Рівненської області	школа	RAU-2-331	300

За оцінками Науково-технічного центру «Біомаса» ємність потенційного ринку різних видів котлів на біомасі складає загалом 9200 МВт; використання цих котлів дозволить заощадити 5,2 млрд. м³ природного газу щорічно.

При аналізі енергетичного потенціалу біомаси в Україні основну увагу звичайно приділяють соломі, відходам деревини і гною, а такий вид біомаси як лушпиння соняшника почасти залишається поза детальним розглядом, хоча Україна займає одну з провідних позицій на світовому ринку по переробці насіння соняшника, виробництву та експорту олії. Останніми роками обсяг виробництва соняшникової олії в країні коливався у межах 1,2÷1,9 млн.т/рік; площі, виділені під вирощування соняшника, постійно зростають і тепер становлять близько 3,5 млн.га або 13% від усіх сільськогосподарських земель. Виходячи з існуючих обсягів переробки насіння соняшника, загальний об'єм лушпиння в Україні можна оцінити у 675 тис.т/рік, утилізація якого еквівалентна 369 тис.т у.п./рік (0,18% від загального споживання первинних енергоресурсів). Тепер більше половини річного обсягу утвореного лушпиння спалюється в котлах з метою виробництва теплової енергії, близько 22% використовується для виробництва гранул та брикетів, досить велика частка (до 80 тис.т/рік) вивозиться на звалища. Таким чином, лушпиння соняшника в Україні можна розглядати як досить потужне джерело альтернативної енергії та сировину для виробництва твердих біопалив високої якості.

Рідке біопаливо - рослинні оливи, біодизельне пальне, біометанол, біоетанол, біобутанол, вуглеводні, диметилловий ефір.

Аналіз світового досвіду дозволяє констатувати, що рідкі біопалива стають перспективною і популярною категорією енергетичних ресурсів, яка за своїм значенням у світовій енергетиці посідає друге місце після твердих палив із біомаси. Сьогодні у країнах ЄС частка рідкого біопалива не перевищує 0,5% загального використання моторних олив, мінерального дизелю та бензину. Це пояснюється насамперед високою вартістю виробництва,

що робить рідке біопаливо неконкурентоспроможним стосовно традиційного пального з нафти. Проте, попри високу собівартість, виробництво рідкого палива з біомаси у країнах ЄС динамічно зростає. Передусім це стає можливим завдяки екологічно продуманій на державному рівні економічній політиці. Основні шляхи розвитку виробництва рідкого біопалива, призначеного для транспортних засобів із дизельними двигунами та двигунами внутрішнього згоряння, безпосередньо пов'язані з вирощуванням олійних культур і рослин з великим вмістом крохмалю. Наприклад, біоетанол використовується у США як добавка (5%) до палива вже майже 40 років. Головна мета такого рішення - скорочення викидів CO₂ в атмосферу. Так, у штатах Айова, Міннесота, Небраска, Іллінойс, Південна Дакота біоетанол користується великим попитом, так як саме в цих штатах розташовані великі плантації кукурудзи, яка і використовується для його виробництва. На відміну від цих штатів, Північна Кароліна віддає перевагу біодизелю, половину якого виробляють з відпрацьованої олії, що лишається від закладів швидкого приготування їжі, а іншу половину отримують із соєвої олії та частково з курячого жиру. Влітку використовують 100%-й біодизель, взимку ті ж самі машини працюють на паливі із вмістом 50% біодизелю.

Залежно від виду сировини та масштабу виробництва витрати на виготовлення рідких біопалив змінюються у діапазоні від ~0,4 дол./дм³ для етанолу з кукурудзи в США до ~0,6 дол./дм³ для метилових ефірів вищих жирних кислот з рослинних олій у Європі. Порівняно з ними вартість виробництва рідкого палива з викопних енергетичних ресурсів становить ~0,2 дол./дм³. Хоча сьогодні виробництво рідкого біопалива більш дорогий процес, експерти стверджують, що різниця вартості біо- та мінерального пального поступово почне зникати. На основі здійснених у США досліджень було встановлено, що вартість ліквідації негативних наслідків, спричинених у навколишньому середовищі виробництвом та застосуванням палива з викопних енергетичних ресурсів, коливається у межах від 0,1 до 0,4 дол./дм³. Таким чином, сумарний баланс вартості вказує на те, що біопаливо може бути дешевшим у валовому економічному розрахунку.

Площа земель України, які придатні для сільськогосподарського виробництва, становить 430 880 км²; у 2003 році з цієї площі безпосередньо для вирощування всіх сільгоспкультур використовувалось лише 250 810 км². Зведені дані щодо перспектив вирощування рослин з метою отримання рідкого біопалива наведені в табл.3.5.

*Таблиця 3.5. Перспективи виробництва рідкого біопалива в Україні
[дані С.О.Кудрі, 2007р.]*

Біоенергетич на сільгосп- культура	Макси- мально досягнута площа вирощува- ння у період з 1980 р. по 2003 р., км ²	Площа, що перед- бачається для вирощування рослин з метою отримання рідкого біопалива, км ²	Врожай- ність, досягнута у деяких госпо- дарствах України та ЄС, т/км ²	Перспективи виробництво рідкого біопалива, тис.т/рік		Ефективність впровадження рідкого біопалива	
				Спирт	Біодизель	економія традиційно- го палива, тис.т у.п./рік	зменшення викидів CO ₂ , тис.т/рік
Цукровий буряк	18189,7	2728	5000	985,65	-	915.25	3074
Кукурудза	21240	6372	600	1097.1	-	1018.72	3422
Картопля	19031,7	1903	3000	553,54	-	513.7	1727
Ріпак	842	47423	400	-	6413,14	8230.59	20476
Соняшник	39475.2	3947	250	-	341.88	414,91	1092
Соя	2039.6	14627	200	-	550,12	707.48	1756
Деревина	-	-	-	12,009	-	8.235	39
Всього	106 664	77 000	-	2648,3	7305,14	11808,885	31586

В Україні досить хороші умови для вирощування ріпаку як сировини для виробництва біодизелю. Зараз більше 300 тис.га землі використовується для вирощування ріпаку. Як слідує з даних табл.5, якщо ріпак вирощуватиметься на 47 тис.км² з річною врожайністю 400 тонн/км², то цього врожаю буде достатньо для виробництва ~6 млн.т біодизелю. Особливо привабливими для вирощування ріпаку в Україні є землі Чорнобильської зони; за оцінками фахівців 100 тис.га забруднених земель придатні для вирощування технічних культур. Переважна кількість насіння ріпаку та ріпакової олії експортується до Європи. Іншою передумовою для прибуткового виробництва біодизелю є утилізація цінних побічних продуктів, таких як гліцерин та шрот. Міністерство аграрної політики, декілька обласних адміністрацій та приватних компаній задекларували плани щодо будівництва заводів для виробництва біопалива з ріпаку у Житомирській, Сумській, Вінницькій, Хмельницькій та інших областях. Як повідомляється у пресі, кожний завод буде коштувати близько 35 млн. доларів США та зможе виробляти 100 тис.тонн біопалива на рік. Міністерство аграрної політики підтримує розвиток виробництва біопалив, і планує протягом 5 -10 років довести посівні площі під ріпак до 1,3-1,5 млн.га.

Газоподібне біопаливо - біогаз, біоводень. Ще одним джерелом часткової заміни традиційних викопних видів палива є отримання і використання біогазу. Одна з основних тенденцій у розгортанні екологічно безпечної переробки органічних відходів – розвиток комплексних технологій утилізації біомаси за рахунок метанового зброджування з утворенням біогазу. Сировиною для виробництва біогазу є передусім різноманітні органічні відходи агропромислового комплексу, які багаті на целюлозу та інші полісахариди, а також промислові (відходи скотобоєць, молочних та цукрових заводів, фармацевтичної, косметичної та паперової промисловості тощо) та господарські (органічні відходи, комунальні стоки тощо). Перетворення органічних решток на біогаз відбувається внаслідок цілого комплексу послідовних біохімічних перетворень (ферментації біомаси), який реалізується завдяки бактеріям і здійснюється у спеціальних технологічних установках - метантенках. Необхідність створення та підтримування оптимальних умов для росту та існування культури бактерій у метантенку визначає собівартість біогазу. Оцінюючи економічну ефективність переробки біомаси, необхідно обов'язково враховувати, що біогазові установки є також обладнанням для переробки гною та інших органічних відходів. Окрім того, необхідно брати до уваги вартість заходів з утилізації відходів і захисту навколишнього середовища, і тоді спорудження та експлуатація біогазових установок матиме позитивний економічний ефект. Розрахунки свідчать, що, попри значні капіталовкладення, термін окупності промислової біогазової установки становить близько трьох років. Обсяги сучасного виробництва біогазу з агропромислової сировини в Україні можна оцінити на рівні 1,6 млн.тон умовного палива. Враховуючи технологічні можливості переробки зеленої маси як вихідної сировини для одержання біогазу, потенційні можливості синтезу біогазу та використання його як палива можна вважати істотно більшими.

Важливий аргумент на користь цього джерела енергії – необхідність розв'язання на сучасному рівні екологічних проблем утилізації відходів. За даними Агентства з відновлюваної енергетики, технічний потенціал біогазу становить 2,3 млрд.м³ з гною, 0,33 млрд.м³ зі стічних вод, 2,3 млрд.м³ зі звалищ побутових відходів, що відповідає 28,2 ТВт·год/рік. За оцінками цього Агентства, виробництво біогазу в Україні може досягти 10,2 ТВт·год/рік на 2030 рік та 17,4 ТВт·год/рік на 2050 рік.

Звалищний газ, що утворюється з твердих побутових відходів під час їх розкладу за анаеробних умов на відкритих звалищах та полігонах, слід розглядати як окремих вид біомаси. Щорічно в Україні утворюється близько 15 млн.тонн твердих побутових відходів, основна частина яких знаходиться на відкритих звалищах (більше 90%). Наприклад, в м. Луганську здійснено демонстраційний проект утилізації біогазу з полігону, а в українських містах розташовано ~700 таких полігонів, які щорічно накопичують ~ 9 млн.тонн твердих побутових відходів. Потенціал виробництва біогазу в Україні, який реально освоїти до 2020 року, наведено в табл.3.6.

Таблиця 3.6. Потенційний ринок України для біогазових установок на 2020 рік
[дані Г.Г.Гелетухи та ін., 2007р.]

Тип обладнання	Приблизна ємність україн- ського ринку, кількість установок	Встановлена потужність		Скороченн я викидів CO ₂ , млн. т/рік	Час експлу- атації, год/рік	Заміщення природного газу, млрд. м ³ /рік	Всього інвестицій, млн. гривень
		МВт _т	МВт _е				
Великі біогазові установки	2900	711	325	22,36	8360	1,15	1465
Мініелектро-станції на звалищному газі	90	20	80	3,26	8360	0,21	404
Всього	2990	731	405	25,62		1,36	1869

За даними науково-технічного центру «Біомаса», теоретично може бути зібрано та використано для енергетичних цілей до 400 млн.м³ звалищного газу на рік. Рушійною силою для проектів з утилізації звалищного газу є механізм «спільного впровадження» в рамках Кіотського протоколу.

Але перераховані біопалива не можуть бути єдиним рішенням, потрібні і інші, бо швидкий розвиток виробництва біопалив може стати реальною загрозою сільськогосподарському виробництву та харчовій промисловості. Конкуренція біоенергетичних рослин може завдати шкоди традиційному сільському господарству.

Тому вельми актуальним є також створенням нових видів біопалив. Експерти прогнозують до 2020 року появу на енергетичному ринку біопалива другого покоління, а в період 2020 - 2030 років – і **водневого палива**.

Вибираючи стратегічні шляхи розвитку енергетики, доводиться враховувати, що отримання енергії з невідновлюваних джерел обмежене наявністю сировини. Наявна екологічна ситуація, або жорсткіше – системна криза, висуває на порядок денний пошук принципово нових джерел і способів перетворення видів енергії. Отже, вичерпання викопних палив, енергетичні та екологічні проблеми, які суттєво загострились в останнє десятиріччя, є причиною інтенсивних пошуків нових технологій використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, геотермальна, вітрова та інші, а також екологічно толерантних енергоносіїв.

Так, сьогодні серйозно вивчаються можливості **водневої енергетики** [завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В. Біоелектрохімічне продукування електричної енергії та водню: монографія / Є.В. Кузьмінський, К.О. Щурська, І.А. Самаруха. – К.: «Видавничий дім «Комп'ютер-прес», 2012. – 226с.]. У вирішенні зазначених проблем водень займає особливе місце як з точки зору високої питомої енергоємності, так і з точки зору відсутності забруднення навколишнього середовища при його використанні. Водень може бути отриманий з води і при його спалюванні утворюється лише вода. Саме ці унікальні властивості водню лежать в основі так званої водневої енергетики, яка розглядається як найбільш реальна альтернатива сучасній енергетиці, що значною мірою базується на спалюванні вуглеводнів.

Водень можна отримувати гідролізом води з використанням сонячних електростанцій, а потім транспортувати у місця споживання. Вивчається можливість отримання водню як біотехнологічним способом за рахунок життєдіяльності фотосинтезуючих бактерій, так і біоелектрохімічним в мікробних паливних елементах за використання асоціацій мікроорганізмів. Кількість досліджень і розробок у галузі водневої енергетики майже в усіх

розвинутих країнах невинно зростає. Водень є одним з екологічно чистих енергоносіїв. Єдиним продуктом його окиснення є вода, яка повертається знову до біосфери, при цьому вивільняється близько 286 Дж/моль енергії. Водень застосовують у різних галузях промисловості при виробництві добрив, барвників, аміаку, лікарських засобів, пластмас, жирів та інших речовин. Ресурсна база для його одержання невичерпна, бо його можна видобувати з води, біомаси та органічних відходів виробництва та побуту.

Для покращення ситуації в енергетичній галузі розвинені країни все більше уваги приділяють розвитку технологій використання відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії, таких як вітроенергетика, сонячна енергія, енергія різноманітних біологічних відходів, геотермальна енергія, вторинні відходи теплової енергії та інші. В Європі частка цих видів енергоресурсів в загальному споживанні первинних енергоносіїв складає вже досить вагому цифру, а саме 10%. В Україні це лише 1 – 2%, хоча в нашій країні достатньо усіх зазначених вище нетрадиційних енергоресурсів.

Вважається, що воднева енергетика не тільки сприятиме залученню цих нових нетрадиційних енергоресурсів, а й допоможе покращити якість структури споживання традиційних викопних палив, збільшивши частку електричної енергії як кінцевого продукту всього енергетичного ланцюга. Водень можна отримувати із природного газу, із використанням вугілля, практично всіх поновлюваних та нетрадиційних видів енергоресурсів. Водень є зручним у споживанні, легко зберігається та транспортується. Розвиток сучасної технології електрохімічних паливних елементів (ПЕ) дозволяє з недосяжною для теплових машин ефективністю – з коефіцієнтом корисної дії до 60% і більше – перетворювати водень на електрику, практично не забруднюючи довкілля.



Рис. 3.1. Паливні елементи: види палива та галузі застосування ПЕ

На цей час безпосередньо у водневій енергетиці задіяно не більш як 15% всього водню, що виробляється. Зокрема, водень використовується як складову ракетного палива, решта – в промисловості, і більше усього в хімічному комплексі. Структура споживання водню наведена на рис.3.2.



Рис. 3.2. Структура споживання водню, %

Аналіз тенденцій розвитку паливно-енергетичної галузі індустріально розвинутих країн показує, що радикальним засобом вирішення енергетичних і екологічних проблем є розширення областей застосування водню як універсального енергоносія і технологічної сировини. Такий підхід лежить в основі стратегічної концепції водневої енергетики і технології, що реалізується в межах ряду міжнародних і національних програм Японії, США, Канади, Німеччини, Ісландії та ін. Більшість фахівців вважає, що для вирішення проблем розвитку водневої економіки, що базується на повномасштабному використанні водневих технологій, потрібні принципово нові, навіть революційні, рішення в усіх трьох напрямках водневої енергетики: отриманні, зберіганні і використанні водню. Рівень наукових, технологічних і економічних завдань, що стоять перед фахівцями стосовно трьох зазначених напрямків, можна проілюструвати цифрами, задекларованими щодо водневої економіки: знизити ціну одного кілограма водню, виробленого із природного газу, до \$1,5, із біомаси – до \$2,6, прямим фотоелектричним розщепленням води – до \$5; розробити системи зберігання водню на транспортних засобах з ємністю 9% вагових H_2 ; знизити вартість ПЕ з полімерною мембраною для автомобіля до \$30/kВт.

Зрозуміло, що досягнення зазначених цілей можливе лише при інтенсивному подальшому розвитку фундаментальних досліджень в усіх суміжних галузях знань, таких як каталіз, біоелектрохімія, електродні матеріали та мембрани, взаємодія водню з твердими тілами, зокрема з нано- та новими вуглецевими матеріалами, фізико-хімія поверхні, нові металогідридні матеріали, безпека та проблеми оточуючого середовища. Без отримання принципово нових результатів у цих напрямках стає неможливим досягнення зазначених цілей, а, таким чином, і широке впровадження та комерціалізація водневої енергетики.

Саме з метою вирішення цих питань та залучення до досліджень широкого наукового загалу в останнє десятиріччя було створено низку міжнародних та національних програм з водневої енергетики. В першу чергу це водневі ініціативи Міжнародного агентства енергії (МАЕ), яке підтримує понад 40 відповідних міжнародних програм. Сприяють розвитку водневої енергетики такі міжнародні організації, як Міжнародна організація співробітництва і розвитку (OECD), Міжнародне партнерство заради водневої енергетики (IPHE), Світова енергетична мережа (WE-NET) та ін. Європейський Союз також опікується проблемами водневої енергетики. В 2003 році Європейська Комісія створила так звану «Технологічну платформу для водню та паливних елементів», яка почала працювати в січні 2004 року. Низка проектів, присвячених водню, фінансувалася ЄС під егідою VI та VII Рамкових угод. Більшість індустріально розвинутих країн, а також Росія, мають свої національні програми з водневої енергетики. Поряд з розвитком фундаментальних досліджень в галузі водневої енергетики в розвинутих країнах реалізується низка так званих демонстраційних проектів, які мають на меті продемонструвати спільноті можливості та переваги водневої енергетики та підготувати її широке впровадження у майбутньому.

В Україні дослідження, присвячені розвитку водневих технологій та водневої енергетики, проводяться починаючи з середини 70-х років минулого століття. Протягом 2006 – 2010 рр. виконувалась Цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми водневої енергетики». У програмі брала участь низка інститутів хімічного, фізичного, матеріалознавчого, енергетичного та біологічного профілів. При виконанні програми було виконано широкий спектр фундаментальних досліджень з виробництва, зберігання та використання водню, отримано ряд корисних результатів як з точки зору фундаментальної науки, так і практики.

Зокрема, за першим напрямом програми «Отримання водню» розроблялись наукові основи нових технологій одержання водню, що базуються на використанні електрохімічних, фотоелектрохімічних, плазмохімічних, мікробіологічних методів, енергоакумулюючих речовин і каталізаторів, а також вивчались можливості отримання водню із відходів та за використання відновлюваних джерел енергії. Було розроблено наукові основи створення технологій і установок для отримання водню з вуглеводнів, відходів та із застосуванням відновлюваних джерел енергії; теоретичну модель процесу генерування водню за допомогою гідрореагуючих складних речовин при надвисоких тисках (до 30 МПа); методологію отримання водню з вуглеводнів у електротермічному псевдозрідженому шарі; методи синтезу нових сплавів на основі Al, Mg з високою реакційною здатністю до виділення водню з води; фотоелектрохімічну систему для одержання водню із водних розчинів, у якій акумулювання водню відбувається на катоді з утворенням металогідриду; низку нових ефективних фотокаталітичних систем для одержання водню з водних розчинів електронодонорних сполук; конструкцію електролізера для електролітичного розкладу води в гідратованих розплавах гідроксидів лужних металів. Виконано фундаментальні теоретичні та експериментальні дослідження, які мають стати підґрунтям для створення промислових технологій переробки вуглеводневовмісних сполук; розробки каталізаторів для одержання водню на основі систем нанодисперсних порошків $Cd_xZn_{1-x}S$ та Ni (II), мезопористого TiO_2 та низки металів (Cu, Au, Ni, Ag); біохімічної переробки відходів після очищення стічних вод та методики приготування гетерогенних фотокаталізаторів перетворення цих сполук на водень; біотехнології отримання водню. Для розробки останніх вивчалися фактори впливу на інтенсивність процесу фотовиділення водню культурами мікроводоростей, а також можливості інтенсифікації синтезу водню анаеробними мікроорганізмами. У результаті проведених досліджень було вивчено можливості інтенсифікації процесів електрохімічного одержання водню за рахунок модифікації поверхні електрода багатошаровими вуглецевими нанотрубками з нанесеними на них наночастинками металів (Pd, Co, Ni); особливості конверсії низько реакційного високозольного донецького антрациту, торфу, деревини та розчину біоетанолу; оптимальні термодинамічні умови процесу підземної газифікації вугілля львівсько- волинського басейну для отримання водню.

У межах другого напрямку програми «Зберігання водню» одним із основних завдань досліджень був пошук шляхів вирішення проблеми створення ефективних воденьоакумулюючих матеріалів. Проведено актуальні дослідження з питань електрохімічного відновлення-окиснення водню на нанорозмірних вуглецевих матеріалах та показано, що найбільш ефективними є нанотрубки, модифіковані наночастинками Pd. Досліджено механізм взаємодії активованого водню з фулеренами та отримано гідрофулерени з максимальним вмістом водню шляхом гідрування без каталізатора в газовому середовищі. Сформульовано принципи створення неруйнівних спечених композитів методом порошкової металургії. Показано, що в матеріалах з екстремальним структурним станом значно покращується кінетика насичення матеріалів воднем і його десорбція. Методом карбонізації комплексів d-металів, зокрема Ni і Fe, одержані вуглеце- і залізовмісні матеріали, показники адсорбції водню в яких наближаються до відповідних показників для фулеренів і вуглецевих нанотрубок, однак які на порядок дешевші і набагато доступніші, ніж інші форми вуглецю. Виявлена можливість створення вискоелективних фотокаталітичних систем на основі мезопористого діоксиду титану, допованого іонами нікелю, без застосування благородних металів, які за своєю фотокаталітичною активністю в реакції виділення молекулярного водню

близькі до промислового зразка Degussa P25. Проводилися теоретичні й експериментальні дослідження матеріалів для пристроїв і обладнання, що могли б ефективно використовуватись для збереження і транспортування водню.

Проекти за третім напрямом програми «Використання водню» були зосереджені на розробці дослідженні ефективних матеріалів для паливних елементів (ПЕ) на основі полімерних протонпровідних мембран або цирконієвої кераміки. На основі золь-гель технології розроблено методи синтезу новітніх гібридних протонпровідних полімер-електролітних мембран і створено гібридні електрокаталізатори відновлення кисню для воднево-кисневих ПЕ. Отримано високі показники потужності ПЕ з новоствореними каталізаторами на основі металовуглецевого композиту як заміника благородних металів. Відпрацьовано технології отримання каталізаторовмісних вуглецевих наноструктур. Проведено тестове випробування батареї із п'яти ПЕ при подачі суміші пропан-бутану як палива. Вивчено вплив додаткового легування базової системи $ZrO_2 - Y_2O_3$ іонами Fe, Cr, Ce та ін. На електрофізичні, фізико-механічні властивості та структуру ПЕ і на процеси спікання кераміки. Проводилися роботи з оптимізації конструкційних рішень і вибору матеріалів для виготовлення паливних елементів різного типу. Випробувано експериментальний водневий паливний елемент, який поєднує у собі електролізер, гідридне сховище та паливний елемент для отримання, зберігання і використання водню із прямим перетворенням електроенергії на енергоносії та навпаки. Синтезовано і досліджено властивості кисеньпровідних матеріалів на основі стабілізованого оксиду цирконію зі структурою флюориту і нанокомпозитного дисперсно-волокнистого неорганічного матеріалу для використання як електроліту паливної комірки і протонпровідних мембран паливного елемента. Виготовлено паливні комірки із стартовою робочою температурою близько $600^\circ C$, що мають складові елементи у вигляді плівок, нанесених на поруватий металокерамічний носій ПЕ.

Концепція Комісії ЄС щодо водневих енергосистем передбачає широкомасштабне виробництво водню і його подальше використання як енергоносія, палива та реагенту в областях, пов'язаних з споживанням енергії (промисловість, транспорт, зв'язок, комунально-побутова сфера і т.п.).

У світі зараз виробляється за різними оцінками від 50 до 80 млн. тонн водню на рік, при цьому основна частина виробництва припадає на метод парової конверсії метану, тобто пов'язана знову таки із споживанням викопного енергоносія. Така ж невтішна ситуація і з використанням водню, ледве частка його застосовується в хімічній, металургійній, атомній промисловості тощо. Лише незначна частина виробленого водню надходить до високотехнологічних галузей, таких, як мала енергетика, автомобільний транспорт, приладобудування тощо.



Рис. 3.3. Схематичне зображення концепції водневої енергетики
[за матеріалами доповіді Комісії ЄС з водневих технологій і паливних елементів]

Пов'язано це з недостатнім розвитком новітніх технологій отримання водню, особливо із використанням альтернативних та відновлюваних джерел енергії, технологій його ефективного і безпечного зберігання, технологій і матеріалів для виробництва дешевих та стабільно працюючих паливних і біопаливних елементів як найбільш привабливого кінцевого елемента воднево-енергетичного циклу. Саме розвиток цих технологій, створення відповідних матеріалів і високоефективних процесів може привести до суттєвого зниження вартості як самого водню, так і допоміжних систем, особливо паливних і біопаливних комірок, що сприятиме широкій комерціалізації зазначених технологій, які є складовою частиною водневої енергетики. Розвинуті країни, Єврокомісія опікуються розвитком водневої енергетики, виділяючи відповідні кошти та формулюючи найближчі та перспективні завдання. Згідно з оцінками експертів передбачається, що у 2015 р. вартість водню (в еквіваленті до 1 літра бензину) складатиме близько 1 долара США при виробництві з метану, вугілля, а також електролізом на вітроустановках. Водень, отримуваний із використанням сонячного випромінювання, буде дещо дорожчим. Вартість паливних елементів очікується на рівні 30 доларів США за кіловат при ресурсі роботи 5000 годин. Планується, що до 2020 р. буде продано 2 млн. автомобілів, що використовують повністю або частково водень як пальне. Реалізувати ці показники можна лише за рахунок нових революційних рішень у галузях виробництва, зберігання і використання водню. Тому більшість західних країн продовжують інтенсивні фундаментальні дослідження з зазначених напрямів. Подальший розвиток і широке впровадження водневої енергетики узгоджується із загальною тенденцією розвитку енергетичних комплексів розвинутих держав, яка полягає у зростаючому використанні сонячної, вітрової, геотермальної енергії, інших місцевих ресурсів, а також максимально можливої децентралізації енергопостачання. Європа сподівається до 2020 р. довести обсяги використання відновлюваних джерел енергії до 20% від загального об'єму енергоспоживання. Саме при такій тенденції розвитку воднева енергетика при її універсальності, екологічній толерантності, пристосованості до будь-яких первинних енергоресурсів може відігравати провідну роль.

Україна не повинна стояти осторонь цього процесу. У неї є достатні ресурси усіх видів відновлюваних джерел енергії. Згідно з існуючими оцінками вітроенергетика в Україні має потенціал близько 30 млн. т у.п., що у перспективі може забезпечити 20-30% загального виробництва електроенергії; сонячна енергія, що надходить на територію країни, становить приблизно 400 млн. т у.п. щорічно; резерв геотермальної енергії – 50 млн. т у.п. При ефективному використанні за рахунок цих ресурсів можна забезпечити майже 20% загальної потреби України без будь-яких екологічних ризиків. Для країни, яка лише наполовину забезпечує себе енергоносіями власного виробництва, використання таких додаткових ресурсів є вкрай необхідним.

Виходячи з наведеного та зважаючи на актуальність та перспективність отриманих наукових результатів за цільовою комплексною програмою «Фундаментальні проблеми водневої енергетики» НАН України була започаткована нова цільова комплексна програма фундаментальних досліджень «Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях» на 2011 – 2015 рр. (Постанова Президії НАН України від 29.12.2010 № 356).

Виробництво водню планується здійснювати як традиційними методами, включаючи конверсію природного газу і вугілля, так і за новими технологіями, що тільки опрацьовуються: біохімічними, термічного розщеплення води з використанням сонячної і ядерної енергії, біоелектрохімічним способом в мікробних паливних елементах і т.п. Існуючі на сьогодні технології одержання водню для потреб промисловості є енергоємними. Усі технології, окрім електролізу води і біоелектрохімічного способу, потребують як джерело водню копалини – вуглеводні (парова конверсія метану та каталітична конверсія вуглеводнів).

Одним з перспективних, на наш погляд, напрямком одержання водню є розробка технологій за використання хемо- та фотосинтезуючих мікроорганізмів. В залежності від фізіологічних особливостей усі мікроорганізми, що здатні виробляти водень, поділяються на анаеробні, що продукують водень без доступу кисню як у темряві, так і при дії світла, та

аеробні, які потребують кисень для свого розвитку і можуть напрацьовувати водень також у темряві і при дії світла. В залежності від біохімічних особливостей мікроорганізмів водень може продукуватися в процесі бродіння, або в процесі анаеробного дихання (строгі анаероби), а також при аеробному диханні (факультативні анаероби), окрім того, водень можуть виділяти азотфіксуючі аеробні бактерії.

Важливим аргументом наукової і технологічної важливості зазначених вище розробок є той факт, що у 2010 р. в Україні започатковано спільний українсько-німецький інвестиційний проект «Воднева енергетика». Синтез-газ, а також водень транспортуватимуться до Європи шляхом домішування в українську газотранспортну систему. Водень використовуватиметься головним чином в автомобільному транспорті. Розвиток власних воднево-енергетичних технологій, по-перше, сприятиме виконанню цього проекту, по-друге, допоможе створенню в Україні внутрішнього ринку високотехнологічного споживання водню.

Є і інші напрямки - так, наприклад, доктор фармакології Ді Анна Хетч з Північної Кароліни (США) працює над створенням біопалива, сировиною для виготовлення якого можуть бути зелені мікроорганізми - **водорості**, які є у всіх водоймах. Сьогодні у світі, в тім числі і в Україні, більше десятка компаній працюють у цьому напрямку; їх головне завдання – напрацювати у воді велику концентрацію мікроорганізмів, потім за допомогою пресування одержати з них олію, і, накінець, хімічними методами отримати готовий продукт - екологічно чисте рідке біопаливо.

Іншим прикладом вирішення енергетичних проблем на біоенергетичній основі є **біопаливні елементи** – пристрої, в яких енергія хімічних зв'язків безпосередньо перетворюється в електричний струм за біохімічних перетворень. Біопаливні елементи (Біо-ПЕ) потенційно можуть вирішити, окрім енергетичної, й екологічні проблеми утилізації відходів, оскільки ферментні системи мікроорганізмів здатні до деструкції практично всіх низько- та високомолекулярних сполук. Тому при роботі таких установок відбувається очищення стоків і одночасна генерація електрики. За прогнозом американських вчених з Пенсільванського університету масштабне використання таких пристроїв для очищення стічних вод з одночасним отриманням електричної енергії дозволить США щорічно економити близько 25 млрд.доларів.

Тому на даний момент вельми перспективним бачиться такий біотехнологічний шлях просування на ринок ПЕ за рахунок застосування ферментів в якості каталізатора. Ферменти є поновлюваним матеріалом, який можна виробляти в необмежених кількостях. Вони дешеві, не отруюються основними домішками в дешевому паливі, володіють специфічними перевагами. Нечутливість ферментів до СО і сірководню зробила можливим отримання водню з біологічних джерел, наприклад, при конверсії органічних відходів. Вчені вже навчилися вбудовувати різні типи бактерій в ПЕ, змушуючи їх виробляти струм. Експериментатори певним чином вклинюються в природні електрохімічні процеси, які супроводжують дихання і харчування бактерій, щоб направляти електрони, вироблені бактеріями, в зовнішній ланцюг [завідувач КЕБ *Кузьмінський Є.В., Колбасов Г.Я., Тевтуль Я.Ю., доцент КЕБ Голуб Н.Б.* Нетрадиційні електрохімічні системи перетворення енергії. Фото-, термо- та біопаливні елементи. – Чернівці: Рута. – 2003. – 95 с.; *Кузьмінський Є.В., Гвоздяк П.І., Голуб Н.Б.* Біопаливні елементи – проблеми і перспективи розвитку. 1. Ферментні паливні елементи // Мікробіологія і біотехнологія. – 2008. – №3. – С. 21–304; *Кузьмінський Є.В., Гвоздяк П.І., Голуб Н.Б.* Біопаливні елементи – проблеми і перспективи розвитку. 2. Мікробні паливні елементи // Мікробіологія і біотехнологія. – 2009. – №3. – С. 15–30; *Кузьмінський Є.В.,* ст. викладач КЕБ *Щурська К.О.* Біоелектрохімічне генерування водню в мікробному паливному елементі // Відновлювальна енергетика. – 2010. – №4(23). – С. 87–97]. Подібні процеси дозволяють ominути теплову стадію, трансформували вільну енергію одразу ж в електрику. Таким чином енергія органічних хімічних сполук найбільш ефективно буде використана і при цьому докільля не буде забруднюватись зайвим теплом. Такі технології дозволять значно скоротити рівень споживання органічного палива, не зменшуючи при цьому рівень енергоспоживання. Останніми роками тематика Біо-ПЕ отримала новий потужний імпульс завдяки все зростаючому інтересу до виробництва так званої «зеленої» (або екологічної) електроенергії,

так як мікроорганізми (включаючи бактерії, дріжджі, водорості та ін.) здатні використовувати як паливо практично весь спектр органічних речовин, у тому числі різноманітні відходи [завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В. Біоелектрохімічне продукування електричної енергії та водню: монографія / Є.В. Кузьмінський, К.О. Щурська, І.А. Самаруха. – К.: «Видавничий дім «Комп'ютер-прес», 2012. – 226с.]. Це відкриває можливість одночасного вирішення як екологічних, так і енергетичних проблем. В першу чергу це відноситься до стічних вод. Так, на кафедрі екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «КПІ» виконуються роботи, направлені на пошук і використання мікроорганізмів, які спроможні як до розкладання і детоксикації деяких із самих проблематичних забруднювачів докільця і, зокрема, стічних вод, так і до генерування електроенергії та водню. Усе це складе підґрунтя екобіотехнологій, які можуть відіграти визначальну роль у відновленні стічних вод, і при цьому можна буде отримувати певну кількість електрики і водню. За подібним принципом на новій основі можна побудувати і сонячні батареї. Якщо вдасться включити в такі Біо-ПЕ хлорофіл із рослин і ряд допоміжних ферментів, то тоді енергію збудження хлорофілу фотонами світла можна буде приймати безпосередньо на струмопровідну підкладку.

Щодо інших аспектів обговорюваної проблеми, то міжнародний досвід країн - лідерів відновлюваної енергетики демонструє, що прорив у розвитку відновлюваних технологій можливий лише за активної участі місцевих громад. Так, половина власності проєктів з відновлюваної енергетики у Німеччині - це безпосередньо власність місцевих громад; у Північній Америці участь громад у розвитку відновлюваних проєктів відіграє першорядну роль. При цьому важливим фактором є соціальний і економічний розвиток регіонів, включно з такими аспектами, як зупинка «відтоку» фінансування, підвищення загальноосвітнього та професійного рівня місцевих жителів, створення нових робочих місць.

Діяльність Міжнародної мережі зі сталої енергетики INFORSE спрямована на пропаганду та широкомасштабне впровадження відновлюваних технологій з метою захисту довкілля та зменшення бідності на планеті. Близько 170 організацій із 72-х країн світу, які на сьогодні є членами INFORSE, працюють на міжнародному й національному рівнях. Крім проведення семінарів, присвячених питанням сталої енергетики, INFORSE бере активну участь у розробці політичних рішень Євросоюзу в галузі енергетики, передусім у підтримці розвитку відновлюваних та енергозберігаючих технологій. У 2000 році, ґрунтуючись на Глобальному сценарії розвитку відновлюваної енергетики, INFORSE розробив власний сценарій глобального розвитку відновлюваної енергетики, показавши, що до 2050 року при населенні планети в 9,4 млрд. осіб глобальні потреби енергії за умови істотного підвищення енергоефективності можна переважно забезпечити за рахунок відновлюваної енергетики, відмовившись при цьому від атомної.

І, підсумовуючи, якщо Україна планує приєднатися до країн Євросоюзу і тим самим ставить собі за мету підвищувати рівень своєї енергетичної безпеки за рахунок ВДЕ і, у першу чергу за рахунок біоенергетики, то необхідно на урядовому рівні визначити чітку стратегію розвитку цього напрямку і прикласти максимум зусиль для її втілення у життя. І визначальним у цьому буде мінімізація факторів, що стримують становлення біоенергетики в Україні. А це, перш за усе, відсутність чіткої державної політики у сфері ВДЕ та стимулюючої цей сектор законодавчої бази; відсутність дієвої (а не декларативної) державної програми розвитку альтернативної енергетики; низькі екологічні нормативи; нерозвинутість ринку біомаси як палива; фінансові бар'єри – нестача власних коштів, високі ставки банківського кредитування, відсутність фінансових стимулів тощо; субсидування викопних палив та інші цінові перекоси; нерозвинутість ринку вітчизняного біоенергетичного обладнання - відсутність виробництва біогазових установок, котлів високої потужності та парових котлів на біомасі, монопольне виробництво соломоспалюючих котлів, брак необхідного обладнання, слабка інфраструктура транспортування та зберігання біомаси та ін; відсутність чіткої і розгалуженої системи підготовки фахівців (бакалаврів, спеціалістів, магістрів, кандидатів та докторів наук) для цього сектору енергетики; інформаційні бар'єри та ін.

Виходячи з викладеної інформації, можна зробити висновок щодо нагальної необхідності прискореного формування в рамках України єдиного біоенергетичного простору,

який умовно можна представити як п'ять взаємопов'язаних секторів: науково–технологічний сектор – інфраструктура біоенергетики; науково–освітнянський – кадри, які живлять цю інфраструктуру; виробничо-технологічний сектор – система трансферу технологій, яку необхідно якнайшвидше гармонізувати з законодавством та досвідом ЄС у цій сфері; організаційний та економіко-правничий сектор – багато у чому визначальний, до складу якого входить система стандартів і сертифікації, гармонізована з міжнародною, а також метрологія та страхування ризиків; інформаційно–комунікаційний сектор, який забезпечує інформацію і зв'язок між усіма учасниками біоенергетичної інфраструктури з метою їх максимально ефективного функціонування і врахування внеску кожного (рис.3.4).

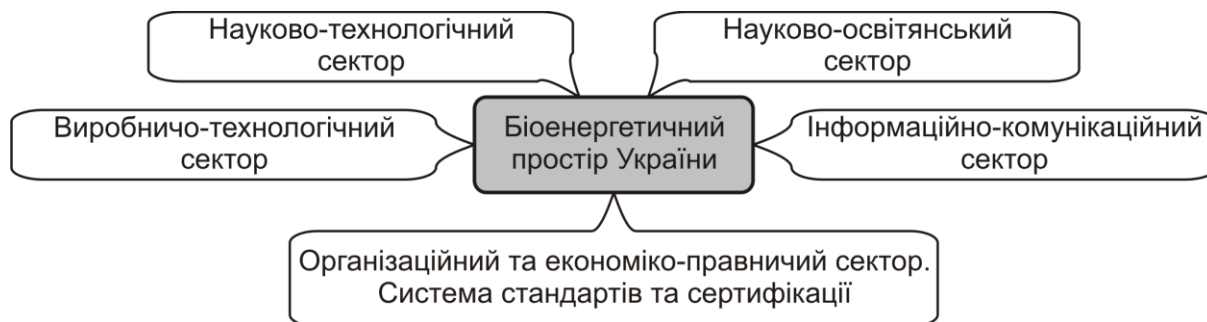


Рис. 3.4. Структура єдиного біоенергетичного простору України

У формуванні такого єдиного біоенергетичного простору України є дуже важливі позитивні моменти. По-перше, його формування створить нові робочі місця, по-друге забезпечить масштабне використання технологій альтернативної енергетики, і, перш за все біоенергетичних, і, накінець, стане одним із достатньо ефективних шляхів виходу як з енергетичної, обумовленої вичерпуванням традиційних викопних палив, так і з наявної глобальної економічної кризи.

Завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В Стан, проблеми та перспективи біоенергетики в Україні / Є.В Кузьмінський, Н.Б.Голуб, К. О. Щурська // Відновлювальна енергетика. – 2009. – № 4(15). – С.70-80.

* * *

IV. ПРЕДМЕТ І ОСВІТЯНСЬКІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОЕНЕРГЕТИКИ



У зв'язку з приєднанням України до Болонського процесу та нагальною необхідністю реформування та покращення системи освіти у вищій школі, виникає цілком слушне питання: **які фахівці біологічного спрямування і з якою за змістом освітою потрібні Україні?**

Пильна увага світової спільноти до розвитку біологічної науки зумовлена багатогранністю та актуальністю питань і завдань, що їх вона має вирішувати. Сьогодні спостерігається тотальна біологізація майже усіх галузей господарства. Так, в медицині на зміну хіміко-фармакологічним препаратам приходять «ліки біологічної природи», виготовлені за використання біологічно активних компонентів живих організмів. В сільському господарстві успішно опановують нові біологічні засоби захисту рослин та впроваджують нові більш стійкі та продуктивні сорти та породи тварин, створені генетичними методами тощо. В промисловості, взагалі, та в енергетиці, зокрема, надалі все більша увага приділяється широкому застосуванню мікроорганізмів, які здатні не лише вибірково концентрувати певні метали або інші хімічні сполуки, а і переробляти так звані «відходи цивілізації» на корисний продукт – метан або водень.

Тотальний розвиток суспільства шляхом техногенезу та посилення його впливу на біосферу призвів до виникнення конфлікту між людством, з одного боку, і його середовищем

існування, в широкому розумінні, з іншого. **Ліквідація усіх цих негараздів неможлива без застосування новітніх екобіотехнологій та біоенергетичних технологій** для діагностики забруднень довкілля, очищення стічних вод, знешкодження небезпечних газових викидів, використання перспективних засобів утилізації твердих і рідких промислових відходів, підвищення ефективності методів біологічного відновлення забруднених ґрунтів, заміни низки агрохімікатів на біотехнологічні препарати тощо. Важливим напрямом також має стати розробка екобіотехнологій, спрямованих на виробництво біогазу та водню з органічних відходів, мікробіологічна деструкція ксенобіотиків, застосування біоіндикації та біотестування у системі екологічного моніторингу.

Для гармонізації взаємовідносин людини і біосфери та розробки новітніх систем відновлення природного середовища за допомогою сучасних екобіотехнологій **нагальною є також організація якісної підготовки фахівців в галузі екологічної біотехнології та біоенергетики – як окремого, специфічного і самодостатнього напрям застосування біотехнології для вирішення проблем довкілля.** Тим більше, що такий підхід якнайкраще відповідає вимогам сучасних поглядів на подолання екологічних проблем – найкраще застосувати методи, які вже подарувала нам природа і які є для неї притаманними.

Зважаючи на наведене, **доцільно розглянути предмет екологічної біотехнології та біоенергетики як самостійний напрям біотехнології і охарактеризувати деякі освітянські аспекти.**

Перш за усе, акцентуємо увагу на світоглядній значимості екобіотехнології у порівнянні з традиційною – промисловою біотехнологією (рис.4.1).

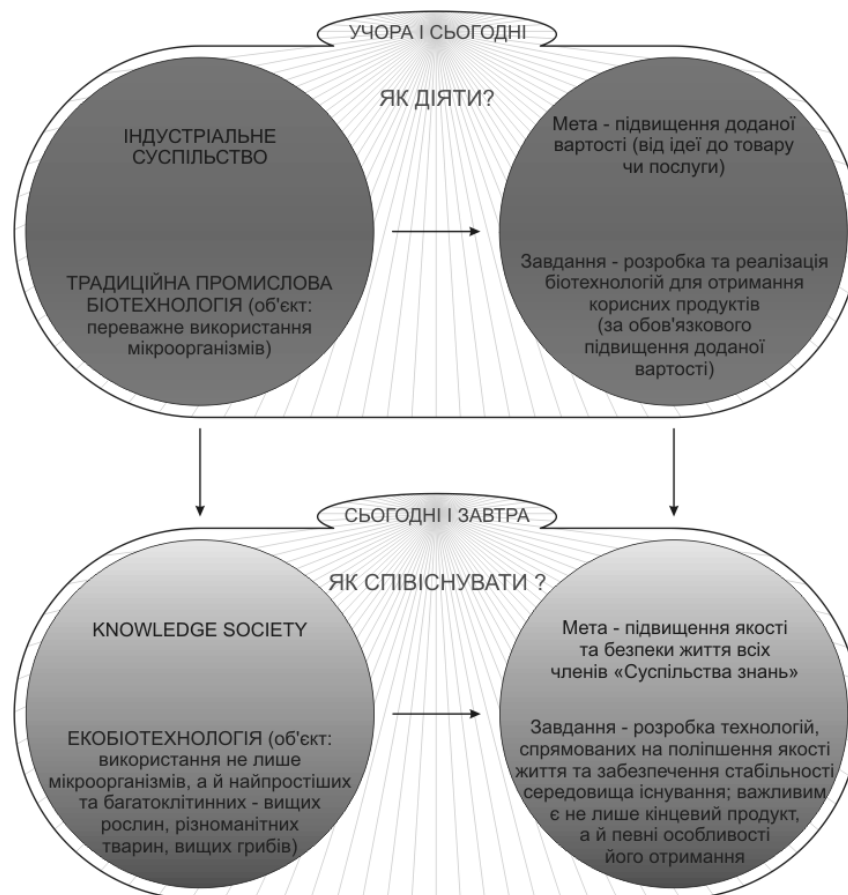


Рис. 4.1. Екобіотехнологія і «Суспільство знань»

Традиційна біотехнологія, як складова технологій індустріального суспільства, дає відповідь на запитання «Як діяти?» і за головну мету має підвищення доданої вартості – тобто отримання прибутку понад усе ! Екологічна біотехнологія, як невід’ємна складова суспільства майбутнього (Knowledge Society), дає відповідь на питання «Як співіснувати?» і за мету

ставить підвищення якості та безпеки життя членів суспільства, чим і відрізняється від традиційної біотехнології. Саме на цих особливостях акцентував увагу у своїй статті в газеті «Дзеркало тижня» ректор Національного технічного університету України «КПІ» академік НАН України Згуровський М.З., який зазначив, що «Наше суспільство має великий дефіцит знань типу "Як співіснувати?"... Саме група екологічних індикаторів та показників (частка екологічно захищеної території складає 1% від загальної території України, тоді як для Європи - 8,6 %; викиди вуглекислого газу 6,2 і 8,9 метричних тон на душу населення України і Європи, відповідно; витрати на охорону здоров'я 7,6 і 13% від загальнодержавних витрат; рівень дитячої смертності 20 і 4,4 померлих дітей віком до 5 років на 1000 народжених) викликають суттєве занепокоєння» [Згуровський М.З. Шлях до суспільства, заснованого на знаннях // Дзеркало тижня за №2 від 21-27 січня 2006 року].

Детально екобіотехнологія, як окремий самостійний напрям біотехнології, охарактеризована в нашій статті [Керівник філії КЕБ Кухар В.П., завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В., доцент КЕБ Ігнатюк О.А., доцент КЕБ Голуб Н.Б. Екобіотехнологія та біоенергетика: проблеми становлення і перспективи розвитку // Вісник НАН України.- 2005.- №9.- С.3-18], тому у цьому розділі ми акцентуємо увагу лише на таких наведених на рис.4.2 блоках як «Прикладні екологічні завдання» та «Шляхи їх вирішення».

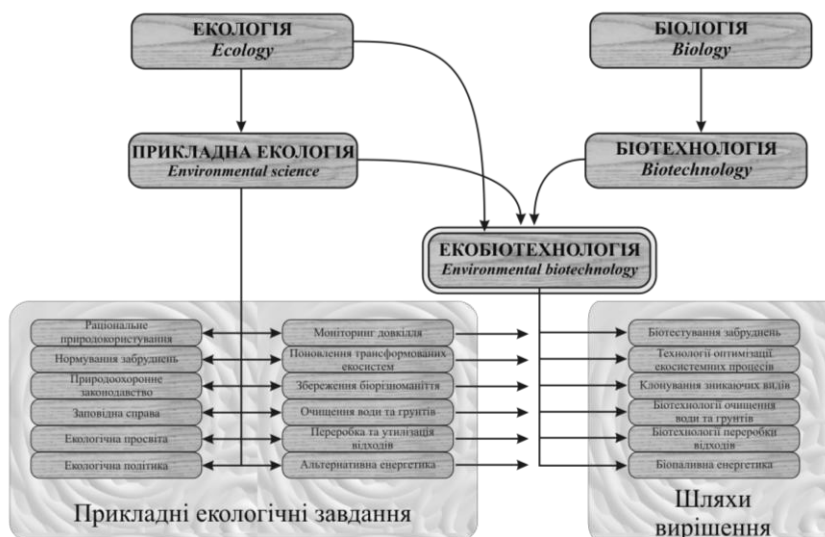


Рис.4.2. Пріоритетні напрями екобіотехнології

Перший містить традиційні проблеми, поставлені прикладними природоохоронними напрямами екології. У другому блоці наведено можливі шляхи розв'язання існуючих проблем за допомогою екобіотехнологій. Вони, на нашу думку, і є **пріоритетними напрямами розвитку природоохоронних біотехнологій**.

★ Перший такий пріоритетний напрям пов'язаний із сучасною екологічною ситуацією, яка спричинена передусім посиленням антропогенного пресу на біосферу і потребує розробки чіткої, об'єктивної та науково-обґрунтованої системи **екологічного моніторингу**. Мета екологічного дослідження (**біотестування**) полягає не у визначенні хімічної природи та складу речовин-забруднювачів (це завдання хіміків-аналітиків), а в тому щоб встановити наскільки досліджуване середовище придатне для життя, незалежно від того який набір речовин природного або техногенного походження в ньому міститься. Процедура біотестування може розглядатися як технологія контролю забруднень навколишнього середовища або антропогенних впливів на довкілля, що здійснюється за участю живих організмів з використанням останніх у ролі біодатчика. В 60-90 рр. ХХ століття методи біотестування широко розвивалися та були законодавчо введені в систему стандартних методів дослідження якості природних, питних та стічних вод у США, Канаді, Німеччині,

інших країнах. Отже, біотест можна трактувати як варіант біотехнологій природоохоронного спрямування — екобіотехнологій.

★ Антропогенна трансформація та деградація природних екосистем є, мабуть, однією з найбільш серйозних екологічних проблем сучасності. Їх охорона та захист стають ключовим моментом у реалізації стратегії XXI сторіччя — концепції сталого розвитку. Важливим елементом процесу оптимізації трансформованих, зокрема забруднених, екосистем можуть стати **технології біорекультивації ґрунтового покриву, фітодезактивації або детоксикації ґрунтів і природних вод тощо**. Подібні методики є набагато дешевшими за механічне та хімічне очищення згаданих елементів навколишнього середовища. Крім того, вони не несуть руйнівної складової (механічного пошкодження ґрунту, внесення сильнодіючих хімічних сполук та ін.). Їх успішне застосування також є типовим прикладом природоохоронних біотехнологій.

★ Наступною, надзвичайно актуальною екологічною проблемою, успішно розв'язати яку можна завдяки використанню біотехнологій, є **переробка та утилізація відходів** (мається на увазі відходів цивілізації). Така утилізація може здійснюватися і біологічними (екобіотехнологічними), і фізико-хімічними методами, однак при застосуванні останніх антропогенне забруднення часто тільки локалізується. Переважна більшість побутових відходів не є однорідними за своїм складом субстанціями. У порівнянні з монокультурами мікробні асоціації спроможні асимілювати суміші та поетапно мінералізувати складні органічні сполуки. Природні консорціуми мікроорганізмів мають кращу здатність до біотрансформації, аніж окремі популяції, та характеризуються підвищеною резистентністю до впливу несприятливих чинників середовища. Вони також відзначаються підвищеною продуктивністю та можливістю горизонтального обміну генетичною інформацією не лише у межах однієї популяції, а й між різними видами в межах угруповання. Згадані властивості мікроорганізмів роблять їх потенційно дуже перспективним об'єктом для застосування в екобіотехнологічному циклі утилізації відходів.

★ Одним із найбільш перспективних сучасних напрямків розвитку екобіотехнології має стати **біоенергетика** — галузь, яка допоможе вирішити одночасно з енергетичною проблемою і значну кількість екологічних проблем (див. розділ 3 «Стан, проблеми та перспективи біоенергетики в Україні»).

Якщо оцінити **значимість екобіотехнології, виходячи із світових пріоритетів**, тобто ролі біотехнології у вирішенні глобальних проблем людства (рис.4.3), то вона у 4 із 6 напрямів відіграє ключову роль. Це вирішення енергетичних проблем, попередження забруднення повітря, відновлення якості води та запобігання глобальним змінам клімату.

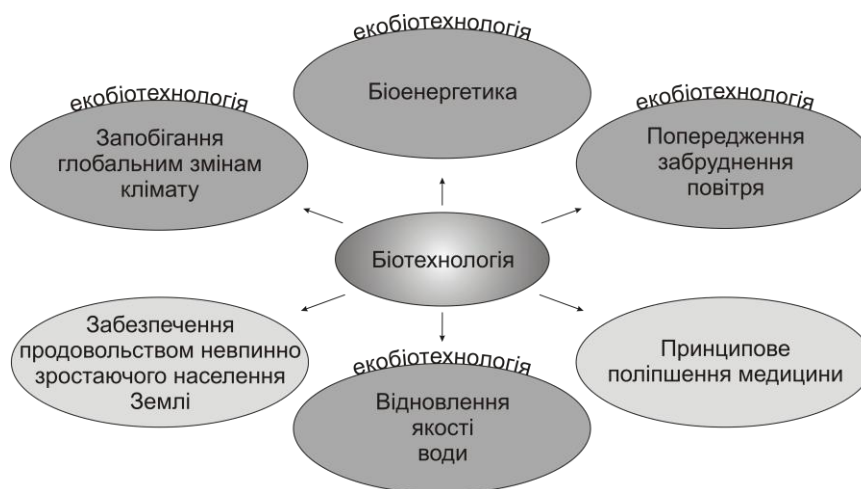


Рис. 4.3. Роль біотехнології у вирішенні глобальних проблем людства

На рис. 4.4 наведено порівняльні дані обсягів біотехнологічної продукції у світі, Росії та Україні, виходячи з яких можна впевнено констатувати нагальну необхідність прискореного розвитку біотехнологічної галузі і, перш за все екобіотехнології, в Україні.

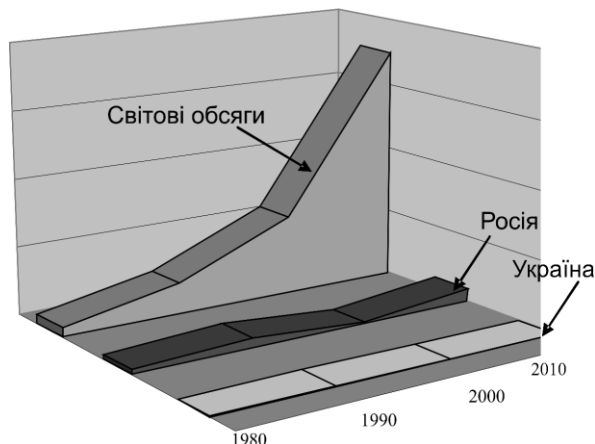


Рис. 4.4. Порівняльні дані темпів розвитку біотехнології

Вельми доречним також буде порівняння стану справ у цій галузі з Російською Федерацією, яка, на відміну від України, уже прийняла і реалізує національну програму «Розвиток біотехнології в Росії на 2005-2015 роки» (об'єм фінансування - 5,8 млрд дол.), яка містить екобіотехнологію як самостійний напрям біотехнології. В табл. 4.1 наведена порівняльна характеристика біотехнологічного виробництва (за винятком традиційної харчової промисловості) в Росії та Україні, що також вказує на нагальну необхідність прискореного розвитку біотехнології в Україні.

Наряду з наведеним, для розуміння та вирішення проблем відносин між людиною та екосферою, розроблення новітніх екобіотехнологій для відновлення порушеного людиною довкілля **нагальною є також організація підготовки фахівців в галузі екологічної біотехнології**. Аналіз наведених в табл.4.2 даних показує, що при підготовці фахівців - екобіотехнологів необхідно враховувати і особливості, які суттєво відрізняють їх подальшу діяльність від традиційних «хімічних» екологів

Таблиця 4.1. Біотехнологічне виробництво в Україні та Російській Федерації

Російська Федерація		
Вид біотехнологічної продукції	Ступінь насиченості ринку	В тому числі за рахунок вітчизняного виробника
✓ Фармацевтична	51,3%	11,3%
Харчові добавки	40%	9,7%
✓ Кормові добавки	22,7%	7,3%
Ферменти для харчової та легкої промисловості та виробництва миючих засобів	46,7%	11,5%
Трансгенні рослини	12,5%	0,8%
Трансгенні тварини	5,5%	0,3%
Засоби захисту рослин	48,3%	19,9%
Біотехнології очищення води, повітря, ґрунту, утилізації відходів	33,3%	17,7%
Україна		
Вид біотехнологічної продукції	Номенклатура	Підприємство-виробник
Фармацевтична	Тест-системи на основі ДНК-технологій, ветеринарні препарати	АЗТ НВК «Діапрофмед», Київ
	Імуноглобуліни, вакцини	АТ «Біофарма», Київ
	Інсулін	«Індар», Київ
	Тест-системи на алергени	«Імунолог», Вінниця
Кормові добавки	Промислові ферменти (протеази та ін.)	«Ензифарм», Ладижин (сезонна робота)
	Лізін	«Стирол», Горлівка, Новоукраїнка

Таблиця 4.2. Порівняльна характеристика основних показників, за якими ведеться підготовка фахівців із спеціальностей «Екологія та охорона навколишнього середовища» та «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

Показники	Екологія	Екобіотехнологія
ВИД ДІЯЛЬНОСТІ	Діяльність пов'язана з відтворенням та покращенням навколишнього середовища, зокрема природних екосистем	Діяльність пов'язана з відтворенням та покращенням навколишнього середовища, зокрема природних екосистем
ЗМІСТ НАВЧАННЯ	Фундаментальна підготовка з небіологічних дисциплін (геології, картографії, гідрології, хімії, фізики, математики), обов'язковим є лише курс «Загальна біологія» об'ємом 2÷4 кредити	Фундаментальна підготовка як з біологічних, так і з небіологічних дисциплін. Поглиблені знання в галузі біохімії, біофізики, молекулярної біології, хімії біогенних елементів, сенсорики, гідроекології, генетики та фізіології, що гармонійно доповнюється знаннями з хімії, фізики, математики
ЗАСОБИ ПРАЦІ – типові методи	Робота з живими системами класичними фізичними та хімічними методами, повне ігнорування біологічної природи об'єкта	Використання при роботі з живими системами таких методів як біотрансформація, біоорганічний синтез, біодеструкція. Знання та розуміння біологічних особливостей об'єкта
ПРОДУКТИ ДІЯЛЬНОСТІ	Механістично (грубо та жорстко) трансформовані екосистеми. Враховані фізико-хімічні та проігноровані біологічні параметри екосистем	М'який вплив на екосистеми в наслідок застосування живих організмів або продуктів їх життєдіяльності. Тонке розуміння і врахування біологічної природи екосистем, великого різноманіття та важливості саме біотичних зв'язків
ПОБІЧНІ ПРОДУКТИ ТА НАСЛІДКИ ДІЯЛЬНОСТІ	Продукти хімічного синтезу та побічні хімічні речовини, що є чужими (ксенобіотичними) для екосистем	Продукти синтезу живих організмів - органічні рештки, CO ₂ та H ₂ O

Іншим наочним підтвердженням високої пріоритетності саме екологічної біотехнології та біоенергетики є результати широкого опитування, отримані експертною групою вищого рівня під керівництвом академіків НАН України Комісаренка С.В., Єльської Г.В. та Підгорського В.С. з тематичного напрямку «Біотехнологія» [Прогноз науково-технічного та інноваційного розвитку України (Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім.Г.М.Доброва НАН України. Під ред. акад. Шпака А.П. та Гуржія А.М.).- К.: Фенікс, 2006].

Напрямки та розробки в галузі біотехнології було розділено на три категорії:

1. Найбільш гострі та проблемні питання:

- **Біодеструкція та утилізація відходів, технології очищення води (4,6 балів);**
- Створення стійких сортів рослин та високопродуктивних сільськогосподарських тварин (4,6 балів);

- Регенеративна медицина, трансплантологія, векторна терапія (4,2 балів);
- Отримання природних біологічно-активних сполук (4,0 бали);
- Засоби імунотерапії та імуностимуляції терапевтичних сироваток (3,8 балів);
- Отримання рекомбінантних білків терапевтичного призначення (3,8 балів);
- Отримання синтетичних біологічно-активних речовин (3,3 балів);
- Скринінг найбільш поширених спадкових хвороб (3,1 балів);
- Технологія мікробіальних заквасок (3,0 бали);
- Розробка методів цільової доставки лікарських препаратів (3,0 бали).

2. Найбільш результативні у середньостроковій перспективі (3÷5 років) напрями:

- **Біотехнології отримання біопалива (4,7 балів);**
- Діагностикуми на основі полімеразної ланцюгової реакції, ДНК-зондів (4,3 балів);
- Діагностикуми на основі рекомбінантних білків та моноклональних антитіл (4,0 бали);
- Генно-інженерне одержання ліків, гормонів, біологічно-активних речовин (4,0 бали);
- Технологія отримання пероральних вакцинних препаратів (3,8 балів);
- Отримання ферментних препаратів для промисловості (3,7 балів);
- Мікробіальні пробіотики для потреб медицини та ветеринарії (3,7 балів);
- Фракціонування плазми, отримання білків донорської плазми крові (3,6 балів);
- Сенсори для моніторингу довкілля (3,5 балів);
- Фракціонування біологічних макромолекул (2,6 балів).

3. Найбільш результативні напрями в довгостроковій (15÷20 років) перспективі:

- **Охорона довкілля. Біодеструкція та утилізація відходів (4,8 балів);**
- Молекулярна діагностика: імунодіагностика ДНК- діагностика (4,2 балів);
- Розробка фармацевтичних препаратів (4,2 балів);
- Імунобіотехнологія моноклональних антитіл, діагностичних та терапевтичних сироваток (4,0 бали);
- Мікробіологічні штами – продуценти рекомбінантних білків (4,0 бали);
- Ствобурові клітини, клітинна та генна терапія (3,9 балів);
- Біотехнологія харчових продуктів і добавок (3,3 балів);
- Біотехнологія трансгенних рослин і тварин, трансгенних грибів (3,2 балів);
- Отримання пептидів, білків і олігонуклеотидів (2,9 балів);
- Отримання ліпідів та низькомолекулярних біологічно активних сполук (2,7 балів).

Таким чином, виходячи з результатів опитування, **найбільш пріоритетним в короткостроковій та довгостроковій перспективі експерти вважають напрям біотехнології, який пов'язаний з охороною довкілля, біодеструкцією та утилізацією відходів, а також отриманням біопалив - тобто саме Екологічну біотехнологію та біоенергетику, яку на благо усієї нашої спільноти необхідно визнати, у всіх її аспектах, як окрему галузь і найперспективніший напрям сучасної високої технології.**

Завідувач КЕБ Кузьмінський Є.В, доцент КЕБ Голуб Н.Б, керівник філії КЕБ Кухар В.П. Предмет і освітні аспекти екобіотехнології // Вища освіта України. – 2007.- №2. – С. 55–62.

* * *

V. ЯКІСТЬ ОСВІТИ

«Сучасна технічна освіта — це синтез
фундаментальної науки та інженерного мистецтва»
Академік НАН України М.З. ЗГУРОВСЬКИЙ

В цьому розділі концепції розглянуто найбільш важливі, з точки зору завдань кафедри, складові освітянського процесу в умовах глобальних викликів, які вимагають глобальних відповідей.

Будь-яка епоха характеризується певним, притаманним лише їй набором парадигм, і тому за кожного, більш менш обособленого етапу розвитку цивілізації якість освіти (рівень підготовки спеціалістів) та модель освітньої системи суттєво відрізняються. Так, американський педагог Поль Монро виділяє наступні освітянські моделі:

- первісне виховання – не прогресуюче пристосування;
- «східне» виховання (Китай) – повторення пройденого;
- грецьке виховання – прогресуюче пристосування;
- римське виховання – готування до практичного життя;
- середньовічне виховання – дисципліна.

Сьогодні притаманна стрімка зміна парадигм та поглиблена професійна спеціалізація, тому, враховуючи певну інертність до змін, вкрай часто система освіти залишається непристосованою, без відповідних навчальних планів та програм, які б у повній мірі відповідали вимогам сучасності. З урахуванням викладеного, можна зробити висновок, що вихованням 21-го століття є творче пристосування.

Наша мета – *розглянути найбільш важливі, з точки зору становлення та розвитку КЕБ, складові новітньої моделі освітянського процесу підготовки майбутніх інженерів-біотехнологів в умовах глобальних викликів.*

Переваги розподілу праці, які майже 200 років слугували зростанню, в кінці 20-го століття стали гальмом подальшого цивілізаційного розвитку. Тотальний розвиток суспільства шляхом техногенезу та посилення його впливу на біосферу призвів до виникнення конфлікту між людством, з одного боку, і його середовищем існування, в широкому розумінні, з іншого. Сьогодні практично усі розуміють, наскільки злостенно стоять питання раціонального використання природних ресурсів та збереження довкілля. Однак взаємодія цивілізації та біосфери й на початку третього тисячоліття розглядаються як протистояння двох багатогранних ворожих світів – “світу людини” і “світу природи”. Саме екологічні біотехнології, як технології що базуються на використанні законів розвитку живої природи, допомагають людству розв’язати низку важливих соціальних, продовольчих, промислових, енергетичних, а також екологічних проблем. Ґрунтовно роль екобіотехнології у вирішенні глобальних проблем людства розглянута у попередньому розділі.

5.1. Система якості освіти

Одним з базових параметрів для характеристики і поліпшення цієї ситуації є термін «якість», оскільки під якістю сьогодні розуміють міру задоволення бажань споживача (замовника). Зрозуміло, що це сучасне трактування якості є набагато ширшим за таке усталене визначення як відповідність вимогам нормативної документації. Це у повній мірі стосується і якості освіти.

Глобалізація відкрила ринок без кордонів також і в галузі освіти. Вона запропонувала інфраструктуру зв'язку, в якому простір та час втратили своє значення, і тому в галузі освіти необхідно негайно переходити до установчих реформ та установчого переосмислення.

Очевидно, взаємопов'язана роль освіти та праці полягає у функціонуванні їх на основі двох концепцій: освіта впродовж усього життя та багатопредметність.

Варто зазначити, що багатопредметність навчальної програми у багатьох навчальних закладах України часто ще не звільнилась від одноманітності назв навчальних дисциплін

одного змістового модуля та «кастового духу» дослідницьких інститутів. Вважаємо, що більш доцільним є подання змістового модулю у різних назвах дисциплін багатовекторно та багатогранно для усіх предметів, котрі включені в навчальну програму освітніх класичних чи технічних університетських закладів, враховуючи модерні та інноваційні підходи і практики наукових досліджень у дослідницьких установах. При цьому необхідним є збереження неординарних і ексклюзивних характеристик та особливостей освітніх та наукових шкіл і напрямів кожного окремого закладу.

Також не слід забувати, що в основі глобалізації стоять глобальні виклики, які вимагають глобальних відповідей. «Global versus local» не є визначенням в географічному сенсі, а способом мислення та засобом дії, застосованим до деяких локальних проблем з глобальними наслідками. Глобалізація є відповіддю на глобальні проблеми, які змушують передову «західну» технологію брати до уваги місцеві особливості та працювати на глобальні рішення. Для того, щоб створити нову концепцію глобального світу, варто бути здатними брати до уваги «ethnos глобалізації» і оцінювати глобалізацію не лише з технологічної точки зору, але також і через призму соціальних та екологічних аспектів.

Рішенням проблеми дисгармонії між існуючими технологіями та реальною якістю життя мала б бути така пропозиція освітніх послуг, котра б дозволила молодому поколінню у момент професійного визначення обирати не лише між назвами дисциплін, а і між можливими професіями в галузі знань. Зрештою, згідно нових стандартів повної вищої освіти щодо підготовки професіоналів II-го освітньо-кваліфікаційного рівня (магістр) кожен фахівець I-го кваліфікаційного рівня (бакалавр) відповідного напрямку підготовки може обрати декілька спеціальностей у відповідній галузі знань.

Кожна професія передбачає певні знання, вміння та компетенції, а отже і комплекс дисциплін для вивчення, які можуть бути рекомендованими загальними спеціалістами з класичної освіти (гуманітарні університети) та доповненими чи модернізованими спеціалістами за фахом (технічні університети) та з навиками інноваційних технологій (науково-дослідні інститути). Фахівцям котрі розробляють навчальну програму необхідно працювати над тим, щоб відкрити для здобувача професії майбутні професійні горизонти, а тоді, доцільним буде впровадити формат освіти, який дозволяє самостійно обрати особисту «дорожню карту». Тобто надати студенту можливість обрати певні цікаві та важливі для нього дисципліни, що забезпечило б успішну індивідуальну біографію професіонала. В такому форматі викладачі скоріш усього мають бути провідниками або прикладами, ніж простими носіями знань. Бо так виглядає, що необхідно створити в системі освіти та дослідницькій галузі нові ігрові поля та підготувати нових професійних науково-технічних гравців із глобальною компетентністю, які були б здатні діяти ефективно і самостійно, але з обов'язковим урахуванням не тільки технологічних, а і культурних, релігійних та екологічних особливостей.

Отже, головні особливості сучасності за умов глобалізації світової економіки, які вимагають швидкої зміни парадигм, можуть бути зведені до наступних:

- загострення конкуренції на ринках, у тім числі і на ринку освіти;
- надзвичайно висока швидкість змін як результат технологічної, культурної та інформаційної революцій;
- перевага для споживачів (замовників), з визначенням пільг та їх переваг.

За таких умов глибока спеціалізація стає гальмом, так як зміст (навчальні плани) спеціальностей змінюється швидше, аніж їх наповнення впроваджується в навчальний процес. Тому для гармонізації навчання і отримання компетенцій частково вже запропоновано та вводяться вибіркові блоки дисциплін, факультативні заняття та проекти, можна пропонувати і декілька, якщо у даному закладі є викладачі відповідного фаху, а також якщо здобувач професії вкладається у часові форми підготовки та набирає передбачені об'єми знань.

Акцент від деталізації технологічних процесів зміщується на вивчення принципів, методів та загальних підходів. Така універсалізація принципово змінює сам зміст навчання, за рахунок постійного перегляду навчальних планів, та їх наповнення новими дисциплінами, згідно вимог народногосподарського комплексу. Тому виникає необхідність у корегуванні

нормативних планів з врахуванням національного та світового рівня освіти і науки, конкретним освітнім колективом, який має власну наукову та освітню школу, за аналогією до класичних чи технічних університетських закладів зі світовою репутацією та рівнем.

Узагальнення принципів і підходів теоретичного та практичного навчання на рівні галузевих стандартів вищої освіти, що в певній мірі передбачає глобалізацію освіти, а також внесення нормативного блоку змістових модулів у вигляді навчальних дисциплін з певних предметів разом з типовими навчальними програмами їх вивчення, що мала б рекомендувати Науково-методична комісія з галузі знань. Це по суті робиться для багатьох галузей знань, але доцільно було б виконувати корегування, чи доповнення на рівні конкретної науково-освітньої школи, зокрема випускової кафедри.

Окрім того, за умов жорсткого ринку освітянських послуг, підприємства, проводячи власну політику підготовки кадрів, можуть здійснювати цільові замовлення кафедрам на підготовку фахівців за спеціально складеними програмами (за кошти фірми – замовника), що і було передбачено в законах України. Проте в умовах глобалізації та жорсткої конкуренції здобувачі часто не одержують практичних навичок виробничої діяльності, а випусковим кафедрам часто є важко організувати проходження практики студентів, включаючи залучення до цього процесу фахівців з боку підприємств, оплати за проходження практичного навчання на приватних фірмах та міжнародних компаніях, працевлаштування випускників тощо.

Очевидно, організаційні форми повинні змінюватись у контексті, в якому битва за таланти та адміністрування їх еволюції стає наукою. Світ без кордонів у системі освіти вимагає також і переосмислення ролі самих освітніх установ, які повинні слугувати розвитку національного рівня освіти, технологій та якості життя в цілому.

На усе це також накладається і процес відмови від командно – адміністративної системи управління і перехід до лідерства, тобто делегування повноважень командній праці за принципом «виграємо разом». Тобто, за умов жорсткого ринку, успіх установ і, перш за усе кафедр, багато в чому залежить від готовності її керівників бути лідерами (а не «начальниками»).

Лідерство є необхідною умовою розробки і успішного впровадження в життя будь-якої ринкової системи управління і, перш за усе, ефективної системи якості. Система якості освіти - один з можливих шляхів постійного удосконалення організації за рахунок підвищення якості усіх видів діяльності і, бажано, усіма співробітниками, як це схематично наведено нижче (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. Орієнтовні показники системи якості освіти для гіпотетичного передового університету дослідницького типу

<i>Складова системи якості</i>	<i>Показник</i>
Орієнтація на сучасні пріоритетні напрями науки і техніки	+
Прагнення до лідерства	+
Проведення фундаментальних досліджень і прикладних розробок власними силами	+
Наявність власної системи забезпечення якості освіти	+
Залучення провідних фахівців на тимчасову роботу	+
Співвідношення чисельності викладачів і студентів	1 : 6
Конкурсний підхід до формування складу студентів та викладачів	+
Щорічне видання підручників і навчальних посібників з грифом МОН (на 10 наук.-педагогічних працівників)	підручників - не менше 0,08; навч.пос-ів – 0,5
Кількість монографій і наукових оглядів (друк.арк. на 10 працівників за рік)	5,0
Обов'язкова участь викладачів у наукових дослідженнях і розробках	+

Використання досліджень у практиці навчання студентів	+
Кількість студентів, які беруть участь у виконанні НДР	30%
Частка дослідницької роботи в обсязі навчальних планів магістрів	не менше 30%
Кількість докторантів (на 10 працівників)	0,05
Кількість аспірантів (на 10 працівників)	2,0
Наявність наукових публікацій у магістрів	не менше 50%
Інноваційна направленість, участь у роботі наукового технопарку	+
Кількість проведених конференцій та семінарів	3,0
Інформаційна відкритість	+

The diagram illustrates the components of organizational results. At the top, a box labeled 'Здобутки організації' (Organizational Results) is equated to the product of 'Якість праці' (Quality of Work) and 'Кількість праці' (Quantity of Work). Below this, 'Нероби-імітатори' (Non-imitators) are shown. A box for 'Якість праці' (Quality of Work) has arrows pointing to three sub-components: 'Професійність' (Professionalism), 'Порядність' (Orderliness), and 'Патріотизм' (Patriotism). These three sub-components then have arrows pointing to a final box labeled 'Якість освіти' (Quality of Education).

Інструментом успішної реалізації системи якості і, відповідно, побудови ефективного процесу навчання може бути так званий проектний підхід, який враховує усі нюанси вимог замовника та сучасного стану наукового, економічного та споживацького вирішення даного питання. Проектний підхід порушує самі основи організаційної структури вузу. Він, наприклад, може призвести до розгляду питання про те, чи потрібні у певному конкретному ВНЗ такі підрозділи, як, скажімо, факультети (чи інститути) коли достатньо мобільною і самодостатньою базовою структурою є кафедра?

Проектний підхід, як невід’ємна складова систем якості, значно підвищує їх ефективність. Необхідно також зазначити, що тільки в рамках певного проекту можливо побудувати систему якості, яка б у повній мірі відповідала вимогам замовника; побудова ж такої системи у масштабах, більших ніж кафедри, - університету або факультету навряд чи здатна на таку гнучкість і виглядає малоімовірною. Проект виходить від конкретного виконавця, але, звичайно, і відповідальність за виконання проекту мусить лежати на виконавцеві, тобто замовник проекту має бути впевненим у освітньо-науковому, творчому, безпечному та новітньому рівні виконання роботи конкретним колективом, який має сильного лідера.

Напрацьовуючи систему якості важливо пам’ятати, що вона має охоплювати усі сфери діяльності освітньої організації.

5.2. Складові освітянського процесу

На думку проф. Ф.Кумбса можна виділити наступні складові освітянського процесу:

Цілі і завдання визначають організаційну структуру і принципи функціонування процесу освіти.

Студенти (абітурієнти). Їх навчання – головне завдання системи – це «сировина, що обробляється», а школи, ліцеї тощо – «постачальники цієї сировини». Навчальні заклади також споживають масу інших речей – від крейди і ганчірок, до приладів і коштовного обладнання, тому відносини з цими постачальниками є не менш важливими. Окрім того, проблема постачальників одночасно є і проблемою споживачів, так як будь-який навчальний заклад – це не тільки споживач, а і постачальник. Отже, об’єкти, що розглядаються

утворюють розгалужену мережу і тому встановлення взаємовигідних відношень споживачів з постачальниками на постійній основі – одне з ключових питань при впровадженні ефективної системи якості.

Управління - здійснює керівництво, координацію та оцінку діяльності системи. Особливістю сучасного етапу є переорієнтування управління на якість, так як висока якість – необхідна вимога замовника, а отже і нашого (вашого) існування на ринку освітянських послуг [Д.Трейси, В.Лапидус]. Такий підхід отримав назву Загальне Управління на основі Якості (ЗУЯ), або TQM (Total Quality Management). Нинішня ситуація у світі характеризується тим, що саме методи ЗУЯ покладено в основу нового покоління міжнародних стандартів із систем якості.

Структура і розподіл навчального часу. Структура і розподіл навчального часу постійно переглядаються під впливом швидкої зміни парадигм, а також все нових та нових технологій навчання і технічних засобів їх реалізації. Як уже зазначалось, останнім часом, з урахуванням постійно зростаючих можливостей інформаційних систем, остаточно перемогла концепція «освіти впродовж усього життя» або, іншими словами, «безперервної освіти».

Зміст – це те головне (знання), що студенти мають отримати в процесі навчання. Предмет, зміст і освітянські аспекти екологічної біотехнології та біоенергетики детально викладені нами у інших розділах концепції КЕБ, тому ми не будемо зупинятись на цій складовій. За доцільне тільки підкреслити, що в умовах радикальних змін характеру праці завдяки революціям у виробництві і виробничих відносинах, вона стає більш вільною і творчою. А це означає, що кафедри мають розвивати у кожного студента творчі здібності та уміння їх реалізовувати, що і буде запорукою їх успішності в глобалізованому світі, який надзвичайно динамічно змінюється.

Викладачі. Глобальний, динамічний світ ставить перед викладачами нові вимоги, попри те, що педагогіка і так вельми специфічна сфера діяльності людини, а підготовка викладачів – вельми тривалий, затратний і ризикований процес. За нових умов викладач не може довго знаходитись поза науково – дослідною роботою і, бажано, щоб він працював на її передових рубежах.

Поява будь-якої нової спеціальності (у нашому випадку екологічної біотехнології та біоенергетики) відразу ж ставить питання щодо наявності кваліфікованих викладачів. Практично декілька перших випусків спеціалістів з нових спеціальностей «поглинаються» аспірантурою і призначені для забезпечення потреби у викладачах. Не є виключенням і сама система якості і суміжні сфери – стандартизація, сертифікація тощо. Тобто, оскільки викладачі потрібні раніше, ніж буде організовано процес навчання з нової спеціальності, аспекти їх підготовки приречені на постійне перебування у стані кризи і, може більш глибокої, аніж криза самої освітньої системи.

Навчально – методичне забезпечення. На зміну підручникам, навчальним посібникам тощо у їх звичному друкованому варіанті все частіше приходять їх комп'ютерні аналоги, почасти замінюючи навіть унікальне лабораторне обладнання. За допомогою моделювання досить часто вдається отримати потрібний результат набагато швидше, дешевше і, що особливо важливо для навчального процесу, більш наочно. Не менш важливим елементом цієї тенденції є Інтернет, мультимедійні можливості та ін. Сюди також необхідно віднести і освітні технології – усі ті прийоми та методи, що використовуються у навчальному процесі, не забуваючи при цьому, що специфіка предмету суттєво впливає на способи його викладання.

В процесі просування концепції якості були запропоновані нові ідеї щодо «командної» форми організації навчального процесу, яка несе у собі додаткову ефективність, у порівнянні з класичними формами, які передбачають наявність достатньо великої кількості висококваліфікованих педагогів. Тоді як сьогодні величезною кількістю представлені тільки «видатні, заслужені» чиновники від освіти. Окрім того, така командна форма навчання допомагає студентам підготуватися до сучасної командної праці після набуття кваліфікації.

Аудиторії, навчальні приміщення. Тут, враховуючи наші економічні реалії, можна декларувати тільки одне – люди мають відчувати задоволення від перебування в приміщеннях, де відбувається таїнство освітнього процесу.

Контроль і оцінювання знань - це правила прийому, оцінювання, іспити, якість підготовки тощо. Виходячи з сьогоденних подій, цю сферу освіти чекають драматичні зміни. В пресі та фахових виданнях неодноразово підкреслювалась негативна роль кількісного оцінювання знань учнів і студентів, зокрема, як з точки зору людських стосунків, так і виходячи із їх здатності оцінити те, заради чого вони проводяться. Кожний з нас мав нагоду пересвідчитися, що діти з превеликою радістю і з не меншим бажанням вчитися ідуть до першого класу, але уже в третьому, якщо не у другому, розчаровуються у запропонованій їм формі навчання.

Проте, необхідно не просто відмінити існуючі форми контролю, а надважливо перенести його центр ваги саме туди, де він потрібен – на самого студента. Потрібно повсемісно і своєчасно допомагати йому оцінювати його рівень не заради рейтингу в університеті, а заради діагностування, коригування та переборювання своїх власних труднощів. І у цьому сенсі відношення «викладач – студент» є визначальними – викладач з наглядача має трансформуватися у помічника, готового у будь-який момент прийти на допомогу. «Каральна» ж педагогіка – це шлях у небуття. У зв'язку з цим усе більшої ваги набуває інститут кураторів.

Дослідницький університет. Дослідницький університет – це національний вищий навчальний заклад, який має вагомі наукові здобутки, провадить дослідницьку та інноваційну діяльність, забезпечує інтеграцію освіти та науки з виробництвом, бере участь у реалізації міжнародних проектів і програм. Такий статус надається зазначеному закладу з метою підвищення ролі університету як центру освіти і науки, підготовки висококваліфікованих наукових і науково-педагогічних кадрів, упровадження в практику наукових досягнень, технічних і технологічних розробок, реалізації разом з іншими вищими навчальними закладами та науковими установами спільних програм за пріоритетними напрямками фундаментальних і прикладних наукових досліджень для розв'язання важливих соціально-економічних завдань у різних галузях господарського комплексу.

Тобто, головна мета науково - дослідної роботи – здобуття нових знань і, відповідно, удосконалення системи освіти. Зрозуміло, що участь студентів у реальних дослідницьких проектах – чудовий засіб навчання, який, безумовно, є корисним і для успішного виконання самих проектів.

Сама педагогіка також є чудовим об'єктом для наукових досліджень. Як і будь-яка інша сфера, педагогіка не може успішно розвиватися без інтенсивних, добре спланованих наукових досліджень з широкого кола освітніх проблем. Це перш за усе відноситься до планування експерименту та опрацювання його результатів.

Показники ефективності системи. Остання із обговорюємих складових – інвестування (вкладення коштів) → випуск продукції освіти. Ця проблема «ні за демократів, ні за партократів» не була простою і до кінця вирішеною, оскільки це не «випічка пирогів», від яких користь наявна відразу. Освіта – це довгострокове інвестування за умов високих ризиків і практично без будь-яких гарантій. Тому значний відсоток витрат має брати на себе держава. Хоча добротна освіта – задоволення не з дешевих і не кожному до снаги. Але країна, яка не в змозі забезпечити своїм громадянам достойний рівень освіти, безумовно не відбудеться як Knowledge Society і залишиться за бортом цивілізації.

Кузьмінський Є.В. О.М.Швед., К. О.Щурська, О.В.Швед, В.П.Новіков Глобалізація і якість освіти // Вісник НАН України. – 2013. – №6. – С.52-60.

* * *

VI. НЕРОЗДІЛЬНІСТЬ ВИКЛАДАННЯ І ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ



Одним із загальновизнаних світових пріоритетів у становленні постіндустріального суспільства — Knowledge Society — є розвиток системи підготовки фахівців, яка базується на принципі єдності освіти і науки, що забезпечує інтеграцію здобутків фундаментальної освіти і науки, можливості гнучкого реагування на потреби у фахівцях для розвитку актуальних наукових напрямів і наукоємних технологій. Для побудови інноваційної економіки необхідне досягнення неформальної взаємодії і співпраці між освітою, наукою та виробництвом, інтеграція їх у єдину систему, яка органічно поєднає в умовах ринкового господарства функціонування кожної з цих сфер діяльності людини.

Однією з головних причин започаткування в НТУУ «КПІ» кафедри такого профілю є тотальний розвиток суспільства шляхом техногенезу та посилення його впливу на біосферу, що призвело до виникнення конфлікту між людиною з одного боку та середовищем її існування — з другого. Ліквідація всіх цих негараздів неможлива без застосування новітніх екологічних біотехнологій для діагностики забруднень довкілля, очищення стічних вод, знешкодження небезпечних газових викидів, використання перспективних засобів утилізації твердих і рідких промислових відходів, підвищення ефективності методів біологічного відновлення забруднених ґрунтів, заміни низки агрохімікатів на біотехнологічні препарати тощо. Важливим напрямом також має стати розроблення екобіотехнологій, спрямованих на виробництво біогазу та водню з органічних відходів.

Як уже вище зазначалось, розвинені країни світу сьогодні будують постіндустріальне інформаційне суспільство - «Суспільства знань», в якому інформація та знання разом з духовністю стають безпосередньою продуктивною силою. Тому в рамках сучасних цивілізаційних викликів Україна також має сповідувати модель сталого розвитку, суспільства стійкого і екологічно безпечного, що ґрунтується на гармонійному поєднанні економічної, екологічної та соціальної сфер. У такому суспільстві наука й освіта набувають пріоритетного значення і без їх належного рівня перехід України на інноваційну модель розвитку неможливий. Світовою практикою доведено, що лише єдність освіти з наукою є запорукою високої якості освіти, і це є визначальною вимогою Болонської декларації щодо інтеграції європейської вищої освіти.

Успішна реалізація цього магістрального цивілізаційного вибору *неможлива без застосування новітніх екологічних біотехнологій* для діагностики забруднень довкілля, очищення стічних вод, виробництва біогазу та водню з органічних відходів, знешкодження небезпечних газових викидів, використання перспективних засобів утилізації твердих і рідких промислових відходів тощо. Традиційна промислова біотехнологія, як складова технологій індустріального суспільства, дає відповідь на запитання «Як діяти?» і за головну мету має підвищення доданої вартості – тобто отримання прибутку понад усе. Екологічна біотехнологія як невід’ємна складова суспільства майбутнього (Knowledge Society), дає відповідь на питання «Як співіснувати?» і за мету ставить підвищення якості та безпеки життя членів суспільства, чим і відрізняється від традиційної біотехнології. Саме на цих особливостях акцентував увагу у своїй статті в газеті «Дзеркало тижня» ректор нашого університету академік НАН України Згуровський М.З., який зазначив, що «Наше суспільство має великий дефіцит знань типу «Як співіснувати?»...

Наочним підтвердженням високої пріоритетності саме екологічної біотехнології і біоенергетики є результати широкого опитування, отримані експертною групою найвищого рівня під керівництвом директорів інститутів НАН України академіків НАН України С.В. Комишаненка, Г.В. Єльської та В.С. Підгорського з тематичного напрямку «Біотехнологія» в рамках Державної програми прогнозування на у ково-технічного та інноваційного розвитку України [3]. Про значущість освітянського і наукового екологічного напрямку, задекларованого кафедрою, свідчить також наявність окремого розділу в Концепції національного виховання студентської молоді (додаток до рішення колегії МОН України від 25.06.2009 р., протокол №7/2-4): «поз. 5. Екологічне виховання: формування основ глобального екологічного

мислення та екологічної культури; оволодіння знаннями та практичними вміннями раціонального природокористування; виховання почуття відповідальності за природу як національне багатство; виховання готовності до активної екологічної та природоохоронної діяльності».

Детально екологічна біотехнологія і біоенергетика, як окремий самостійний напрям біотехнології, охарактеризовані в попередніх розділах концепції КЕБ тому ми акцентуємо увагу лише на нагальності єдності викладання і дослідницької роботи в процесі становлення і розвитку як спеціальності «Екологічна біотехнологія та біоенергетика», так і однойменної кафедри НТУУ «КПІ».

6.1. Інтеграційні процеси в освіті й науці

Питанням інтеграції наукового знання й освіти, визначенню типів, форм і рівнів цього процесу, значенню інтегровальних факторів у розвитку суспільства, навчанні присвячені праці низки вітчизняних і зарубіжних учених (Б. Ахлібінський, В. Вернадський, Б. Кедров, В. Левін, Є. Маркарян, Д. Менделєєв, С. Мелюхін, Г. Спенсер, А. Урсул, М. Чепіков та ін.). Про роль наукової роботи у професійній підготовці майбутніх фахівців ідеться і в дослідженнях багатьох українських учених (В. Андрущенко, В. Борисов, П. Горкуненко, Г. Кловак, Є. Кулик, М. Князян, В. Кремень, О. Мартиненко, О. Микитюк, О. Мурашко, С. Шейко та ін.) та російських науковців (Ф. Галіулліна, О. Глушенко, Т. Калашникова, А. Козлов, Л. Левченко, Г. Лобова, О. Набієва, О. Нечаєва, Т. Торгашина та ін. Аналіз інтеграційних процесів в освіті й науці також подано в низці дисертацій (П. Васильєв, О. Глушенко, А. Козлов, О. Микитюк, О. Нечаєва, З. Сазонова, Т. Торгашина, В. Чернолес та ін.). Значущість такої інтеграції задекларована і Європейською асоціацією університетів (ЄАУ). Так, у 2007 р. для реалізації Лісабонської декларації «Університети Європи після 2010 року: різноманіття при єдності цілей» ЄАУ підготувала спеціальну програму, у якій розроблено стратегії організації й проведення наукових досліджень в університетах у контексті зв'язку вищої освіти й науково-дослідної діяльності. Освітній аспект властивий науці з часу її виникнення, адже ще на зорі становлення університетів на стінах Болонського університету було написано: **«Освіта без науки неможлива»**. На жаль, в Україні на державному рівні тільки починають реалізовуватися заходи щодо інтеграції науки й освіти в процесі підготовки фахівців у рамках відповідної державної цільової програми на 2008–2012 рр. «Наука в університетах». Аналізуючи зміст державних заходів щодо інтеграції науки й освіти, доходимо висновку, що вони лише розкривають механізми об'єднання через удосконалення нормативно-правової бази, забезпечення функціонування університетів дослідницького типу тощо. Водночас відкритим залишається питання, як якісно перебудувати процес навчання у вищій школі, щоб підготовка майбутніх фахівців спиралася на наукові дослідження, які викладачі проводять спільно зі студентами.

6.2. Досвід кафедри екобіотехнології та біоенергетики в інтеграції науково-дослідної й навчальної роботи

У цьому розділі концепції ми наведемо досвід кафедри щодо спроб поєднання в університеті двох видів діяльності — науково-дослідної й навчальної на прикладі кафедри екобіотехнології та біоенергетики (КЕБ).

Про кафедру екобіотехнології та біоенергетики. З метою забезпечення таких пріоритетних напрямів науки і техніки як екологічна біотехнологія і біоенергетика висококваліфікованими фахівцями у 2004 році, за ініціати́ви ректора НТУУ «КПІ» академіка М.З. Згуровського, була започаткована кафедра екобіотехнології та біоенергетики (КЕБ). Згідно з розробленою «Концепцією становлення та розвитку кафедри екобіотехнології та біоенергетики» та «Концепцією спеціальності «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» основними напрямками освітньої та науково-дослідної діяльності кафедри є *біоенергетика; природоохоронні біотехнології* — біотехнології очищення стоків різного походження,

добування та збагачення мінеральної сировини, переробка промислових та побутових відходів та ін.; *моніторинг довкілля та біосенсорика, екологічна експертиза та контроль якості продукції*.

Відразу ж після надання ДАК ліцензії на провадження НТУУ «КПІ» освітньої діяльності зі спеціальності «Екобіотехнологія» було набрано першу групу студентів-екобіотехнологів. У 2008 році була ліцензована спеціальність за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр». В основу концепції освітньої діяльності НТУУ «КПІ» з підготовки магістрів з екобіотехнології та біоенергетики покладена тісна інтеграція викладання і дослідницької роботи, включаючи використання результатів досліджень у практиці навчання студентів, що і є стержнем дослідницького університету і його кафедри. У висновку експертних комісій МОН України з акредитаційної експертизи підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» та «магістр» з напрямку підготовки «Біотехнологія» у НТУУ «КПІ» комісії відзначили, що діяльність КЕБ відповідає встановленим вимогам щодо програм названого рівня підготовки і забезпечує державну гарантію якості освіти.

Кожна професія (спеціальність) передбачає певні знання, уміння та навички, а отже — і комплекс дисциплін для навчальної програми, які можуть бути рекомендовані спеціалістами з класичної освіти (гуманітарні університети) і доповнені чи модернізовані спеціалістами з певного фаху (технічні університети) та з навичками інноваційних технологій (науково-дослідні інститути). Розробникам навчальної програми потрібно працювати над тим, щоб відкрити для студента майбутні професійні горизонти, а тоді впровадити формат освіти, який надає молодій людині можливість самостійно обрати певні цікаві та важливі для неї дисципліни, що забезпечило б її успішну професійну біографію. У такому форматі викладачі мають бути насамперед провідниками або прикладами, а не просто носіями знань. Тобто в системі освіти та дослідницькій галузі необхідно створити нові міждисциплінарні сфери й підготувати нових професійних науково-технічних виконавців із глобальною компетентністю, які були б здатні працювати ефективно і самостійно, обов'язково врахувавши не тільки технологічні, але й екологічні, громадські та ментальні особливості.

У зв'язку з викладеним постійну увагу було приділено **становленню кадрового потенціалу КЕБ**. За своїм змістом співвідношення біотехнологічного і хіміко-технологічного складників дисциплін навчального плану спеціальності «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» та дисциплін інших спеціальностей, які викладають на кафедрі, умовно можна визначити як 70% біотехнологічного спрямування і 30% хіміко-технологічного. Проте за кадровим складом на 01.01.2005 р. це співвідношення (від загальної кількості викладачів) становило: 15% — з біологічною освітою, 85 — з хіміко-технологічною і хімічною, з біотехнологічною — не було взагалі. Тому постало одне з нагальних завдань — відповідне коригування кадрового складу, у результаті якого нині це співвідношення становить: 34% — із біотехнологічною освітою, 28 — з хіміко-технологічною, 24 — з біологічною та 14 — з хімічною.

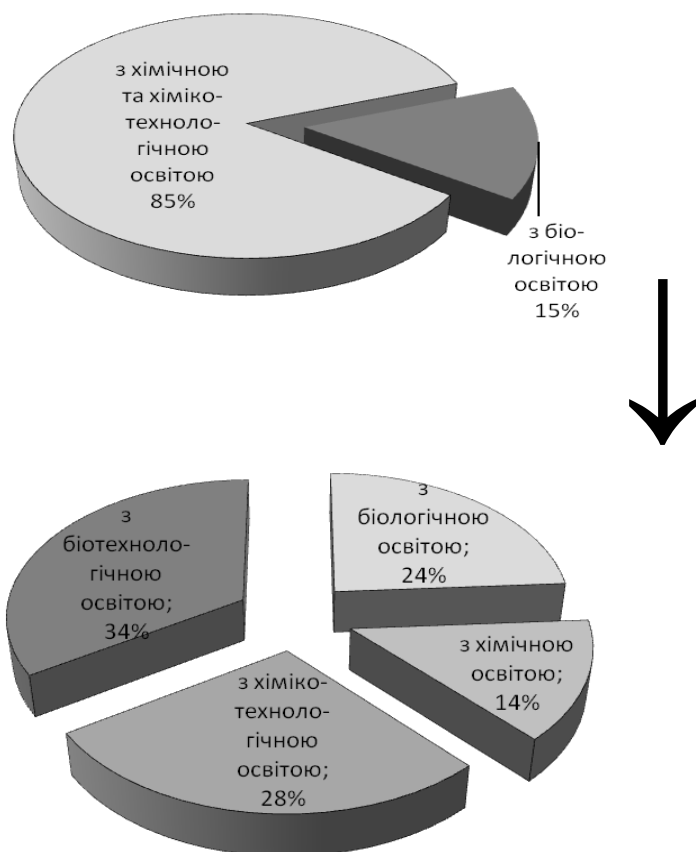


Рис. 6.1. Зміна кадрового складу КЕБ у 2005÷2013 роках

Після першого випуску кафедрою у 2010 році спеціалістів-екобіотехнологів нарощування біотехнологічної кадрової складової відбувалося завдяки найкращим випускникам КЕБ: уже з першого випуску в 2010 р. на кафедрі працює двоє випускників магістратури і спеціаліста, у 2011 і 2012 рр. — по 1 магістру. Трьом викладачам кафедри присвоєно звання доцента. На сьогодні середній вік професорсько-викладацького складу КЕБ — 44 роки, навчально-допоміжного персоналу — 40 років. Для порівняння: середній вік докторів наук в Україні становить 62 роки, кандидатів — 52; середній вік співробітника НТУУ «КПІ» — 51,1 року. Про позитивну динаміку формування кадрового складу КЕБ свідчить також такий комплексний показник, як рейтинг навчально-педагогічного персоналу кафедри (рис. 6.3), який щорічно визначають у НТУУ «КПІ» необхідний мінімум — 1000 одиниць).

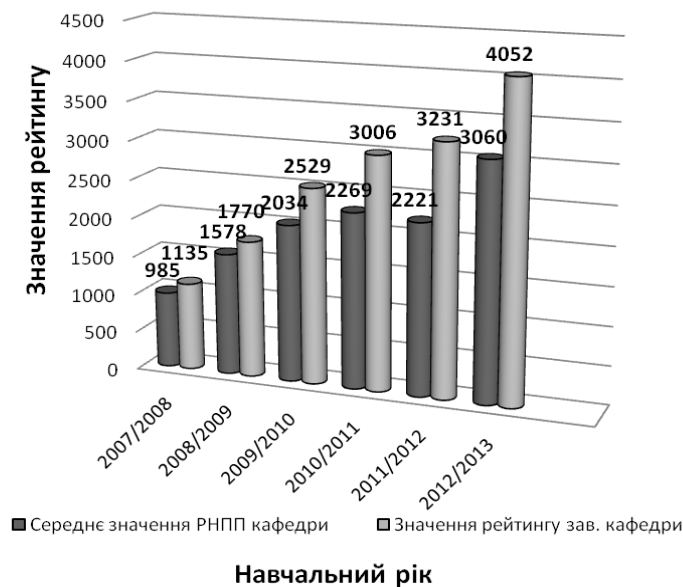


Рис. 6.3. Рейтинг навчально-педагогічного персоналу (РНПП) КЕБ та її завідувача

З огляду на світовий досвід і досвід країн СНД у галузі біотехнології на кафедрі було проведено організаційну роботу щодо надання пріоритетному напрямку «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» статусу окремої спеціальності у трансформованому переліку спеціальностей за галузями знань. Біотехнології поділяють на промислові (індустрія, АПК, медицина тощо) та спрямовані на збереження довкілля, зокрема біоенергетика. За участі керівництва філій КЕБ при інститутах НАН України були підготовлені та погоджені з рядом профільних кафедр (факультетів) країни (Національний аграрний університет, Національний авіаційний університет та ін.) пропозиції щодо доцільності надання статусу окремої спеціальності пріоритетному напрямку з екобіотехнології та біоенергетики, які були розглянуті та враховані МОН України.

Згідно з розробленою кафедрою Концепцією спеціальності «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» підготовлено і представлено Державній акредитаційній комісії (ДАК) відповідний ліцензійний пакет документів. За поданням експертної ради ДАК у 2005 р. надано ліцензію на провадження НТУУ «КПІ» освітньої діяльності з цієї спеціальності. У тому ж році було набрано першу групу студентів-екобіотехнологів.

Для акредитації підготовки спеціалістів і магістрів з екобіотехнології та біоенергетики у 2010 р. на кафедрі працювали комісії МОН України, які у своїх висновках відзначили, що діяльність кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «КПІ» відповідає вимогам Закону України «Про вищу освіту», Положенню про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах і Статуту університету; зміст підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» та «магістр» з програми професійного спрямування «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» напрямку підготовки «Біотехнологія» відповідає встановленим вимогам щодо програм названого рівня підготовки і забезпечує державну гарантію якості освіти; навчальний процес має достатнє навчально-методичне, кадрове, матеріально-технічне та інформаційне

забезпечення для підготовки фахівців за цією спеціальністю. Всі ці складники функціонування кафедри дають змогу забезпечити подальший активний розвиток спеціальності відповідно до потреб національної економіки, рівня світових досягнень і сучасних вимог до фахівців.

Як впливає з аналізу наших напрацювань, реалізація «трикутника успіху» (наука — освіта — інновація) — складний процес, спрямований на організацію та здійснення навчальної діяльності через дослідницьку, уміння застосовувати знання з різних галузей у розв'язанні конкретного науково-дослідного завдання, коли навчальний процес ґрунтується на проведенні наукових досліджень викладачів, докторантів та аспірантів, студентської молоді. Це вимагає формування в студентів здатності самостійно виконувати творчі дослідження, бажання

активно виражати себе в науці. Отже, інтеграцію науково-дослідної й навчальної роботи ми розглядаємо як найважливіший чинник, рушійну силу, необхідну умову вдосконалення професійної підготовки майбутніх інженерів-біотехнологів.

Залучення провідних учених до співробітництва з кафедрою. Аналіз наукової літератури й дисертацій із проблематики статті дає підстави для висновку, що достатньо розвинене і стійке інтегрування науки й освіти відбувається в такій формі, як залучення провідних учених і фахівців наукових організацій до роботи за сумісництвом на кафедрах ВНЗ. У процесі становлення КЕБ до науково-освітньої діяльності було залучено провідних учених (докторів і кандидатів наук) НАН України: Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії (ІБОНХ), Інституту колоїдної хімії та хімії води (ІКХХВ) ім. А.В. Думанського, Інституту біоколоїдної хімії (ІБКХ) ім. Ф.Д. Овчаренка; установ іншого підпорядкування: ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Українського інституту експертизи сортів рослин Державної служби з охорони прав на сорти рослин Міністерства аграрної політики України та ін. Вони забезпечували взаємодію академічної науки за задекларованими пріоритетними напрямками КЕБ із навчальним процесом на кафедрі, консультували студентів під час виконання курсових і дипломних робіт, брали участь у спільних дослідженнях та роботі державної екзаменаційної комісії.

Так, наприклад, для забезпечення якісного наповнення дисциплін навчального плану спеціальності «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» і кращого розуміння її змісту за безпосередньої участі керівника філії кафедри, директора ІБОНХ НАН України академіка НАН України В.П. Кухаря було опубліковано низку статей у профільних виданнях («Вісник НАН України», «Вища освіта України») та газеті «Дзеркало тижня». Академік В.П. Кухар прочитав для співробітників та студентів КЕБ і факультету біотехнології та біотехніки цикл лекцій із проблематики спеціальності на такі теми: «Проблеми утилізації відходів діяльності людини та сталий розвиток», «Назад до природи: використання біосировини в хімічних технологіях», «Біомаса — сировина для біоенергетики та органічного синтезу» та ін.



Акад. В.П. Кухар знайомить студентів та викладачів ФБТ з проблемами утилізації відходів діяльності людини

У межах філії з ІБОНХ НАН України кафедра виступила співорганізатором і, залучивши студентів-екобіотехнологів, узяла участь у роботі Другого міжнародного симпозіуму «Регулятори росту рослин: внутрішньоклітинна гормональна сигналізація та використання в аграрній промисловості» (8–12 жовтня 2007 р., Київ).

Головний науковий співробітник ІКХХВ ім. А.В. Думанського НАН України доктор біологічних наук, професор П.І. Гвоздяк, як професор-сумісник КЕБ, підготував навчально-методичне та наукове забезпечення дисциплін напряму «Біотехнології очищення води та збагачення мінеральної сировини», у співавторстві зі співробітниками кафедри опублікував ряд статей, отримав патенти на винаходи та корисні моделі. Для подальшого вдосконалення методик викладання спеціальних дисциплін він прочитав відкриті лекції для студентів кафедри і факультету: «Особливості відновлення якості води», «Екобіотехнології очищення стічних вод» та ін.; провів ознайомчі екскурсії та практичні заняття на Бортницькій станції

аерації ВАТ АК «Київводоканал»; разом із завідувачем кафедри був учасником прямого ефіру (дві години «живого» спілкування) на радіо 96 FM «Ера» на тему «Екологічна біотехнологія — наукові та освітянські аспекти, перспективи становлення в Україні».

Заступник директора з наукової роботи ІБКХ ім. Ф.Д. Овчаренка доктор технічних наук В.А. Прокопенко неодноразово виконував обов'язки голови державної екзаменаційної комісії під час захисту дипломних проектів і робіт, магістерських дисертацій освітньокваліфікаційного рівня «бакалавр», «спеціаліст» і «магістр» з екологічної біотехнології та біоенергетики.

Інтегровані науково-освітні структури. Іншою дієвою формою координування розвитку науки й освіти є створення інтегрованих науково-освітніх структур, наприклад базових кафедр і філій кафедр у науково-дослідних інститутах, дослідно-конструкторських і виробничих організаціях та ін. Для забезпечення бази виробничих практик, проведення лабораторних занять і напрацювання матеріалів для дипломних проектів і робіт, якісної підготовки фахівців з вищою освітою та спеціалістів вищої кваліфікації в галузі екобіотехнології і біоенергетики, а також для подальшого розвитку інтеграційних зв'язків між Університетом та НАН України створено філії КЕБ при ІБОНХ (2004 р.) та ІБКХ ім. Ф.Д. Овчаренка (2005 р.), а також при Українському інституті експертизи сортів рослин Державної служби з охорони прав на сорти рослин Міністерства аграрної політики України (2008 р.).

Особливе місце в навчанні за технічними спеціальностями в будь-якій країні світу займає практика. Наприклад, у німецьких технічних університетах передбачено більшу кількість годин для її проходження, ніж в українських. Крім того, порядок розподілення практики протягом навчання в Німеччині інший, ніж в Україні. Так, у більшості технічних університетів цієї країни обов'язковим є проходження практики на підприємстві ще перед вступом до університету, що дає змогу абітурієнтові не лише ознайомитися з виробництвом, але й є елементом фахової орієнтації і можливістю визначити його професійну придатність. З цією метою кафедра уклала договори про співпрацю з Інститутом експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України, Інститутом клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Інститутом колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, санепідемстанціями ряду районів Києва, ВАТ АК «Київводоканал», ВАТ «Пиво-безалкогольний комбінат «Славутич», ВАТ «Завод дитячого харчування «Салюс», ВАТ «Україна», ДП «Еней», ЗАТ «Пирятинський сирзавод», ТОВ «Екомед» та ін. Для ознайомлення студентів із тематикою досліджень наукових інститутів, сучасним обладнанням та приладами організовують оглядові лекції; проводять лабораторні та практичні заняття. Для магістрів кафедри створюють умови, що забезпечують їхню успішну роботу над дисертаціями.

Згідно з розробленою Концепцією становлення та розвитку кафедри екобіотехнології та біоенергетики і Концепцією спеціальності «Екологічна біотехнологія та біоенергетика», яка погоджена з головним управлінням освіти і науки Київської міської держадміністрації, основними напрямками освітньої та науково-дослідної діяльності кафедри є біоенергетика — біотехнології виробництва та перетворення енергії в біологічних системах, а саме: біопалива, біопаливні елементи та ін.; природоохоронні біотехнології — біотехнології очищення стоків різного походження, добування та збагачення мінеральної сировини, перероблення ромислових і побутових відходів та ін.; моніторинг навколишнього середовища та біосенсорика, екологічна експертиза і контроль якості продукції. Така концепція ґрунтується на тісній інтеграції викладання і дослідницької роботи, у тому числі на використанні результатів досліджень у практиці навчання студентів, що і є стрижнем діяльності дослідницького університету та його кафедри.

Перший випуск на кафедрі за ОКР «бакалавр» (10 осіб) здійснено в 2008 р.: 3 бакалаври отримали дипломи з відзнакою, 4 — продовжили навчання за ОКР «магістр», 6 — за ОКР «спеціаліст». **Перший випуск за ОКР «спеціаліст» і «магістр» здійснено в 2010 р.:** 3 магістри отримали дипломи з відзнакою, 2 магістри та 1 спеціаліст вступили до аспірантури НТУУ «КПІ» і працюють за сумісництвом на посадах асистентів КЕБ, один магістр навчається в аспірантурі Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, другий — в аспірантурі

Центру екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України; інші спеціалісти працюють у відділі біотехнології та молекулярної біології компанії «ALT Україна» (Київ) та в технічному центрі компанії ТОВ «МТІ» (Київ).



Усі студенти кафедри, що навчаються за ОКР «магістр», на час вступу до магістратури мали публікації та виступили з доповідями на науково-практичних конференціях різного рівня, брали участь у Всеукраїнських олімпіадах із біотехнології, здобувши призові місця (у 2010 р. — II командне місце по Україні; у 2011 р. — III командне місце по Україні; у 2012 р. — II місце по Україні в індивідуальному заліку).

Динаміка зміни чисельності студентів-екобіотехнологів, що навчалися за державним замовленням, наведена на рис.6.4.

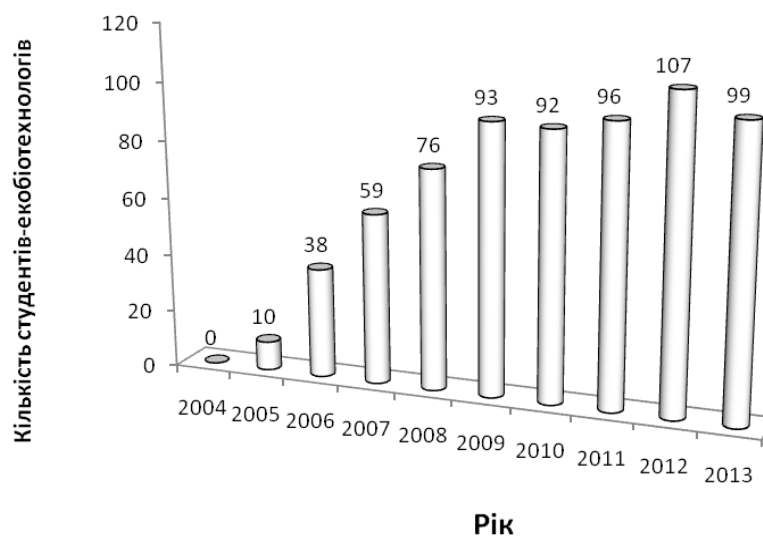


Рис. 6.4. Динаміка зміни чисельності студентів-екобіотехнологів

Навчально-методична та організаційно-виховна робота КЕБ. Така діяльність здійснюється у відповідності до нормативних документів та рекомендацій щодо навчальної діяльності кафедр університету; наукова робота планується у відповідності до напрямів

діяльності КЕБ (роботи магістрів, аспірантів, докторантів) – *біотехнології природоохоронного спрямування, біоенергетика, біомоніторинг*.

В основі інноваційної інженерної освіти лежить цілеспрямоване формування професійних знань, творчого потенціалу, практико-орієнтованої спрямованості і методологічної культури, а також комплексна підготовка фахівців у галузі техніки і технології до інноваційної інженерної діяльності за рахунок відповідного змісту, методів навчання і наукоємних освітніх технологій з використанням світових інформаційних ресурсів і баз знань, з орієнтацією на кращі зарубіжні аналоги освітніх програм, що дозволяє забезпечити конкурентоздатність як на внутрішньому, так і на світовому ринку. Творчий характер підготовки підсилюється використанням характерної для інтегративного підходу спрямованості освітнього процесу, його змісту, форм організації, методів навчання на формування творчого потенціалу студентів. На організаційному рівні під цим розуміється перехід до орієнтації професійної підготовки на засвоєння методології інноваційної інженерної діяльності. Як загально-інженерні, так і спеціальні дисципліни можуть сприяти систематичному застосуванню творчого потенціалу студентів при вирішенні інженерних задач, які поетапно ускладнюються, в умовах, максимально наближених до професійної діяльності сучасних фахівців. Особливий інтерес являє у цьому контексті використання міждисциплінарного підходу до вивчення природничо-наукових і технічних дисциплін, які складають підґрунтя екологічної біотехнології та біоенергетики.

Варто зазначити, що необхідність зміни освітніх програм і навчальних планів шляхом застосування проблемно-орієнтованих методів і проектно-організованих технологій навчання, роботі у команді активно підкреслюється як зарубіжними, так і українськими науковцями. Таке навчання дозволяє відтворювати реальні умови інженерної діяльності. У такий спосіб студенти отримують необхідні навички для роботи у колективі, вмючи не лише знаходити правильний підхід до вирішення комплексних проблем, але й організовувати ділові міжособистісні контакти, використовуючи відповідні закони управління і соціальної поведінки. У розвиток цієї тези, для подальшого вдосконалення методик викладання дисциплін кафедри набуло розвитку застосування нових, нетрадиційних форм занять – таких як колоквиуми, дискусії, екскурсії, тренінги (робота у малих групах); проводяться відкриті лекції, семінари та практичні заняття для студентів; на кафедрі працює постійно діючий науково-методичний семінар, в рамках якого за участі провідних вчених НАН України, інших організацій та підприємств, а також студентів обговорюються нагальні для кафедри питання. Наприклад, у 2011 році на базі Національного університету «Львівська політехніка» було проведено спільний семінар кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету «Львівська політехніка» та кафедри екобіотехнології та біоенергетики, на якому кафедри обмінялись інформацією про навчально-методичну та науково-інноваційну діяльність; підписано договір про співпрацю на рівні проректорів з наукової роботи.

Виходячи з того, що майже усі дисципліни (більше 20 дисциплін) викладаються вперше в Україні за відсутності готових підручників, усі викладачі кафедри мають електронні версії лекцій і відпрацьовують подачу матеріалу та проведення лабораторних практикумів для створення якісних підручників та методичних посібників, які розміщують у системі «Електронний кампус». На сьогодні – до десятиріччя заснування кафедри - для забезпечення дисциплін навчального плану спеціальності «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» викладачами КЕБ підготовлено і **видано 5 підручників (3 з грифом МОН України), 11 навчальних посібників, з яких 2 з грифом МОН України, 23 методичних вказівок та лабораторних практикумів**. Для забезпечення якісної доуніверситетської підготовки за тематикою спеціальності викладачами кафедри також напрацьовано 9 методичних посібників для абітурієнтів. Підготовлені викладачами кафедри навчально-методичні матеріали використовуються для підготовки студентів і в інших ВНЗ.

Кафедра має три лабораторії, в яких проводяться лабораторні роботи зі студентами та виконуються дипломні та науково-дослідні роботи магістрів, докторантів та аспірантів. Лабораторні та дипломні роботи виконуються як на базі лабораторій КЕБ, так і на базі філій

кафедри та за договорами про співпрацю в інститутах НАН України та інших установах. На кафедрі створено ряд установок для проведення лабораторних та науково-дослідних робіт з біотехнології очищення води, одержання електрики та водню, одна з них – «біоконвеєр» є постійним експонатом виставки Наукового парку НТУУ «КПІ». Стабільно зростає балансова вартість обладнання, приладів тощо та кошти, що направляються КЕБ на утримання та розвиток (Рис. 6.5.).



Рис. 6.5. Кошти, направлені КЕБ на утримання і розвиток та балансова вартість обладнання, приладів тощо, тис.грн.

Методологічна підготовка і орієнтація на розвиток самостійності у формуванні знань є необхідними умовами ефективної підготовки сучасних технічних фахівців, оскільки саме вони дають змогу студентам легше засвоювати нові напрями науки і техніки і у подальшому використовувати їх у професійній діяльності. Цей напрям підготовки виявляється надзвичайно актуальним на теперішньому етапі розвитку науки і техніки, адже сучасний технічний фахівець повинен мати креативне стратегічне мислення, яке базується на чітких методологічних позиціях і орієнтоване на нестандартне вирішення задач винахідницького характеру, та володіти методологією індивідуальної і колективної наукової праці.

На кафедрі практикується розробка та поступове впровадження механізму розподілу навчального навантаження залежно від змісту та ефективності наукової роботи викладачів. Бажаним було б передбачення в «Нормах часу планування й обліку навчальної роботи педагогічних і науково-педагогічних працівників» спеціальних годин для керівництва науковою роботою студентів. За викладачами КЕБ, з урахуванням їх фаху, щорічно розподіляються та затверджуються на засіданні кафедри блоки дисциплін навчального плану за єдності напрямів навчання та наукових досліджень (див. таблицю); ведеться підготовка відповідних навчально-методичних матеріалів (підручників, курсів лекцій, методичних вказівок, лабораторних практикумів тощо).

Таблиця 6.1. Розподіл за викладачами КЕБ блоків дисциплін навчального плану спеціальності «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» за напрямами навчання та наукових досліджень

№	Прізвище, ініціали	Посада, в/ступін ь, вчене звання	Обсяг навчальної роботи,	Забезпечення дисциплін навчального плану	Науково-навчальний напрям
---	--------------------	----------------------------------	--------------------------	--	---------------------------

			години		
1.	Кузьмінський Є.В.	Зав.кафедри, д.х.н., проф.	650	<u>Лекції:</u> Біофізика, Біологічні та хімічні сенсорні системи, Біоелектрохімічні основи біоенергетики, Хімія біогенних елементів	Перетворення видів енергії, біоенергетика, біофізика, керівник 2 НДР, докторант, 5 аспірантів, 6 магістрантів
2.	Саблій Л.А.	Професор, д.т.н., проф.	620	<u>Лекції:</u> Екологія, Гідроекологія, Біотехнології очищення води	Екобіотехнологія: переробка відходів, очищення стоків та водопідготовка, відпов. викон-ць НДР, 2 аспіранта, здобувач
3.	Голуб Н.Б.	Доцент, к.х.н., доц.	900	<u>Лекції:</u> Біохімія, Відновлювана біоенергетика, Переробка біомаси та відходів, Хімія біогенних елементів	Біопаливо: тверде, рідке, біогаз, відпов. виконавець НДР, Заспіранта, 6 магістрантів
4.	Гринюк І.І.	Доцент., к.б.н.	Сумісник, 0,25 ставки, 290	<u>Лекції:</u> Екобіотехнологія, Біохімія ксенобіотиків, Біохімічні процеси в промислових біотехнологіях	Біохімія
5.	Ситнік О.І.	Доцент, к.б.н.	710	<u>Лекції:</u> Проблемні питання генної інженерія, Біотехнологія рослин, Біологічні та фізичні методи аналізу в біотехнології	Біоінженерія
6.	Жукова В.С.	Ст.викл., к.т.н.	750	<u>Лекції:</u> Переробка промислових і побутових відходів, чинники успішного працевлаштування за фахом	Очищення стоків та водопідготовка, виконавець НДР
7.	Щурська К.О.	Ст.викл.	730	<u>Лекції:</u> Біоенергетика, біоелектрохімічні основи біоенергетики; <u>Лабораторні роботи та практичні заняття</u> з ряду дисциплін біофізичного та біоенергетичного спрямування	Біоелектрогенез, біопаливні елементи, біоводень, відпов. виконавець НДР
8.	Зубченко Л.С.	Асистент	Аспірант 0,25 ставки 250	<u>Лабораторні роботи та практичні заняття</u> з ряду дисциплін навчального плану	Фотобіопаливні елементи, біоводень, виконавець НДР

Свою кваліфікацію викладачі кафедри постійно підвищують в Навчально-методичному комплексі «Інститут післядипломної освіти «НТУУ «КПІ» за відповідними спеціальностями згідно графіку. За цей період трьом викладачам кафедри присвоєно звання доцента по кафедрі екобіотехнології та біоенергетики.

Кафедрою забезпечено позитивну динаміку росту обсягу навчальної роботи в міру освоєння навчального плану програми професійного спрямування «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» (рис. 6.6):

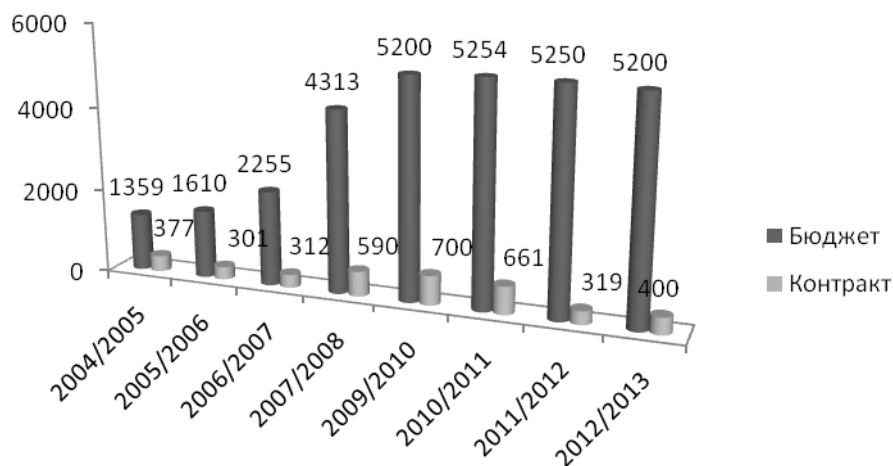


Рис. 6.6. Динаміка росту навантаження викладачів КЕБ (години)

Для подальшого вдосконалення методик викладання дисциплін проводяться відкриті лекції, семінари та практичні заняття для студентів; на кафедрі працює науково-методичний семінар, в рамках якого за участі ведучих спеціалістів НАН України та інших організацій та підприємств, а також студентів обговорюються нагальні для кафедри питання. Наприклад, у 2011 році на базі Національного університету «Львівська політехніка» було проведено спільний семінар кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології та КЕБ, на якому кафедри обмінялись інформацією про навчально-методичну та науково-інноваційну діяльність; підписано договір про співпрацю на рівні проректорів з наукової роботи.

Філії кафедри. Для забезпечення баз виробничих практик, проведення лабораторних занять та напрацювання матеріалів для дипломних проектів і робіт, якісної підготовки фахівців з вищою освітою та спеціалістів вищої кваліфікації в галузі екобіотехнології і біоенергетики, а також для подальшого розвитку інтеграційних зв'язків між університетом та НАН України створено філії КЕБ при Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії і при Інституті біоколоїдної хімії ім. Ф.Д.Овчаренка НАНУ, а також при Українському інституті експертизи сортів рослин Державної служби з охорони прав на сорти рослин Міністерства аграрної політики України. Укладено договори про співпрацю з низкою інститутів НАН України та профільних підприємств і установ, на базі яких проводяться оглядові лекції з метою ознайомлення студентів з тематикою інститутів, сучасним обладнанням та приладами; проводяться лабораторні роботи та практичні заняття; магістри кафедри виконують дисертації.

Динаміку забезпечення випуску спеціалістів з екобіотехнології та біоенергетики презентують дані, наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. Навчально-методична і навчально-організаційна робота КЕБ за роками

Навчально-методична і навчально-організаційна робота	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ліцензування(лц.), акредитація(акр.)	-	Ліц. -ія	Акр. -я	Акр. -я	-	-	-	-
Конкурс абітурієнтів (за заявами держзамовлення)	1,6	1,9	3,3	5,7	9,0	10,2	12,5	
Кількість студентів – екобіотехнологів	59	76	93	92	96	107	99	
Відсоток контрактних студентів, %	10	8	7	7	8	7	6	
Кількість штатних(сумісників) викладачів, осіб	6/3	6/5	6/4	6/3	6/3	8/3	9/2	7/1
Докторів наук, %	45	40	33	29	29	30	30	30
Кандидатів наук, %	45	40	50	45	50	40	40	60
Кількість дисциплін, що викладаються Кафедрою	20	20	26	32	30	29	27	26
Педагогічне навантаження: держзамовлення + контракт (годин на рік)	4313 + 590	4590 + 682	5200 + 700	5254 + 661	5250 + 319	5250 + 319	5200 + 400	
професорів, докторів наук	800	800	810	840	725	720	650	635
доцентів, кандидатів наук	700	800	910	1000	850	750	790	790
Присвоєно звань професора(п), доцента(д) Кафедри	1д	1д	-	-	-	1д	-	
Кількість виданих підручників / сторінок	1/ 424 МО НУ	2/ 1128 1М ОН У	1/ 304 МО НУ	-	-	-	1/ 360	-
Кількість виданих навчально – методичних посібників + вказівок / сторінок	1/ 268 МО НУ	1+3/ 256 1М ОН	2+3/ 328	0+1/ 48	1+0/ 192	2+2/ 308	3+8/ 1683 1М ОН	
Кількість виданих рекламних статей / виступів на радіо та інше	6/-	2/2	1/-	1/-	2/-	1/-	2/-	

Науково-інноваційна робота. При постановці науково-інноваційної роботи на КЕБ виходили як з основних напрямів освітньої та науково-дослідної діяльності кафедри, так і головного завдання дослідницького університету – здобуття нових знань і, відповідно, удосконалення системи освіти. Зрозуміло, що і участь студентів у реальних дослідницьких проектах – чудовий засіб навчання, який, безумовно, є корисним і для успішного виконання самих проектів.

Світовий досвід свідчить, що точкою органічного поєднання наукової і навчальної діяльності в університеті є третій, найвищий освітній цикл підготовки кадрів вищої наукової кваліфікації. Саме на цьому рівні підготовки наукова лабораторія стає навчальною аудиторією (і навпаки), а «слухач» – суб'єктом наукової дії. За сучасною європейською практикою

аспірант (вірніше докторант) – слухач спеціальних докторських програм і водночас той, хто навчається у ході власних досліджень, які він обов’язково презентує академічній спільноті у вигляді результатів, що стають новим навчальним матеріалом. В одній особі він і споживач знань, і продуцент нових ідей, і їх розповсюджувач. Саме досягнута на цьому етапі єдність науки та освіти забезпечує якість усіх інших рівнів вищої школи.

В розвиток цих напрацювань для КЕБ обов’язковим є вибір таких комплексних кафедральних тем наукових досліджень, при виконанні яких забезпечується досягнення такої інтеграції науки й освіти, при якій навчальний процес спирається на наукові дослідження, що проводять викладачі спільно з аспірантами й студентами. Орієнтиром для виконання фундаментальних досліджень і науково-дослідних розробок виступає нормативний документ НАН України «Основні наукові напрями й найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук на 2009-2013 рр.».

Динаміка і статистика забезпечення дослідницької складової підготовки спеціалістів з екобіотехнології та біоенергетики подана в табл. 6.3.

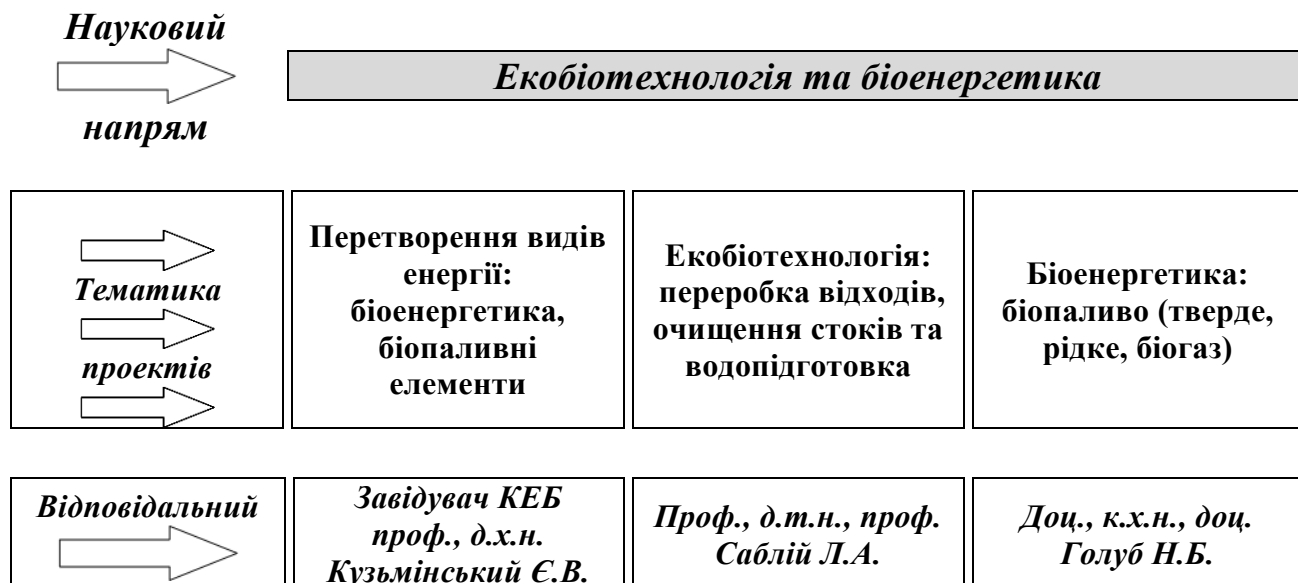
Таблиця 6.3. Динаміка забезпечення дослідницької складової підготовки спеціалістів з екобіотехнології та біоенергетики

<i>Науково-інноваційна робота</i>	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Виконання НДР, тис.грн	№2264-п 75,0	№2264-п 75,0	№2444-п 76,0	№2444-п 77,2	№2661-п Арктика 175,0	№2661-п 75,0
Кількість докторантів	1	1	1+ 1зд-ч	1здоб-ч	1здоб-ч	1здоб-ч
Кількість аспірантів	2	5	5	4	4	8
Кількість захищених дисертацій	1к Пньовська	-	-	1д Саблій	1к Жукова	2к Козар Щурська
Переможець конкурсу «Викладач-дослідник»	-	-	-	Кузьмінський	Кузьмінський Жукова	
Кількість виданих монографій / сторінок	1/52	-	3/527	1/226	2/394 1-закордонна	
Кількість виданих статей /сторінок	19/166	18/137	25/111	20/105 4ст. зі студ-ми	40/230 3ст. зі студ-ми	
Охоронні документи	-	5	5	3	2	
Організовано проведення конференцій	1	1	3	2	2	2
Тези, виступи на конференціях, кількість / сторінок	18/42+ 43 студ-ти, 30-самост-о	32/50+ 46 студ-ти, 37-самост-о	30/56+ 57 студ-ти, 49-самост-о	24/48+ 46 студ-ти, 35-самост-о	28/62+ 26 студ-ти, 19-самост-о	

За участі викладачів та студентів КЕБ за десятилітній період опубліковано: 9 монографій, з них 2 – зарубіжні; 170 статей у фахових виданнях, 10 – за участі студентів; 380 тез доповідей, 220 – за участі студентів – з яких 170 – студентами самостійно; 17 патентів, 2 – за участі студентів.

Виконувана на кафедрі тематика НДР відповідає пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки – «Національне природокористування» та стратегічним пріоритетним напрямам інноваційної діяльності в Україні на 2009–2014 роки – «Вдосконалення хімічних

технологій, нові матеріали, розвиток біотехнологій» та «Охорона і оздоровлення людини та навколишнього середовища».



За результатами НДР напрацьовано наукову концепцію, яка полягає в комплексному підході до очищення висококонцентрованих стічних вод промислових підприємств і стічних вод міст [Біотехнологія очищення стічних вод різноманітного походження з одночасним одержанням електрики : звіт про НДР (заключ.) наук. керівник Є.Кузьмінський. – К., 2010. – 258 л. + CD-ROM. – Д/б №2264-п та Біотехнологічне отримання енергії та енергоносіїв з відходів різноманітного походження : звіт про НДР (заключ.) наук. керівник Є.Кузьмінський. – К., 2012. – 169 л. + CD-ROM. – Д/б №2444-п]. Анаеробно-аеробну біотехнологію очищення стічних вод впроваджено на очисних спорудах ВАТ «Славутський солодовий завод» м. Славута (2010р.); на очисній станції РОВКП ВКГ «Рівнеоблводоканал» впроваджено технологію багатоступеневого анаеробно-аеробного очищення міських стічних вод з використанням іммобілізованих мікроорганізмів (2012р.).

Результати НДР використані у дисциплінах «Гідробіологія», «Біотехнології очищення води», «Гідроекологія», «Біологічні та хімічні сенсорні системи», «Біохімія ксенобіотиків», «Біоелектрохімічні основи біоенергетики» та ін.

За використання результатів цих НДР докторантом кафедри доц. Саблій Л.А. вчасно підготовлена і у 2012 році захищена докторська дисертація на тему «Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод»; видано три монографії: «Біоелектрохімічне продукування електричної енергії та водню» - Кузьмінський Є.В., Щурська К.О., Самаруха І.А. та «Екологічна біотехнологія очищення стічних вод та культивування кормових організмів» - Саблій Л.А. та «Bioelectrochemical Hydrogen and Electricity Production» - Lublin, 2013, Politechnica lubelska - Ye.Kuzminskiy, K.Shchurska, I.Samarukha, Gr.Lagod та ін.; впроваджується наскрізна інтегрована підготовка магістр-кандидат наук (PhD); 8 аспірантів – випускники магістратури, виконують дисертаційні роботи; опублікована низка навчальних посібників, більше 40 статей, отримано більше 10 патентів України. Кількість аспірантів і докторантів зростає з кожним роком, що сприяє підвищенню якості підготовки наукових кадрів, розширенню меж науково-дослідної роботи кафедри, упровадженню наукових результатів у навчальний процес.

До наукової роботи за тематикою *природоохоронні технології та біоенергетика* щорічно залучається близько 25 студентів, за тематикою НДР захищено більше 10 дипломних проектів, 10 магістерських робіт; 19 студентів є членами наукового товариства студентів та аспірантів факультету біотехнології і біотехніки, 10 – членами Наукового товариства студентів та аспірантів НТУУ «КПІ». 2011 року Президія Національної академії наук України присудила Премію Національної академії наук України для студентів вищих навчальних

закладів двом випускникам магістратури КЕБ – Самарусі І.А. та Щурській К.О. за комплексну наукову роботу «Біоелектрохімічне отримання електричної енергії та водню».



Єдності навчання і дослідницької роботи в значній мірі сприяють закордонні стажування студентів кафедри. Так студенти КЕБ брали участь у різноманітних міжнародних літніх школах: в Німеччині в Bonn Rhine-Sieg University of Applied Sciences, у технічному університеті Cottbus LS Mechanische Verfahrenstechnik, Люнебургському університеті, Бохумському університеті, Federal Institute for Material Research and Testing за грантами DAAD (Міжнародна асоціація по обміну студентами технічних спеціальностей); «New solutions to old problems – Biotechnology for a sustainable future» Швеція, Lund University; у Варшавській та Кошалінській політехніках; Студенти-старшокурсники неодноразово брали участь і виступали з доповідями на конференціях різного рівня: Vilnius University, Литва; МДУ ім. М.В.Ломоносова, Російська Федерація та ін.

Усі студенти КЕБ, що навчаються за ОКР «магістр» при вступі до магістратури обов'язково мають публікації та доповідають на науково-практичних конференціях різного рівня. Ряд студентів-магістрантів успішно виконали програми НДР за грантами, які вигравали на конкурсах на одержання фінансової підтримки науково-дослідних робіт студентів і аспірантів НТУУ «КПІ». У 2011 році студентка IV року навчання КЕБ вступила до магістратури в Bonn Rhine-Sieg University of Applied Sciences (Німеччина, Бонн), а студентка

III року навчання отримала грант міжнародної програми Фулбрайт на виконання магістерської програми в університеті США.

Підготовка магістрів з екобіотехнології та біоенергетики. Щодо саме підготовки магістрів з екобіотехнології та біоенергетики, то вона полягає у наступному:

Магістри з екобіотехнології мають готуватися для роботи в державних і недержавних установах, на підприємствах усіх форм власності, в спеціалізованих підрозділах проектних та науково-дослідних інститутів, які займаються дослідженням, розробкою, впровадженням та експлуатацією проектів, що пов'язані з використанням будь-яких організмів, культур клітин, біологічно активних речовин у промислових та господарських цілях для зменшення та ліквідації негативного впливу людини на довкілля. Усвідомлюючи те, що сучасний технолог, інженер, адміністратор тощо повинен бути досконально обізнаний із специфікою виробничої сфери, виконання магістерських робіт має здійснюватись із урахуванням специфіки та потреб підприємств і організацій регіону, а також країни в цілому (див. табл. 6.4).

Таблиця 6.4. **Наукова та виробнича база екологічної біотехнології та біоенергетики за напрямками навчання**

Наглядові функції	Природоохоронні біотехнології	Біоенергетика
Напрями навчання		
Юридичний нагляд; контроль якості; ліцензування продукції; моніторинг довкілля, біосенсиори	Технології переробки відходів різноманітного походження; технології очищення води та ґрунтів; технології добування корисних речовин тощо	Біотехнології виробництва енергії: біопалива – технології переробки біомаси; перетворення енергії Сонця; біопаливні елементи, біоводень
Базові установи для виконання наукових досліджень студентів		
- біотрансформація, біоорганічний синтез – Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАНУ; - контроль якості води – Інститут колоїдної хімії та хімії води НАНУ; - перевірка якості продукції – Інститут екологічних проблем в харчовій промисловості - біотестування – Інститут гідробіології НАНУ; - біосенсиори – Інститут хімії поверхні НАНУ, Київський національний університет	- технології добування корисних речовин – Інститут біоколоїдної хімії НАНУ; - водопідготовка – Інститут колоїдної хімії та хімії води НАНУ; - ендоекологія – Інститут сорбції та проблем ендоекології НАНУ	- нетрадиційні джерела струму – Інститут загальної та неорганічної хімії НАНУ; - біопалива – Національний аграрний університет, Інститут технічної теплофізики НАНУ
Потенційні замовники фахівців		
Структурні підрозділи Міністерства охорони навколишнього природного середовища, Міністерства з надзвичайних ситуацій, НАНУ; санепідемстанції; сертифікаційні фірми; аналітичні лабораторії та відділи екології тощо	Структурні підрозділи Мінпромполітики, НАНУ; підприємства водопідготовки; підприємства різних форм власності з перероблення відходів	Структурні підрозділи Мінпромполітики, Міністерства охорони навколишнього природного середовища; птахофабрики, тваринницькі ферми тощо

Практика студентів

Науково-дослідні інститути НАНУ, АТ «Трипільський біохімічний завод», ВАТ «Фармак», м. Київ, ПАТ «Канівський маслосирзавод», м. Канів, водоочисні споруди м. Вишгород, аналітичні та екологічні лабораторії підприємств фармацевтичної, радіоелектронної, харчової промисловості тощо	Науково-дослідні інститути НАНУ, АТ «Трипільський біохімічний завод», ТОВ НТУ «Біомаса», ДП Український науково-дослідний інститут спирту і біотехнології продовольчих продуктів, хімічні та фармацевтичні заводи у містах Черкаси, водоочисні споруди міст Вишгород, Одеса, Донецьк, Львів, підприємства ювелірної, радіоелектронної, харчової промисловості	Науково-дослідні інститути НАНУ, ЗАТ «Діапрофмед», ЗАТ «Біофарма», Індар м. Київ, «Імунолог» м. Вінниця, «Ензифарм» м. Ладижин, «Стирол», ПАТ «Оболонь», УкрНДІНП «МАСМА», ПАТ «Славутич», ВАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», ООО Зорг Біогаз
--	--	--

Отже, потенційними замовниками фахівців з екобіотехнології та біоенергетики можуть бути підприємства та організації, підпорядковані Міністерству охорони навколишнього природного середовища, Мінпромполітики, Міністерства з надзвичайних ситуацій, Мінагропрому та МОЗ України; науково-дослідні інститути, СКТБ і дослідні виробництва НАНУ, МОН, УААН, МОЗ та АМН України; кафедри біотехнології, екобіотехнології, біоенергетики, мікробіології, генетики, молекулярної біології тощо національних, державних та педагогічних університетів; санепідемстанції; сертифікаційні установи та фірми тощо. До таких організацій і підприємств відносяться перш за все ті, що складають наукову і виробничу базу біотехнології України.

Наявність кафедри екобіотехнології та біоенергетики в структурі НТУУ «КПІ» створює необхідну освітню інфраструктуру, яка формує систему освіти за зазначеним напрямом, а також дає можливість для проведення НДР з екобіотехнології та біоенергетики. Враховуючи те, що інші кафедри факультету біотехнології і біотехніки – кафедра промислової біотехнології, кафедра біотехніки та інженерії, кафедра біоінформатики готують фахівців – біотехнологів з промислової біотехнології, обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості, молекулярної біотехнології можна впевнено стверджувати, що підготовка фахівців з екобіотехнології та біоенергетики природньо доповнює необхідне для країни коло інженерів-біотехнологів.

Водночас студенти будуть мати можливість поглиблювати свої знання з екобіотехнології та біоенергетики в залежності від наукової тематики керівника роботи і науково-дослідної бази, де буде проходити спеціалізація. Перш за все мається на увазі науково-дослідна база філій кафедри з Інститутом біоорганічної хімії та нафтохімії та Інститутом біоколоїдної хімії ім. Ф.Д.Овчаренка Національної академії наук України. Саме такий підхід буде сприяти формуванню у майбутніх фахівців широкого професійного світогляду, нового інженерного мислення і розуміння технологічних завдань та інженерінгу в сучасних умовах ринку комплексних та інтегрованих технічних і технологічних рішень.

Завершивши навчання *магістр з екобіотехнології та біоенергетики повинен знати:*

- хімічні, фізичні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні основи біотехнологічних виробництв;
- основні розділи класичної біології;
- основи інженерних наук;
- принципи та завдання загальної екології та безпеки життєдіяльності;
- шляхи, принципи та методи біологічного очищення та детоксикації вод;
- загальні підходи до класифікації забруднень та принципи їх біотестування;
- шляхи та методи знешкодження або утилізації небезпечних відходів;
- шляхи та методи рекультивації порушених та забруднених ґрунтів за допомогою біологічних агентів;

- шляхи та методи пошуку, отримання та використання альтернативних джерел енергії, зокрема біооплив та біопаливних елементів;
- етичні та юридичні норми, які регулюють відношення між людьми в суспільстві та відносини людина з навколишнім середовищем;
- основи економічних знань, що стосуються питань економіки та організації виробництва, управління підприємствами в умовах ринкової економіки тощо.

Магістр з екобіотехнології та біоенергетики повинен вміти:

- використовувати здобуті знання для вирішення практичних завдань;
- аналізувати соціально значимі проблеми і процеси, використовуючи методи гуманітарних і соціально-економічних наук та формулюючи свідому громадянську позицію, при різних видах професійної та соціальної діяльності;
- аналізувати біотехнологічний процес та забезпечувати дотримання його екологічних параметрів на встановленому рівні;
- здійснювати хіміко-технологічний та біологічний контроль виробництва та його впливу на оточуюче середовище;
- застосовувати методи біотестування та біоіндикації для виявлення порушень технологічного процесу;
- працювати із сучасними приладами та виконувати необхідні аналізи;
- проводити екологічну експертизу щодо безпеки використання генетично модифікованих організмів;
- розробляти інноваційні та підтримувати діючі системи біологічного відновлення якості вод, ґрунтів, повітря;
- оцінювати можливі ризики впливу використання біопалив на навколишнє середовище;
- вирішувати питання економічної та екологічної доцільності технологічних та технічних рішень;
- самостійно опановувати робочі процеси новітніх технічних модифікацій екобіотехнологій та обирати шляхи подальшого підвищення свого професійного рівня.

Магістр з екобіотехнології та біоенергетики повинен мати навички:

- роботи з культурами та штамами мікроорганізмів;
- культивування та роботи з лабораторними тваринами і рослинами;
- відбору, збереження та аналізу проб продукції, вод, ґрунтів;
- використання з заданою метою відповідного лабораторного обладнання;
- постановки та інтерпретації стандартних біотестів на визначення токсичності;
- контролю штатної роботи біологічних очисних споруд;
- роботи з вітчизняною та зарубіжною науковою літературою;
- приймати сучасні управлінські рішення;

Магістр з екобіотехнології та біоенергетики може обіймати посади:

- інженера (інженера-технолога, інженера - дослідника, мол.наук. співробітника);
- ст. технолога;
- зав. лабораторією;
- начальника відділу технічного контролю;
- інженера з якості продукції;
- інженера з охорони навколишнього середовища;
- інженера-мікробіолога;
- викладача вищого або середньо-спеціального навчального закладу.

Показники кафедр. Як вельми позитивний результат нероздільності викладання і дослідницької роботи в процесі становлення кафедри екобіотехнології та біоенергетики серед 136 кафедр НТУУ «КПІ» наведемо такі оприлюднені відповідними службами університету дані:

- ❖ За загальним (сумарним) рейтингом кафедри у 2011р. – 4 місце, у 2012р. – 5 місце, у 2013р. – 4 місце.
- ❖ За рейтингом викладачів університету КЕБ у 2011р. – 4 місце; за науково-педагогічним потенціалом у 2013р. – 1 місце.
- ❖ Науково-інноваційна робота КЕБ у 2011р. – 8 місце; у 2012р. – 1 місце; у 2013р. – 6 місце.
- ❖ За середнім інтегральним рейтингом магістратури КЕБ – 6 місце з 21 балом (максимум по НТУУ «КПІ» – 23 бала).

І, накінець, порівняльна характеристика інших інтегральних показників КЕБ натеper і середньостатистичного провідного «західного» університету, що наведена у табл. 6.5, свідчить про правильність обраних пріоритетів та напрямів розвитку кафедри як структурного підрозділу дослідницького університету.

Таблиця 6.5. Порівняльна характеристика інтегральних показників КЕБ

Показник	Кафедри передових університетів	Кафедра екобіотехнології та біоенергетики
Орієнтація на сучасні пріоритетні напрями науки і техніки	+	+ екобіотехнологія та біоенергетика
Прагнення до лідерства	+	+
Проведення власними силами фундаментальних досліджень і прикладних розробок	+	+
Наявність власної системи забезпечення якості освіти	+	+
Залучення провідних фахівців на тимчасову роботу	+	+
Співвідношення чисельності викладачів і студентів	1 : 6	1 : 15
Конкурсний підхід до формування складу студентів та викладачів	+	+
Щорічне видання підручників і навчальних посібників з грифом (на 10 наук.-педагогічних працівників)	підручників - не менше 0,08; навч. пос-ів – 0,45	підручників – 20,0 (12,3-МОНУ) навч. пос-ів – 8,9 (5,5-МОНУ)
Кількість монографій (друк.арк. на 10 працівників за рік)	5,1	11,1
Обов'язкова участь викладачів у наукових дослідженнях і розробках	+	+
Використання досліджень у практиці навчання студентів	+	+
Кількість студентів, які беруть участь у виконанні науково – дослідних робіт	28%	28%
Частка дослідницької роботи в обсязі навчальних планів магістрів	не менше 30%	не менше 30%
Кількість докторантів (на 10 працівників)	0,07	1,6
Кількість аспірантів (на 10 працівників)	2,0	12,5
Наявність наукових публікацій у магістрів	не менше 50%	100%
Інноваційна направленість, участь у роботі наукових технопарків	+	+ 17 патентів, експонати,

		впровадження НДР
Кількість проведених конференцій та семінарів (на 10 працівників)	3,0	7,1
Інформаційна відкритість	+	+ сайт кафедри, радіо, преса

Література. Концептуальні засади становлення та розвитку спеціальності «Екологічна біотехнологія та біоенергетика», результати навчальної та наукової діяльності кафедри, забезпечення реклами спеціальності, профорієнтаційної та довузівської підготовки дискутувались завідувачем та викладачами кафедри в низці публікацій, пресі та інших засобах масової інформації:

1. Стаття «Нова спеціальність – екобіотехнологія» в газеті «Київський політехнік» №10 (2704) від 17.03.2005р., автор - Кузьмінський Є.В.
2. Стаття «Екологічна біотехнологія - вибір майбутнього» в газеті «Київський політехнік» №23 (2717) від 23.06.2005р., автор - Кузьмінський Є.В.
3. Стаття «Біоенергетика - вибір майбутнього» в міжнародному громадсько-політичному тижневику «Дзеркало тижня» № 27-28 (555-556) від 16.07.2005р., автори: Кузьмінський Є.В та керівник філії КЕБ Кухар В.П.
4. Кухар В.П., Кузьмінський Є.В, Ігнатюк О.А., Голуб Н.Б., Екобіотехнологія та біоенергетика – проблеми становлення і перспективи розвитку // Вісник НАН України, 2005. - № 9. – С.3-18.
5. Кузьмінський Є.В., Кухар В.П. Біоенергетика – вибір майбутнього // Дзеркало тижня від 16.07.2005.- № 27-28.- С.20.
6. Стаття з екобіотехнологічної тематики в газеті «Київський політехнік» №2 (2737) від 19.01.2006р., автор – доц.. Голуб Н.Б.
7. Кузьмінський Є.В., Голуб Н.Б. Біоенергетика – невід'ємна складова екобіотехнології // Біотехнологія. Біотехніка. Харчові технології.-2006.- №1.-С.110-117.
8. Дві години «живого» спілкування 22 лютого 2006 року на Радіо 96 FM «ЕРА» (віщання на всю Україну) на тему «Екологічна біотехнологія – наукові та освітняські аспекти, перспективи становлення в Україні», учасники прямого ефіру – проф. Кузьмінський Є.В. та проф. Гвоздяк П.І.
9. Ігнатюк О.А. Основні екологічні принципи та концепції. Навч.посібник (гриф МОН України), Київ, НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2006. - 268с.
10. Кузьмінський Є.В., Голуб Н.Б., Лесько І.О. Електрохімічні аспекти біоенергетики // Відновлювальна енергетика.- 2006.- №3.- С.87-93.
11. Кузьмінський Є.В., Голуб Н.Б., Кухар В.П. Предмет і освітняські аспекти екобіотехнології // Вища освіта України.- 2007.- №2.- С.55- 62.
12. Стаття в газеті «Київський політехнік» №6 (2782) від 15.02.2007р. «Біоенергетика – вибір майбутнього», автор – проф. Кузьмінський Є.В.
13. Стаття в газеті «Дзеркало тижня» №11 (640) від 24.03.2007р «Чи потрібна Україні екобіотехнологія ?», автор – проф. Кузьмінський Є.В.
14. Інтерв'ю доц.. Голуб Н.Б. газеті «Шкільний світ» щодо змісту і освітняських аспектів екобіотехнології - «Шкільний світ. Хімія» - 2007.- №11 (515).- С.3-14.
15. Стаття в газеті «Київський політехнік» №22(2798) від 14.06.2007р. «Актуальність екобіотехнології», автор – проф. Кузьмінський Є.В.
16. Стаття в газеті «Київський політехнік» №33(2809) від 01.11.2007р. «Технології для життя», автори – проф. Гвоздяк П.І., доц.. Голуб Н.Б.
17. Участь у засіданні круглого столу на Радіо 96 FM «ЕРА» 28 березня 2008 року – рубрика «Екологіка» (віщання на всю Україну) на тему «Вичерпання ресурсів викопних енергоносіїв - можливості, проблеми і перспективи становлення в Україні біоенергетики»; учасники прямого ефіру – проф. Кузьмінський Є.В., директор НДІ екобіотехнології та біоенергетики НУБіП проф. Дубровін В.О. та представник

- видавництва «Екоінформ», головний редактор журналу «Зелена енергетика» Конеченков А.І. (година «живого» спілкування, включаючи запитання-відповіді для слухачів ефіру).
18. Стаття в газеті «Київський політехнік» №19(2835) від 29.05.2008р. «Кафедра екобіотехнології та біоенергетики – перший етап становлення», автор – проф. Кузьмінський Є.В.
 19. В інформаційному блоці «Репортер» «Нового каналу» телебачення України 13.06.2008р. о 19-15 представлено репортаж щодо розробки біотехнології отримання палива з водоростей на кафедрі екобіотехнології та біоенергетики.
 20. Кузьмінський Є.В., Голуб Н.Б., Щурська К.О. Фізичні та фізико – хімічні методи в біотехнології // Науковий вісник Чернівецького університету, 2009.- вип. 453.- С.19-34.
 21. Кузьмінський Є.В., Голуб Н.Б., Щурська К.О. Стан проблеми та перспективи біоенергетики в Україні // Відновлювальна енергетика, 2009.- т.17.- №4.- С.64-80.
 22. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Біоелектрохімія - невід’ємна складова нового технологічного укладу // Науковий вісник Чернівецького університету, Вип.526, Чернівці, 2010. – С. 9-20.
 23. Ситнік О.І. Генетичні технології та бізнес-інтереси, або «весь світ грає у російську рулетку» // Екологічний вісник. - № 1 (59), 2010. – С. 11-15.
 24. Кузьмінський Є.В. Екологічна біотехнологія та біоенергетика – реклама спеціальності // «Кампус». – № 6(13). – 2010. – С.55.
 25. Кузьмінський Є.В. Інтеграція науково-дослідницької роботи і викладання на прикладі становлення кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «КПІ» // Вісник НАН України. – 2012. – №9. – С.3-19.
 26. Кузьмінський Є.В. О.М.Швед., К. О.Щурська, О.В.Швед, В.П.Новіков Глобалізація і якість освіти // Вісник НАН України. – 2013. – №6. – С.52-60.

**Завідувач Кафедрою
проф., д.х.н.**

Кузьмінський Є.В.

