



**Сталий розвиток –  
XXI століття:  
управління,  
технології, моделі**

Дискусії 2015  
Колективна монографія

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України»  
Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України  
Інститут економіко-правових досліджень НАН України  
Вища економіко-гуманітарна школа (Польща)  
Міжнародна асоціація сталого розвитку

# СТАЛИЙ РОЗВИТОК – ХХІ СТОЛІТТЯ: УПРАВЛІННЯ, ТЕХНОЛОГІЇ, МОДЕЛІ

Дискусії 2015

*Колективна монографія*

Черкаси, Україна  
2015

Narodowy techniczny uniwersytet Ukrainy  
«Kijowski politechniczny instytut»

ZP «Instytut gospodarki zasobów naturalnych» i zrównoważonego rozwoju NAN Ukrainy  
Instytut telekomunikacji i globalnego informacyjnego przestrzeni NAN Ukrainy  
Instytut Badań Ekonomicznych i Prawnych NAN Ukrainy  
Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna z siedzibą w Bielsku-Białej (Polska)  
Międzynarodowa asocjacja zrównoważonego rozwoju

# ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ – XXI WIEK: ZARZĄDZANIE, TECHNOLOGIE, MODELE

Dyskusje 2015

Monografia Kolektywna

Czerkasz, Ukraina  
2015

*Рекомендовано до друку*

*Вченою радою ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України» (протокол № 3, від 27.03.2015 р.), Вченою радою Теплоенергетичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» (протокол № 9 від 23.03.2015 р.), Вченою радою Інституту телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України (протокол № 3 від 10.03.2015 р.), Вченою радою Інституту економіко-правових досліджень НАН України (протокол № 4 від 23.03.2015 р.)*

**Рецензенти:**

**Варламов Г.Б.**, д.т.н., професор (НТУУ «Київський політехнічний інститут»)

**Сремеев В.М.**, д.ф.-м.н., професор, академік НАН України (Океанологічний центр НАН України)

**Трофимчук О.М.**, д.т.н., професор, чл.-кор. НАН України (Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України)

**Черноусенко О.Ю.**, д.т.н., професор, (НТУУ «Київський політехнічний інститут»)

**Макарова О.В.**, д.е.н., с. н. с., чл.-кор НАН України (Інститут демографії та соціальних досліджень ім.М.В.Птухи НАН України)

**Мельник Л.Г.**, д.е.н., професор (Сумський державний університет)

**Лигур І.М.**, д.е.н., професор (ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України»)

**Сталий розвиток – XXI століття: управління, технології, моделі. Дискусії 2015:** колективна монографія [Акулов-Муратов В.В., Алімов О.М., Андерсон В.М., Андреева Н. М. та ін.] / НАН України, ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України»; НТУУ «Київський політехнічний інститут»; Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України; Інститут економіко-правових досліджень НАН України; Вища економіко-гуманітарна школа; Міжнародна асоціація сталого розвитку / за наук.ред. проф. Хлобистова Є.В. – Черкаси, 2015. – 538 с.

*Науковий редактор – доктор економічних наук, професор  
Хлобистов Є.В.*

*Збережена авторська орфографія, пунктуація та стилістика.  
Відповідальність за зміст матеріалів несуть автори.*

Результати досліджень, що оприлюднені у колективній монографії, були обговорені на Другій міжнародній науково-практичній конференції «Сталий розвиток – XXI століття: управління, технології, моделі» (наукові читання імені Ігоря Недіна), яка відбулася 28-29 квітня 2015 року у м. Києві.

## АВТОРИ

Акулов-Муратов В. В., Алимов О. М., Андерсон В. М., Андреева Н. М., Балджи М. Д., Баштова М. О., Бех В. П., Бех Ю. В., Варфоломеева Р. В., Веклич О. О., Волкова К. А., Герасимчук Б. П., Герхард Я. Х., Грищенко В. Ф., Грищенко І. В., Губанова О. Р., Гукалова І. В., Гусева І. І., Дегтяренко О. Г., Демешок О. О., Дергачова В. В., Деліні М. М., Джумагельдієва Г. Д., Дричик В. В., Дячук О. А., Єремеева Н. В., Жарова Л. В., Забарна Е. М., Ілляшенко С. М., Ільїч Л. М., Коваль О. В., Колмакова В. М., Корольков В. В., Коцко Т. А., Крамарев Г. В., Крикавський Є. В., Кузнецова К. О., Купінець Л. Є., Лапко О. О., Лепкий М. І., Литвин К. В., Лісовський С. А., Лотиш О. Л., Лубінська Патриція, Ляшенко О. М., Маковецька Ю. М., Максимів Л. І., Мальований М. С., Марков О. О., Маруняк Є. О., Матвійчук Л. Ю., Махнітко А. Є., Мащак Н. М., Микитенко В. В., Міщенко В. С., Мусіна Л. А., Никифоров В. В., Нікола С. О., Носачов І. Ю., Омельяненко Т. Л., Остапчук Д. О., Патока І. В., Петрушенко М. М., Подолець Р. З., Подольська А. І., Полумієнко С. К., Потапенко В. Г., Прокопенко О. В., Рібаков Л. О., Римар М. В., Рогожин О. Г., Руденко Л. Г., Сабадаш В. В., Садченко О. В., Сегеда І. В., Серебренніков Б. С., Серєда О. В., Синельніков О. Д., Сохнич А. Я., Сухоруков А. І., Теліженко О. М., Тищук І. В., Харічков С. К., Харламова О. В., Хлобистов Є. В., Шако О. А., Шашков С. В., Шевченко Г. М., Шевченко І. В., Шевченко Т. І., Щкарупа О. В., Юмін С. В., Якимішин Л. Я.

3.8 Якість життя населення України в контексті глобальних гуманістичних тенденцій (Гукалова І.В.) .....	316
3.9 Організаційно-економічний механізм сталого розвитку зеленого туризму в Україні (Матвійчук Л.Ю., Тищук І.В.) .....	328
3.10 Генетично модифіковані організми: регулятивні протиріччя в системі національної екологічної політики (Шевченко І.В.) .....	336
3.11 Рентне оподаткування як джерело фінансових ресурсів для сталого розвитку (Лалко О.О., Крамарев Г.В.) .....	344
3.12 Використання ціанобактерій для отримання енергоносіїв - шлях до уникнення екологічної небезпеки від їх неконтрольованого розвитку у водосховищах Дніпровського каскаду (Мальований М.С., Никифоров В.В., Харламова О.В., Синельников О.Д.) .....	352
3.13 Конкурентоспроможність людського капіталу країн східного партнерства у системі реалізації реформ (Пльїч Л.М.) .....	361
3.14 Wejście Polski do Unii Europejskiej, a problem bezrobocia (Patrycja Lubińska) .....	370

#### **Розділ 4. ПРАКТИКА РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

4.1 Оцінювання запобіжних (попереджувальних) заходів щодо надзвичайних ситуацій природного і техногенного походження як інструментарій державної екологічної політики (Колмакова В.М., Хлобистов Є.В.) .....	382
4.2 Напрямки екологізації експортно-імпорتنних операцій (Грищенко В. Ф., Грищенко І. В.) .....	388
4.3 Роль екологічного оподаткування в реалізації забезпечення сталого розвитку держави (Шако О.А.) .....	393
4.4 Правові механізми забезпечення зеленої економіки і сталого виробництва та споживання: порівняльний аналіз практик України Молдови та Грузії (Єремєєва Н.В.) .....	403
4.5 Моделювання сценаріїв довгострокового розвитку генеруючих потужностей Об'єднаної енергетичної системи України з урахуванням надійності її функціонування (Серебренников Б.С., Подолець Р.З., Дячук О.А.) .....	411
4.6 Оптимізація ресурсного потенціалу енергогенеруючого підприємства в контексті забезпечення сталого розвитку (Дергачова В.В., Кузнєцова К.О.) .....	423
4.7 Поводження з відходами на засадах латерального підходу (Губанова О.Р.) .....	428
4.8 Технологія гармонійного менеджменту в реалізації запобігання еколого-економічних конфліктів бізнес-структурами (Садченко О.В., Нікола С.О.) .....	435

б) плату за використання надр, яка при наявності природно-ресурсної ренти повинна ураховувати лише площу чи об'єм вилучених з економічного обороту надр, без обсягів видобутку (які ураховує природно-ресурсна рента), і тому вона має нараховуватись за ставками податку за використання надр в цілях, не пов'язаних із видобуванням корисних копалин.

Основними принципами розрахунку рентних платежів мають бути:

- встановлення рентних платежів на видобуті, а не тільки на реалізовані вуглеводні;
- визначення ставок рентних платежів в залежності від найбільш характерних показників видобутку: гірничо-геологічних умов, зокрема глибини залягання і продуктивності родовища – середнього дебіту свердловин;
- залежність ставок рентних платежів від фактичного рівня цін на нафту і природний газ.

Вважаємо за доцільне взяти за основу при встановленні ставок природно-ресурсної ренти принципи, передбачені Законом України № 1456-IV від 05.02.2004 року "Про рентні платежі за нафту, природний газ і газовий конденсат", тому що запроваджена в ньому система рентних платежів на основі диференційованого підходу дозволить стабілізувати видобуток вуглеводнів на старих, мало – та низькодебітних родовищах і родовищах із значною глибиною залягання, крім того стаття 11 розділу 4 зазначеного закону звільняла від оподаткування рентними платежами за нафту, природний газ і газовий конденсат понадбазові обсяги нафти, природного газу і газового конденсату, видобуті з родовищ, що мають важковидобувні та виснажені запаси.

Заходи з вдосконалення рентної політики в Україні сприятимуть не лише підвищенню енергетичної незалежності держави, але й забезпеченню її економічної безпеки. Сьогодні в Україні стоїть першочергове завдання забезпечити зростання обсягів видобутку вуглеводнів за рахунок залучення у виробництво важко видобувних запасів. За рахунок цього країна зекономить кошти на імпорті енергоресурсів, які й можуть бути спрямовані на сталий розвиток економіки держави. Водночас економічне стимулювання інноваційних підприємств, що представляють наукомісткі високотехнологічні галузі, забезпечуючи тим самим позитивні структури зрушення в економіці на користь високих технологічних укладів.

### **3.12 Використання ціанобактерій для отримання енергоносіїв – шлях до уникнення екологічної небезпеки від їх неконтрольованого розвитку у водосховищах Дніпровського каскаду<sup>509</sup>**

**Актуальність.** Забезпечення екологічної та енергетичної безпеки держави є пріоритетним завданням, вирішення якої важливе для забезпечення її сталого розвитку, нормального функціонування державних інституцій та існування держави взагалі. І в цьому ракурсі перспективним

<sup>509</sup> Автори Мальований М.С., Никифоров В.В., Харламова О.В., Синельников О.Д.

є організація збору ціанобактерій (синьо-зелених водоростей, СЗВ), чим забезпечується мінімізація екологічної небезпеки Дніпровського каскаду водосховищ від неконтрольованого їх розвитку, та використання СЗВ як сировини для виробництва енергії, чим досягається підвищення ступеня енергетичної незалежності України. На сьогоднішній день людством використовується значна частина енергетичного потенціалу наземної біомаси рослинного походження (шосту частину споживаної енергії отримують із сільськогосподарської та іншої фітомаси, що еквівалентно щоденному використанню понад 4 млн. т нафти), разом з тим біомаса гідробіонтів взагалі та фітопланктону зокрема для виробництва енергії практично не використовується. Не дивлячись на значну кількість досліджень щодо використання ціанобактерій для виробництва енергії (які проте не носять системного та закінченого характеру), технології збору та переробки СЗВ не знайшли масового застосування, що пов'язано із відсутністю даних щодо перспектив попередньої обробки біомаси ціанобактерій з целью збільшення повноти та інтенсифікації їх біорозкладу, відсутністю інформації щодо оптимальних режимів виробництва біогазу, відсутності раціональної стратегії та технології збору та переробки СЗВ. Тому проведення комплексу узагальнюючих досліджень, які б дали змогу використовувати ціанобактерії із акваторій водосховищ Дніпровського каскаду в період їхньої вегетації як сировини для виробництва енергії дозволить не лише здійснювати управління екологічною безпекою регіону, але й отримати додаткову кількість необхідної державі енергії.

**Новизна.** Наукова новизна досліджень полягає у забезпеченні екологічної безпеки водосховищ Дніпровського каскаду в умовах неконтрольованого розвитку ціанобактерій шляхом розроблення науково-технологічного забезпечення організації збору цих водоростей та використання їх як сировини для виробництва енергії.

**Основна частина.** В Дніпровський каскад увійшли Дніпрогес, Каховська ГЕС, Кременчуцька ГЕС, Київська ГЕС, Дніпродзержинська ГЕС та Канівська ГЕС. З погляду екологічної безпеки Дніпрогес є найбільш досконалою гідротехнічною спорудою завдяки тому, що внаслідок специфічних геологічних умов (біля Запоріжжя русло Дніпра затиснуте в каньйон) результати його будівництва не створюють значного впливу на довкілля. Для решту ГЕС, греблі яких перетинають Дніпро у рівнинній місцевості, необхідним було створення водосховищ із величезними площами акваторій та великими мілінінними ділянками, які характеризуються незначними перепадами рівнів верхнього та нижнього б'єфів. Тому окрім очікуваного результату – виробництва дешевої електроенергії, побудова ГЕС спричинила і загрозливий для екологічної безпеки України результат – значне погіршення екологічного стану Дніпра внаслідок незворотної зміни гідростатичного та гідродинамічного режиму Дніпра та радикального погіршення якісних показників води Дніпра.

Такі негативні для навколишнього природного середовища наслідки викликані двома головними причинами:



Затоплення водами новостворених водосховищ територій, де були розміщені населені пункти, сільськогосподарські угіддя, тваринницькі ферми, життєвий простір населення.

Значним зменшенням швидкості течії Дніпра.

В загальному сумарна площа водосховищ ГЕС Дніпровського каскаду складає біля 7000 км<sup>2</sup>, в цих водосховищах знаходиться біля 45 км<sup>3</sup> води. Якщо врахувати, що річний стік Дніпра складає біля 50 км<sup>3</sup> води, то стає зрозумілим, що об'єм води, який наповнює штучні водосховища Дніпра, близький за значенням до його річного стоку. Завдяки появі штучних водосховищ переріз русла ріки, який визначає швидкість неперервного потоку, став на порядки більшим, тому у водосховищах (зокрема у Кременчуцькому, яке є найбільшим) швидкість руху води настільки мала, що її можна вважати стоячою. Виходячи із цього справедливим буде розглянути сучасний стан Дніпра у середньому та нижньому руслі не як ріку, а як каскад проточних ставів великої площі акваторії та об'єму.

Величезні площі сільськогосподарських угідь, які знаходяться під водами новостворених водосховищ, спричинили насичення річкових вод органічними сполуками. Кількість цих сполук безперервно поповнюється із потраплянням в Дніпро величезних мас муніципальних та промислових стоків, забруднених дощових стоків та талих снігових вод. Прибережні зони на відміну від плавневих заростей Дніпра в прадавні часи включені в інтенсивні рілльничі технології, завдяки чому поверхневі води (які пізніше потрапляють в Дніпро) насичуються мінеральними та органічними добривами. Такі радикальні зміни (значне зменшення течії Дніпра у великих водосховищах аж до практично стоячого стану та збагачення органічними забрудненнями) в кінцевому рахунку привели і до радикальної зміни біоти ріки. Результатом створення нових взаємозв'язків у новій біоті та створення нової біотичної ієрархії і став бурхливий неконтрольований розвиток СЗВ, які заповнили новостворені водосховища Дніпра<sup>61</sup>.

Характер біологічного циклу життя та смерті СЗВ спричиняє їх домінуючу роль в екосистемі Дніпра. Оскільки СЗВ не потребують зв'язку із ґрунтовим середовищем, на чисельність їхньої популяції не впливає глибина водосховища. Тому під впливом вітру ціанобактерії мігрують всією акваторією водосховища, що створює умови для їх прогресуючого розмноження. Питомна густина СЗВ дещо менша густини води, тому навіть після сильного шторму вони за незначний час спливають на поверхню та інтенсивно розвиваються, споживаючи сонячну енергію. Досить швидко утворюється щільний поверхневий шар із СЗВ, який зменшує коефіцієнт відбивання сонячного проміння. Це в свою чергу сприяє додатковому прогріванню поверхневого шару (де скупчені ціанобактерії), а отже і прискоренню розвитку водоростей – процес стає автокаталітичним. Сприяє неконтрольованому розвитку ціанобактерій і відсутність біологічних видів, для яких вони були б кормом.

<sup>61</sup> Приймаченко А.Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ/ А. Д. Приймаченко. – Киев: Наук.думка, 1981. – 278 с., Сиренко Л.А. Растительность и бактериальное население Днепра и днепровских водохранилищ/Л.А. Сиренко И.А.Кореява, Л.Е.Михайленко. – Киев: Наук.думка, 1989. – 231 с.

Наслідками неконтрольованого розвитку ціанобактерій у штучних водоймах Дніпра є перетворення води ріки в період розкладання СЗВ (з другої половини липня до кінця вересня) у брудну рідину із сильним неприємним запахом. Це робить неможливим очищення річкової води до вимог стандартів на питну воду на станціях первинного очищення водозаборів прибережних міст. Повітря атмосфери наповнюється нудотним запахом гниття, що спричиняє численні захворювання дихальних шляхів. Збіднення в процесі гниття ціанобактерій води Дніпра киснем спричиняє задуху цінних порід риб (судак, лящ, жерех, чехоня та ін.), наносячи значну шкоду рибному господарству держави. Свідченням задухи є масове спливання загиблої риби на поверхню та її розкладання, що створює додаткову екологічну загрозу екосистемі. Катастрофічне зменшення вмісту кисню в воді підтверджується також результатами аналізів складу повітря над акваторією Рибінського водосховища в період його цвітіння. Серед компонентів автори<sup>62</sup> виявили метан, який утворюється в процесі анаеробного бродіння. Таким чином під час розкладання СЗВ зменшення концентрації кисню в річковій воді настільки значне, що у поверхневому шарі створюються умови для їх безкисневої ферментації. Внаслідок коливань рівня води в штучних водосховищах досить часто проходить затоплення широких прибережних смуг Дніпра, на затоплені акваторії (плавні, озера, рукави та стариці Дніпра) потрапляють ціанобактерії. Результат – замулення та практично повна загибель відомих піщаних Дніпровських пляжів – гордості та окраси Дніпра, відомих рекреаційних зон. Неприємний нудотний запах водоростей, які розкладаються, значно зменшив популярність та масовість водного туризму, а сама акваторія ріки у літню пору перетворюється на джерело небезпечного мікробіологічного забруднення.

Домінуючими агентами, які неконтрольовано розмножуються у акваторіях штучних водосховищ Дніпровського каскаду і викликають надмірне «цвітіння» води, є представники родів *Microcystis*, *Phormidium*, *Merismopedia*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* і *Oscillatoria*. Здатністю утворювати метан володіють біля 50 видів із 17 родин, усі з яких належать до *Archaeobacteriobiontae*. Традиційно їх розглядають як групу метаноутворюючих бактерій, але філогенетично вона досить неоднорідна: виділено три порядки метаногенів: *Methanobacteriales*, *Methanococcales* та *Methanomicrobiales*.

Усі метаногени – жорсткі анаероби, ріст деяких із них повністю пригнічується за появи в газовій фазі 0,004%  $O_2$ . Перші з виділених у чисті культури види росли за окисно-відновлювального потенціалу середовища, що складало 300 мВ. Більшість з них мезофіли і мають оптимум росту в області температур 30 – 40°C, оптимум рН за рН = 6,5 – 7,5 і є галофілами.

Біля половини видів ціанобактерій автотрофні, вони фіксують вуглекислий газ по ацетил-CoA-шляху, низка із них здатна до азотфіксації (*Methanosarcina barkeri*, *Methanobacterium formicium*). Сірка засвоюєть-

<sup>62</sup> Дзюбан А.Н. Сезонная динамика микробиологического цикла метана в воде прибрежных мелководий Рыбинского водохранилища/А.Н.Дзюбан// Гидробиол. журн. – 2006. – Т. 42, № 6. – С. 47-51.

ся частіш за все у відновленій формі, тому можливе залучення до метаболізму молекулярної сірки та сульфит-аніону. Лише декілька видів (*Methanobrevibacter ruminantium*, *Methanococcus thermoithrophilicum*) можуть використовувати сульфат-аніон.

Окиснювати водень вуглекислим газом здатні практично всі метаногени, однак лише дві родини (*Methanosarcina*, *Methanotherix*) можуть декарбоксилувати ацетат. В результаті цього процесу вони власне і дають найбільший внесок у глобальну емісію метану. Метаногени завершують анаеробну деструкцію речовини, використовуючи молекулярний вуглекислий та чадний гази і водень, а також нижчі органічні кислоти, що виділяються в процесах бродіння. Більш 20% світових запасів метану мають біогенне походження.

Необхідною умовою очищення водойм є вилучення із них біомаси СЗВ. Подальший шлях вилученої маси – її диференціація в мікробіологічному процесі ферментації на воду, ліпіди, біогаз та добриво. За умови використання для збору ціанобактерій акваторії всіх водосховищ Дніпровського каскаду та глибини відбору поверхневого шару 5 см, об'єм зібраної води складе  $7 \cdot 10^9 \text{ м}^2 \times 0,05 \text{ м} = 0,35 \text{ км}^3$ . Це співрозмірно з об'ємом стічних вод мегаполіса. А для деяких великих міст річний об'єм стоків навіть в 1,5–2 рази більший (для Києва він складає  $0,44 \text{ км}^3$ ).

Результати досліджень<sup>563</sup> свідчать, що СЗВ є прекрасною сировиною для виробництва біогазу. Спостереження за виділенням газу велись за умов добового коливання температури в межах 15–30°C, що відповідає мезофільному періоду бродіння. Із реактора відбирався газ, який постійно виділявся в процесі бродіння, кількість виділеного біогазу реєструвалась. Хроматографічний аналіз показав, що склад біогазу (85% метану) близький до складу природного газу (табл. 1), в складі газу відсутні шкідливі компоненти.

Таблиця 1.

**Хімічний склад біогазу, одержаного із СЗВ та природного газу**

Компоненти газу	Біогаз	Природний газ
	Об'ємна частка, %	
Метан	85,26	96 – 97,6
Азот	10,36	0,7 – 0,82
Кисень	2,90	0,007 – 0,008
Етан	0,95	1,24 – 1,88
Пропан	0,33	0,30 – 0,57
Інші гази	0,2	решту

Вимірювалась теплотворна здатність отриманого біогазу, її значення становило 33 МДж/м<sup>3</sup>. Ці дані свідчать, що разом із зниженням рівня екологічної небезпеки у випадку збору та використання для виробництва біогазу ціанобактерій, вдасться отримати значну кількість кондиційного

<sup>563</sup> Никифоров В.В. Использование синие-зеленых водорослей для получения биогаза / В.В. Никифоров, В.П. Алферов, В.М. Шмандий и др. // Гигиена и санитария. – 2010. - №6. - С 35-37.

біогазу. Дослідженнями<sup>564</sup> встановлено, що питомий вихід біогазу складає 30 л біогазу/кг реакційної маси.

Важливим є пошук шляхів інтенсифікації процесів біорозкладу та збільшення частки органічної речовини у біомасі субстрату для біорозкладу, яка витрачається на синтез біогазу. Дослідженнями<sup>565</sup> встановлено, що коли як сировина використовуються відходи сільського господарства, перспективною є попередня її підготовка: подрібнення та делігніфікація. В процесі делігніфікації за підвищених температур проходить деградація лігнінової сітки, екстрагування лігніну та більшої частини гемцелюлоз, а також розрив хімічних зв'язків між лігніном та вуглеводними молекулами. Це приводить до зростання поверхні масообміну, яка стає доступною для целюлозолітичних ферментів мікроорганізмів. В результаті подрібнення субстрату також проходить значне збільшення поверхні масообміну, доступної для ферментів мікроорганізмів. Це пришвидшує ферментативний гідроліз та інтенсифікує процес синтезу метану<sup>566</sup>. Процес екстрагування та біорозкладу у ціанобактерій проходить з низькою інтенсивністю оскільки вони мають досить щільну клітинну мембрану. Нами була здійснено дослідження можливості інтенсифікації цих процесів шляхом руйнування клітинної мембрани методом кавітації, в процесі якої утворюються зони високого та низького тисків (які і руйнують клітинні мембрани). Досліджувався вплив на процеси використання водоростей для виробництва енергії гідродинамічної кавітації, розглядалися два варіанти використання ціанобактерій для отримання енергії:

1. Екстрагування ліпідів, які в подальшому можуть використовуватись для виробництва біодизелю.

2. Отримання біогазу.

Для досліджень використовувались ціанобактерії, відібрані на Кременчуцькому водосховищі у м. Світловодськ. Перед початком експериментів приготувлялась суспензія водоростей із вмістом сухої речовини 17,1 г/л, що відповідає реальній концентрації водоростей у місцях скупчення.

Визначення ефективності обробки суспензії ціанобактерій в полі гідродинамічної кавітації проводилась в гідродинамічному кавітаторі, де як кавітуючий орган використовували трилопатеу крильчатку клиновидного профілю з гострою передньою та тупою задньою кромками, частота обертів робочого колеса складала 4000 об/хв. У робочу сміть кавітатора заливали 1 л суспензії ціанобактерій.

На першому етапі досліджень визначався вміст органічної частини водоростей шляхом спалювання наважки висушених водоростей у печі

<sup>564</sup> Там же

<sup>565</sup> Модифікований ASAE-спосіб делігніфікації пшеничної соломи/В.А.Барбаш, С.П.Пимков, І.В.Тембус, М.О.Клік // Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2010. – № 2 (6) –. –С.97 – 101., Скіляр О.Г. Методи інтенсифікації процесів метанового зброджування/О.Г.Скіляр, Р.В.Скіляр Р.В.//Науковий вісник Таврійський державний агро технологічний університет. – 2014. – Випуск 4, Том 1. – С.3 – 9.

<sup>566</sup> Нестеров А.И. Оптимизация питательного раствора для метанопотребляющих бактерий/А.И.Нестеров, Б.Д.Сусленков, Г.А.Старо-войтова // Прикладная биохимия и микробиология – 1973. – № 9. – С. 873 – 876.

за 550°C впродовж 15 хв. За результатами досліджень органічна частина складала 94% від загальної маси водоростей.

Для того, щоб визначити загальний вміст ліпідів у зібраній культурі, водорості висушувались за 80 °C та перемелювались у ступці. Подрібнені водорості змішувались у ділильній лійці з 50 мл гексану та 50 мл води та інтенсивно перемішувались впродовж 10 хв. Тверда фаза водоростей та вода збиралась в нижній частині лійки, а гексан з екстрагованим жиром – у верхній її частині. Вода з водоростями зливалась, після чого екстракт кількісно переносили у випарну чашку. Після випаровування гексану з чашки гравіметрично визначали кількість екстрагованих ліпідів.

Результати досліджень екстрагування ліпідів із ціанобактерій показали, що загальний вміст ліпідів у відібраній пробі ціанобактерій становив 1,27%, з проби без попередньої обробки вдалося екстрагувати жир у кількості, що відповідає 0,32% сухої маси водоростей, а з проби після кавітаційної обробки – 1,01%. Цей результат підтверджує, що клітинні мембрани необроблених водоростей є тяжкопроникні, і використання їх без попередньої підготовки для отримання енергії є ускладненим. Обробка кавітацією розриває мембранні стінки та приводить до більш повної екстракції. Особливо значним є ефект у випадку використання гідродинамічної кавітації, після обробки проби вдається екстрагувати 80% від усіх наявних ліпідів.

Для проведення експериментів з виробництва біогазу з ціллю імітації складу верхнього шару водосховища, в якому знаходиться невелика кількість анаеробних бактерій, для інтенсифікації процесу анаеробного розкладу, проби змішувались з первинним мулом очисних споруд, у якому міститься значна кількість анаеробних бактерій. До 900 мл кожної з проб добавляли по 50 мл мулу (концентрація сухої речовини 24,0 г/л; органічна частина складала 69,3%) та поміщали в окремі реактори експериментальної установки. Для того, щоб знати яка частина біогазу виділяється з мулу, а яка з водоростей, готували нульову пробу шляхом змішування 50 мл мулу з 900 мл води. Отримані розчини водоростей мали  $pH=4,57-4,78$ , що пояснюється початком фази ацетогенезису. Оптимальним для анаеробного розкладу є  $pH$  в межах 7-7,5, тому  $pH$  в реакторах коригували до 7,5 шляхом добавляння невеликої кількості розчину  $NaOH$ . Реактори закривались герметичними корками з газовідвідними корками. Утворений біогаз збирався у градуйовані колби, які були занурені у воду,  $pH$  води підтримувався нижче 5. Оскільки за низьких  $pH$  неорганічний вуглець знаходиться у формі  $CO_2$ , це дозволяло уникнути розчинення вуглекислого газу, присутнього у біогазі, у воді. Реактори обмотували чорним поліетиленом для недопущення потрапляння світла та поміщали у водяну баню, в якій підтримувалась температура 34 °C (мезофільні умови). Вміст реакторів перемішували впродовж 1 хв кожних 2 дні. Загальна тривалість досліджень склала 45 днів.

Кінетика синтезу біогазу із досліджуваних водоростей представлена на рис. 1. Як видно із експериментальних даних, у випадку біорозкладу активного мулу без добавок ціанобактерій, з великою часткою ймовірності можна прийняти, що процес виділення біогазу відбувається із постійною

швидкістю. У випадку ж виділення біогазу в процесі біорозкладу біомаси ціанобактерій (чи без їх додаткової обробки, чи із обробкою в полі гідродинамічної кавітації) кінетичні криві виділення біогазу мають S – подібну форму, що свідчить про багатостадійність процесу біорозкладу.

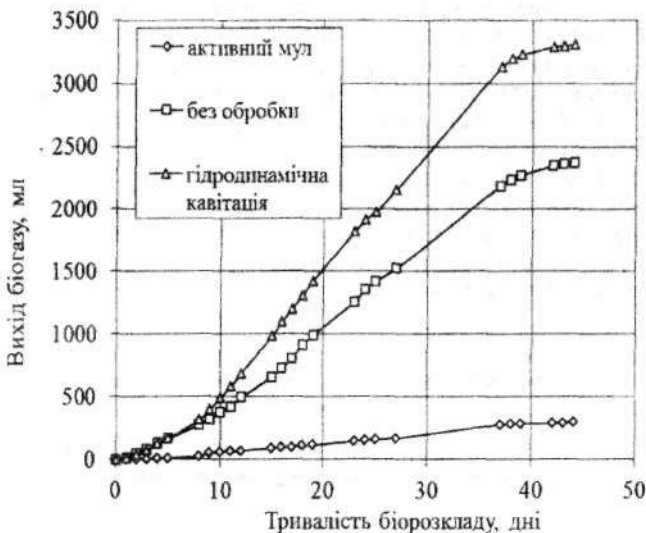


Рис. 1. Кінетика біорозкладу біомаси ціанобактерій в мезофільних умовах.

Як свідчать дані досліджень<sup>567</sup> проходження процесу метагенезу можна представити у 3 етапах:

1 етап. Вуглекислий газ зв'язується із переносником вуглецю із утворенням карбоксипохідної ( $X1-COOH$ ), яка відновлюється до формільної ( $X1-CHO$ ).

2 етап. Проходить перенесення формільної групи на другий переносник ( $X2$ ). Це призводить  $C1$ -групу через дві послідовні відновлювальні реакції до утворення метилпохідної ( $X2-CH_3$ ). На другому етапі розгалужуються також анаболічні та катаболічні шляхи.

3 етап. Метильні групи із переносника надходять на кофермент  $M$  ( $CoM-SH$ ). В подальшому утворений метил- $CoM$  відновлюється, внаслідок цього відбувається розпад комплексу та вивільненням метану.

Аналіз отриманих експериментальних даних із врахуванням представленого вище механізму метагенезу дає підстави розглядати метагенез як ланцюговий автокаталітичний процес, для якого властивий протяжний у часі період індукції активних центрів біохімічних перетворень, період роз-

<sup>567</sup> Литовченко І.В. Проблеми и перспективы анаэробной микробиологической конверсии аминокислот а биогаз /И.В.Литовченко, К.В.Макаренко, Т.И.Стручачина. – Фрунзе: Илим, 1990. – 20 с

винутих біохімічних реакцій та період закінчення метагенезу із причини відсутності доступної для синтезу біогазу сировини.

З ціллю пошуків шляхів утилізації відпрацьованої для отримання відновлювальних енергоносіїв біомаси ціанобактерій, досліджувалась динаміка кількісного проростання гороху та пшениці за умови використання цієї біомаси як органічного добрива<sup>568</sup>. Аналіз результатів експериментів (які підтверджені результатами досліджень виживання дафній у водних розчинах субстрату з різною концентрацією<sup>569</sup>) свідчить про те, що оптимальними для використання відпрацьованої біокультури ціанобактерій як органічного добрива є розведення відпрацьованого субстрату 1:200 для пшениці та 1:100 для гороху.

На основі проведених досліджень розроблена раціональна стратегія використання ціанобактерій у енергетичних та сільськогосподарських технологіях. Блок-схема розробленої стратегії представлена на рис.2. У відповідності із рис. 2 перспективною технологією отримання енергоносіїв із ціанобактерій є комплексна технологія, яка складається із таких стадій:

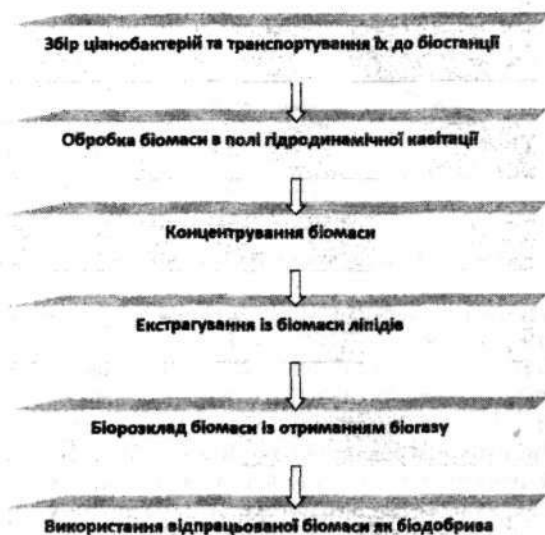


Рис. 2 Блок-схема стратегії використання ціанобактерій у енергетичних та сільськогосподарських технологіях.

<sup>568</sup> Никифоров В.В. Вплив відпрацьованого субстрату синьо-зелених водоростей для отримання біогазу на схожість гороху і пшениці / В.В.Никифоров, Т.Ф.Козловська, А.С.Авременко // Екологічна безпека. – 2010. – Вип. 1 (9). – С. 67-69.

<sup>569</sup> Методическое руководство по биотестированию воды под редакцией Крайнюковой Н.А. – ВНИИВО, 1991. – 48 с.

Організація збору ціанобактерій та транспортування їх до біостанції, де проходить подальша переробка.

Обробка кавітацією у гідродинамічному кавітаційному полі.

Екстракція ліпідів гексаном з наступним виробництвом із них біодизелю.

Анаеробний розклад залишку біомаси із отриманням біогазу.

Центрифугування відпрацьованої біомаси з наступним використанням відходів як біодобрива.

**Висновки.** Аналіз динаміки розвитку екологічної небезпеки від неконтрольованого розвитку ціанобактерій в акваторіях Дніпровських водосховищ показав, що головними чинниками, які спричинили цей неконтрольований розвиток є затоплення водами новостворених водосховищ територій, де були розміщені населені пункти, сільськогосподарські угіддя, тваринницькі ферми, життєвий простір населення, утворення обширних міліних територій у акваторіях штучних водосховищ, які добре прогріваються сонцем та значне зменшення швидкості течії Дніпра. Встановлено, що із утворенням щільного поверхневого шару із синьо – зелених водоростей зменшується коефіцієнт відбивання сонячного проміння, що в свою чергу сприяє додатковому прогріванню поверхневого шару (де скупчені ціанобактерії), а отже і прискоренню розвитку водоростей – процес стає автокаталітичним.

Показано, що дієвим методом зниження рівня екологічної небезпеки від неконтрольованого розвитку ціанобактерій в акваторіях штучних водосховищ Дніпровського каскаду може бути збір ціанобактерій і використання їх як сировини для виробництва енергоносіїв – біодизелю та біогазу. Вміст ліпідів у зібраній культурі СЗВ є незначним (1,27%), і тому методом екстрагування можна вилучити у енергоносії лише незначну частину енергії, із потенційно можливою, що міститься в біомасі. Вплив кавітаційного поля дозволяє значно підвищити ефективність екстрагування ліпідів та збільшити кількість отриманого біогазу. Експерименти підтвердили, що попередня обробка кавітацією руйнує клітинні стінки ціанобактерій, тому із такої біомаси СЗВ екстрагується значно більша кількість ліпідів (на 215%) та синтезується значно більша кількість біогазу (на 40%). Відпрацьована після синтезу відновлювальних енергоносіїв біомаса може бути використана як органічне добриво. Тому раціональною є представлена комплексна стратегія використання ціанобактерій, яка передбачає збір ціанобактерій в обробка в полі гідродинамічної кавітації в екстрагування ліпідів в синтез біогазу в використання відпрацьованої біомаси як біодобрива.

### **3.13 Конкурентоспроможність людського капіталу країн східного партнерства у системі реалізації реформ<sup>579</sup>**

У 2009 році на Празькому установчому саміті Ради ЄС за ініціативою Польщі та Швеції було внесено пропозицію створення східного партнерства для України, Молдови, Білорусі, Грузії, Вірменії та Азербайджану,

<sup>579</sup> Автор Ільча Л.М.



**Наукове видання**

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК – XXI СТОЛІТТЯ:  
УПРАВЛІННЯ, ТЕХНОЛОГІЇ, МОДЕЛІ**

**Дискусії 2015**

**Колективна монографія**

**За редакцією Хлобистова Є.В.**

**ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ – XXI WIEK:  
ZARZĄDZANIE, TECHNOLOGIE, MODELE**

**Dyskusje 2015**

**Monografia kolektywna**

**Redakcja naukowa  
Kierownik Zakładu ZP «IGZNRZ NANU»/  
prof. WSEH Ievgen Khlobystov**

Підписано до друку 15.04.2015  
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.  
Умов. друк. арк. 40,1. Гарнітура Neufistica.  
Зам. № 1246. Наклад 300 прим.

Видавець: Чабаненко Ю. А.  
Свідцтво про внесення  
до Державного реєстру видавців  
серія ДК № 1898 від 11. 08. 2004 р.  
Україна, м. Черкаси, вул. О. Дашкевича, 39  
Тел: 0472/45-99-84; 56-46-66  
E-mail: office@2upost.com

Друк ФОП Чабаненко Ю.А.  
Україна, м. Черкаси, вул. О. Дашкевича, 39  
Тел: 0472/45-99-84  
E-mail: office@2upost.com