

Відгук
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Черниш Єлизавети Юріївни
на тему «**НАУКОВІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГО-СИНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ
ДО ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ФОСФОГІПСУ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ
ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ**»,
подану до спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 на здобуття наукового
ступеня доктора технічних наук за спеціальністю
21.06.01 – екологічна безпека

Актуальність обраної теми. Значна кількість зарубіжних та вітчизняних робіт відома з проблематики дослідження впливу фосфогіпсових відходів на компоненти довкілля в місцях їх складування. Але залишається не вирішена проблематика екологізації технологічних процесів утилізації фосфогіпсу, що потребує формування єдиного наукового підходу.

Екосистему важливо розглядати як відкриту термодинамічну систему, в якій постійно відбувається трансфер енергії та речовини із зовнішнього середовища, зокрема токсичних, це можливе при задіяні інструментарію синергетики. Відомі заходи зменшення навантаження на довкілля є ресурсовитратними і не враховують синергетичних процесів перетворення відходів у природних компонентах екосистеми. При цьому щорічний приріст нагромадження фосфогіпсу у світі сягає 120–130 млн. т., а масова частка утилізації не перевищує 10 %. У цей час на території України накопичено більше 55 млн. т.

У дисертаційній роботі вирішується актуальна проблема зниження антропогенного навантаження на довкілля від місць складування фосфогіпсу. Так, робота відповідає пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки в Україні на період до 2020 р. з розділу «Раціональне природокористування» і стратегічним пріоритетним напрямом інноваційної діяльності в Україні на 2011–2021 рр. «Широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища». Вона виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри прикладної екології Сумського державного університету, пов'язаних із тематиками «Розробка шляхів поліпшення екологічної ситуації міст і промислових зон» згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України (номер держреєстрації 0111U006335) та «Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище підприємств хімічної, машинобудівної промисловості та теплоенергетики» (номер держреєстрації 0116U006606).

З огляду на вище зазначене, робота Черниш Є.Ю. є актуальною і направлена на вирішення одного з найважливіших питань – формування наукових засад еколого-синергетичного підходу щодо екологічно безпечного поводження з відходами на прикладі розробки технологій комплексної утилізації фосфогіпсу в системах очищення компонентів довкілля.

Загальна характеристика дисертаційної роботи.

Дисертація складається із анотації, вступу, 7 розділів, висновків, списку джерел літератури, який містить 286 найменувань на 33 сторінках та 24 додатки на 109 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 460 сторінок, робота містить 111 рисунків та 23 таблиці.

Зміст дисертаційної роботи та стиль її викладання відповідають вимогам Атестаційної колегії України до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора наук з технічних спеціальностей. Розділи роботи методично пов'язані та логічно викладені, але по обсягу та фактичному навантаженню вони не рівноцінні.

У вступі обґрунтовано актуальність напряму досліджень та у відповідності до існуючих вимог у достатньому обсязі викладені дані щодо наукової новизни та практичної цінності роботи, висвітлено відомості про апробацію результатів та їхнє впровадження, особистий внесок автора, а також описано основні положення дисертації, що пропонуються до захисту.

У розділі 1 проведено аналіз досліджень впливу процесу видобутку і переробки фосфоритової сировини на довкілля. Проаналізовано дослідження забруднення довкілля внаслідок відкритого складування фосфогіпсу. Найбільша небезпека пов'язана з надходженнями хімічних домішок, що містяться в формі водорозчинних та летких сполук. Утворений фосфогіпс становить значну екологічну небезпеку внаслідок залишкової кислотності, присутності сполук фтору, мікроелементів і ВМ. Ці домішки надходять у НС – атмосферу, ґрунт, підземні і поверхневі води.

Проведено аналіз досягнень з мінімізації негативного впливу техногенних масивів фосфогіпсу та напрямів розроблення технологій отримання з нього товарного продукту. Виділені основні недоліки відомих технологій утилізації фосфогіпсу з точки зору їх екологічної небезпеки. Встановлено, що екологічно безпечне поводження з фосфогіпсом потребує формування єдиного наукового підходу, що враховує синергетичні механізми розвитку процесів в екосистемі для формування напряму перероблення та утилізації фосфогіпсу як вторинного сировинного ресурсу зі зв'язуванням токсичної компоненти у малорозчинні сполуки та вилученням її із біохімічних циклів перетворення елементів у біосфері.

Проведений аналіз дозволив сформулювати завдання і основні етапи досліджень.

Розділ 2 дисертації присвячено об'єктам та методам дисертаційного дослідження. Визначено чинники впливу відвального фосфогіпсу на навколишнє середовище. Обґрунтовано, що найбільший вплив на довкілля при експлуатації відвалів визначається в забрудненні підземних і поверхневих вод, ґрунтово-рослинного покриву речовинами, що просочуються через екран або у результаті їх випаровування та вимивання зі стінок відвалу атмосферними опадами, вивітрювання й пиління відвалів пов'язано з надходженням шкідливих речовин в атмосферне повітря. Відбуваються відчуження й забруднення значних земельних ділянок, трансформація природного ландшафту.

Здійснена еколого-гігієнічна оцінка впливу фосфогіпсових відвалів на ґрунти прилеглих територій. Наведено результати польових досліджень впливу відвального фосфогіпсу на біотичну складову довкілля.

Розроблено експериментальні установки для проведення процесу перероблення фосфогіпсу в екологічно безпечні продукти та запропоновано комплекс методів та методик для проведення теоретичних досліджень з метою вирішення поставлених у роботі завдань. Розроблено алгоритм експериментальних дослідження утилізації фосфогіпсу в технологіях захисту НС з використанням відповідних вимірювальних приладів та методів обробки результатів.

Розділ 3 присвячено розробленню еколого-синергетичного підходу дослідження техногенного впливу відвалів відходів на довкілля на прикладі фосфогіпсу, що направлений на формування положень синергетичної теорії при розгляді екосистемних процесів та взаємозалежностей між чинниками екологічної небезпеки і факторами розвитку природних та природньо-антропогенних компонентів довкілля.

Надано визначення еколого-синергетичного підходу як методології дослідження синергетичних механізмів змін станів екосистеми та її компонентів, що діють на принципах самоорганізації та саморозвитку, при впливі чинників техногенного навантаження, зокрема процесу накопичення відходів в умовах біфуркації. Синергічний ефект сумісного впливу різних факторів дії НС на масив відвалів досліджено на прикладі дослідження основних факторів впливу відвалів фосфогіпсу на стан природних компонентів довкілля. Експериментально досліджено елементи синергетичних механізмів при моделюванні процесів фільтрації забруднених вод з відвального фосфогіпсу в ґрунтовому профілі та здійснено математичне моделювання міграції полютантів із фосфогіпсових відвалів.

Розділ 4 містить наукове обґрунтування еколого-синергетичних засад розроблення технологічних рішень щодо зменшення техногенного навантаження на довкілля на прикладі утилізації фосфогіпсу. З метою ефективного залучення компонентного складу фосфогіпсу у процеси біоконверсії було враховано синергетичні закономірності розвитку природних асоціацій необхідних еколого-трофічних груп біоти. Важливим є визначення детермінант переходів через точку біфуркації природньо-техногенної системи, що містить фосфогіпс. Для цього визначено чинники, що впливають на ефективність процесів утилізації фосфогіпсу та продуктів на його основі в технологіях захисту НС.

У роботі запропоновано групи біогенних композитів на основі фосфогіпсу, що були розділені на групи за наявністю біотичної компоненти в їх структурі та напрямом утворення і використання у технологіях захисту НС. Визначено, що у процесі біохімічних трансформацій токсичних сполук в умовах розвитку біотичної компоненти на носії із фосфогіпсу отримують системний довготривалий екологічний ефект, що полягає у вилученні корисних біогенних компонентів з відвалів та їх подальшою утилізацією в сільському господарстві (наприклад, біосірки і сполук фосфору);

підтримання умов фіксації токсичних речовин з метою обмеження шляхів їх надходження в наземні екосистеми (зокрема осадження ВМ у комплексі малорозчинні/нерозчинні сполуки).

Проведено низку експериментальних робіт щодо підвищення біоактивності гранул фосфогіпсу з урахуванням прояву синергетичного ефекту на підставі самоорганізації складного комплексу «фізико-хімічна система гранул – біохімічна система мікроорганізмів». Найбільш оптимальний варіант модифікованих гранул з фосфогіпсу із діаметром 4–5 мм для використання їх у біохімічних технологіях очищення компонентів доквілля одержано при обробленні фосфогіпсу з вологістю 32 %, додаванні гідратного вапна в кількості 5 % від заг. маси й часі окатування 15 хвилин.

Розділ 5 включає обґрунтування розвитку еколого-синергетичних засад процесів газоочищення з іммобілізацією мікроорганізмів на мінеральному носії, що виготовлений на основі фосфогіпсу.

Іммобілізація мікроорганізмів на носії, який виконує протекторну функцію для захисту біооб'єктів від токсичних компонентів забрудненого середовища і продуктів власне їх метаболізму, сприяє формуванню стійкої мікробної асоціації та підвищенню ефективності процесу газоочищення з урахуванням синергетичних механізмів розвитку мікроекосистем. Дослідження показали, що в процесі нарощування біомаси на поверхні модифікованих гранул фосфогіпсу утворюється стійка біоплівка та спостерігається еколого-синергетичний ефект при взаємодії гранул та бактерій, що сприяє максимально ефективному очищенню газового потоку від сполук сірки (97,0–99,8 %).

Здійснено математичне моделювання біохімічної ємності завантаження із фосфогіпсу з урахуванням сорбційних процесів на його поверхні та рівномірного розподілу сірководню газового потоку. Для оптимізації оцінювання окисної здатності біоплівки була взята нелінійна залежність швидкості розвитку необхідних еколого-трофічних груп бактерій від різних фізико-хімічних та біохімічних чинників ведення процесу газоочищення з урахуванням властивостей носія із фосфогіпсу.

Здійснено розроблення систем та устаткування газоочищення з використанням завантаження із фосфогіпсу у відповідності до вимог екологічної безпеки в рамках розвитку еколого-синергетичної концепції поводження з цим відходом. Дослідно-промислові випробування показали, що розроблені установки мають високу ефективність, стабільність робочих показників в умовах тривалої експлуатації (акт впровадження від 18 листопада 2016 р.).

Розділ 6 присвячено науковому обґрунтуванню засад еколого-синергетичного підходу до сучасних рішень видалення сполук фосфору із стічних вод та мулових осадів в процесі утилізації фосфогіпсу в технологічних системах захисту водних екосистем.

У роботі для розроблення технології утилізації фосфогіпсу в процесі біохімічного очищення стоків та мулових осадів (МО) здійснено експериментальне моделювання кінетики автокаталізу процесу анаеробної

стабілізації при внесенні у систему дигідратного фосфогіпсу. Реалізація біохімічної технології утилізації вторинних ресурсів включає введення у систему анаеробної стабілізації фосфогіпсу для стимулювання синергетичної взаємодії необхідних еколого-трофічних груп бактерій як діючого біологічного агенту і відповідно для стимулювання виділення фосфат-іонів із стоків та МО. Визначено, що кінцева концентрація вивільнених фосфатів у рідкій фазі МО спостерігалась в 2,5–5,0 рази більша у порівнянні з вхідним потоком та в цілому досягається потенціал вилучення сполук фосфору – 80 %.

Сформовано еколого-синергетичну модель речовинних потоків, що пов'язані з процесом дефосфатації МО при сумісній анаеробної стабілізації з фосфогіпсом та обґрунтовано синергетичні ефекти якісних біохімічних трансформацій з дезінтеграцією та повторною агрегацією анаеробного мулу. Цей процес має першочергове значення для синергізму розвитку синтрофних груп мікроорганізмів. Визначено, що система «мікробіом – мінеральна основа фосфогіпсу – органічна складова МО» в процесі самоорганізації переходить на новий рівень структурних перетворень, що і визначають емерджентні властивості продукту сумісної обробки – біогенного композиту. Здійснено розроблення технологічної схеми споруд комплексного очищення стоків та МО з утилізацією фосфогіпсу.

Розділ 7. У розділі здійснено еколого-синергетичне обґрунтування властивостей та ефективності використання біокомпозиту, що є продуктом сумісної анаеробної конверсії МО та фосфогіпсу, в технологіях відновлення ґрунтів та моделювання процесу стимулювання природних захисних властивостей ґрунтового комплексу за його впливу.

Результати дослідження синергетичних механізмів у кінетиці вилуговування іонів металів в ґрунті до і після оброблення показали перерозподіл їх фракцій в системі «ґрунтовий комплекс – біокомпозит». Визначено зменшення обмінної фракції ВМ на 84 %.

Розроблено еколого-синергетичну модель впливу орґано-мінерального біокомпозита, що пропонується, на захисну функцію ґрунтового комплексу. У процесі взаємодії ґрунтового комплексу з біогенним композитом утворюється низка спільних продуктів взаємодії, що формуються при залученні у процес трансформації його компонентів біотичної складової ґрунту в процесах селективної фіксації іонів металів, синергізму сумісної агрегації орґано-мінеральних ґрунтових часток і біокомпозиту, біосорбції та біосадження ВМ. Здійснено математичне моделювання біохімічного зв'язування іонів ВМ у ґрунті за дії біокомпозита для підвищення агро-екологічних показників території реабілітації земельних угідь.

Висновки відображають хід розв'язання поставлених у роботі завдань, містять основні результати дисертаційного дослідження, які достатньо повно характеризують науково-практичні досягнення дисертанта.

Основні наукові положення та отримані результати мають необхідний ступінь наукової та практичної новизни та можуть бути застосовані для реалізації екологічно безпечних напрямів поводження з фосфогіпсовими відходами.

Наукова новизна одержаних результатів.

У дисертаційній роботі Черниш Є.Ю. розвинуто наукові основи еколого-синергетичного підходу до екологічно безпечних технологічних процесів утилізації фосфогіпсу для зменшення техногенного навантаження на довкілля. Наукові висновки дисертаційного дослідження ґрунтуються на викладених у розділах 2–7 теоретичних та експериментальних даних. До основних наукових результатів особисто отриманих автором слід віднести такі:

1. Уперше науково обґрунтовано еколого-синергетичні засади аналізу техногенного впливу місць складування фосфогіпсу з урахуванням синергетичних характеристик розвитку екосистеми на різних рівнях її організації при впливі чинників екологічної небезпеки, що формуються у процесі накопичення масивів відходів у довкіллі;

2. Уперше розроблено еколого-синергетичні засади утилізації фосфогіпсу при використанні його в якості мінерального носія в біосорбційних процесах захисту компонентів довкілля;

3. Уперше з метою зниження техногенного навантаження на атмосферне повітря встановлені еколого-синергетичні механізми утворення біоактивного прошарку в фосфогіпсовому носії в процесі очищення відхідних газів від сполук сірки;

4. Уперше з метою зниження техногенного навантаження на гідросферу визначені еколого-синергетичні механізми виділення фосфат-іонів у рідку фазу в процесі сумісної анаеробної конверсії мулових осадів та фосфогіпсу, що дозволяє підвищити ефективність водоочищення на станціях біологічного очищення міських очисних споруд;

5. Уперше з метою зниження техногенного навантаження на ґрунтовий комплекс визначені синергетичні закономірності змін фракційного складу ВМ з утворенням стійкої нерозчинної фракції в системі «ґрунт – мікробний біом – біокомпозит» на основі мулових осадів та фосфогіпсу в процесі ремедіації забруднених ґрунтів.

6. Набуло подальшого розвитку моделювання міграції ВМ у техногенному тілі фосфогіпсового відвалу та ґрунті за рахунок ведення нових параметричних показників стану ґрунтового комплексу з урахуванням процесу біовилугування компонентів фосфогіпсу.

Оцінка висновків здобувача щодо значущості його роботи для науки і практики. Одержані дисертантом результати сприяють розвитку нових наукових засад щодо вирішення проблематики накопичення фосфогіпсу у довкіллі, вони сприяють реалізації на практиці екологічно безпечних технологічних рішень у процесі утилізації фосфогіпсу в технологіях захисту природних компонентів середовища. **Наукова значимість роботи** полягає в розробленні еколого-синергетичного підходу щодо поводження з відходами на прикладі фосфогіпсу, що забезпечує оцінювання змін в екосистемі в умовах зростаючого впливу техногенного чинника з урахуванням синергетичних механізмів та ефектів розвитку природно-антропогенних систем та формування наукових засад розроблення

комплексу заходів екологічно безпечної переробки фосфогіпсу в біокомпозитні матеріали для використання у технологічних рішеннях очищення компонентів довкілля.

Практичне значення одержаних результатів.

Дослідження екологічної безпечності використання біокомпозитних матеріалів на основі фосфогіпсу, виготовлених за запатентованими дисертантом технологіями, показали високу ефективність у біохімічних технологіях захисту атмосфери, гідросфери та педасфери. Дослідно-промислові випробування технології біодесульфуризації з використанням мінерального носія з фосфогіпсу були проведені на Сумському ДНДІ «МІНДІП» м. Сум та підтвердили її працездатність (акт впровадження від 18 листопада 2016 р.). Наукові результати дисертації використовуються у курсах «Муніципальна екологічна діяльність», «Хімія геосистем», «Техноекологія», «Еніоекологія» та «Екологічні біотехнології» навчального процесу Сумського державного університету, що підтверджено відповідним актом впровадження.

Оцінка обґрунтованості, достовірності та новизни наукових положень, висновків і рекомендацій. Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі Черниш Є. Ю., базуються на достатньому обсязі теоретичних, експериментальних досліджень, є достатньо науково обґрунтованими, а їх однорідність та достовірність підтверджена різними методами досліджень, що засновані на визначенні еколого-синергетичних механізмів досліджуваних процесів, біохімічному і математичному моделюванні та прогнозуванні. У роботі використано сучасні методи наукових досліджень, такі як: кореляційно-регресійний аналіз, біоіндикаційний, фізико-хімічний, графо-аналітичний та еколого-трофічний аналізи тощо.

Апробація результатів дисертаційного дослідження. Матеріали дисертації доповідались та обговорювались на 16 конференціях міжнародного рівня за відповідною спеціальністю.

Можливі шляхи використання отриманих результатів досліджень.

Науково-дослідними установами, державною системою органів управління промисловістю, а також виробничими підприємствами при розробці комплексних заходів щодо вдосконалення промислової інфраструктури з використанням нових екологічно безпечних технологій підвищення її екологічної безпеки при утилізації відходів виробництва фосфоровмісних добрив та очищення природних компонентів довкілля.

Автореферат в достатній мірі відображає основні положення та зміст дисертації.

Тематика досліджень відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека, зокрема пункту «Удосконалення існуючих, створення нових екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів, додержання нормативів шкідливих впливів на довкілля». Наведені результати визначають технічне спрямування дисертаційної роботи.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях. За результатами дисертаційної роботи було опубліковано 80 наукових праць, з яких: 1 монографія у співавторстві; 24 статті у наукових фахових виданнях з переліку МОН України, 15 статей у закордонних наукових періодичних виданнях та у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних (Scopus та Web of Science), 1 стаття – в інших виданнях, 36 матеріалів доповідей у збірниках праць конференцій, 3 патенти України.

Кількість та хронологія публікацій свідчать про те, що Черниш Є. Ю. протягом ряду років сумлінно працювала над обраною тематикою.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які сформульовано в дисертації, повністю викладено в опублікованих роботах здобувача.

Зауваження щодо змісту дисертації:

1. У першому розділі дисертації доцільно було б більше уваги приділити дослідженням іноземних авторів, зокрема тих країн, які мають таку ж екологічну проблематику накопичення фосфогіпсу у техногенних масивах.

2. Наведення табл. 1.2, на думку опонента, є недоцільним. Це відомі дані.

3. Не зрозуміло яким чином враховувалося значення рН ґрунтового розчину при математичному моделювання міграції важких металів у формулах 3.6 і 3.7, що є дуже доречним внаслідок змінної реакційної активності різних форм знаходження металів при підвищених значеннях кислотності середовища.

4. За схемою біофільтра (рис. 5.18) не зрозуміло куди видаляється залишок фосфогіпсових гранул після використання в системі газоочищення, доречним було зробити роз'яснення.

5. Що відбувається з фтором, який може бути присутній у свіжому фосфогіпсі як домішка, в процесі оброблення та застосування в системах очищення водного середовища?

6. Представлений у роботі графік залежності значення рН від просторового розміщення за терасами фосфогіпсового відвалу (рис. 2.8), скоріш за все краще було б подати в залежності від часу складування.

Виказані зауваження не знижують наукової значимості основних положень і не впливають на принципову позитивну оцінку дисертаційної роботи опонентом.

Висновок. Оцінюючи дисертаційну роботу Черниш Є. Ю. необхідно відмітити, що не зважаючи на вказані зауваження щодо науково-технічної сутності роботи та стилістичні похибки, які є в роботі, в цілому вона має високу наукову та практичну цінність для вирішення проблеми зменшення негативного впливу та покращення екологічної безпеки навколишнього середовища під впливом процесу накопичення техногенних масивів фосфогіпсу. Розглянута дисертаційна робота представляє собою завершене наукове дослідження, що відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку

присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а також паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека.

Вважаю, що Черниш Єлізавета Юріївна заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри екології
Харківського національного
автомобільно-дорожнього
університету, д. т. н., проф.



Н. В. Внукова

