

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, доцента

Луцької Оксани Володимирівни

**НА ДИСЕРТАЦІЙНУ РОБОТУ БРОНИЦЬКОГО ВАДИМА ОЛЕГОВИЧА
«ПРОГНОЗУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗАКРИТИХ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ
ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В ЯКОСТІ ОСНОВ СПОРУД»,**

*представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека*

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Щороку в Україні утворюється 11–13 млн. тонн твердих побутових відходів. Річна кількість відходів на душу населення становить близько 300 кг. За різними даними, рівень переробки ТПВ в Україні коливається від 3 до 8% (для країн Європейського Союзу він складає до 60% ТПВ) при цьому більше 90% ТПВ спрямовується на полігони та несанкціоновані звалища. Згідно з офіційними розрахунками, 10 000 га землі зайнято близько 6 700 полігонами та звалищами.

Постійне збільшення їх об'ємів і, як наслідок, збільшенням площ, що відводяться під полігони, гостро постає питання про екологічну безпеку та стійкість полігонів для і їх повторного використання в подальшому. Неefективне поводження та управління відходами призводить до негативного екологічного впливу на навколишнє середовище та на здоров'я людей, що ставить питання про екологічну безпеку, оцінку екологічних ризиків та стійкість полігонів для їх повторного використання в якості основи споруд.

Переведення закритих полігонів зі стану екологічно небезпечного в екологічно безпечний об'єкт – актуальне науково-практичне завдання. Дисертаційна робота Броницького В.О. присвячена вирішенню цієї актуальної науково-практичної задачі, мета якої – теоретичне обґрунтування екологічно безпечного застосування закритих полігонів твердих побутових відходів в якості основ споруд для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечення раціонального використання природних ресурсів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні положення дисертаційної роботи щодо постановки завдання екологічних досліджень, методів і засобів їх розв'язання відповідають положенням

Законодавства України щодо охорони навколишнього природного середовища та Концепції національної екологічної політики України на період до 2030 року. Дослідження проводились у відповідності з Стратегією сталого розвитку "Україна-2020" та у рамках виконання наукових досліджень кафедри інженерної екології КПІ ім. Ігоря Сікорського за темою "Забезпечення збалансованого природокористування, зниження енергоємності виробництва та підвищення рівня екологічної безпеки підприємств на базі аналізу та синтезу оптимальних геотехнологічних процесів" (№ДР 0111U010300) в якій автор брав участь як виконавець.

Відповідність мети, об'єкту, предмету та завдань дослідження паспорту спеціальності. Сформульовані у дисертації елементи наукової роботи відповідають паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека. Зокрема, четвертому пункту: «Вивчення екологічної обстановки навколо атомних, теплових електростанцій, гірничо-видобувних підприємств, інших небезпечних об'єктів; обґрунтування й розробка заходів для поліпшення цієї обстановки...», шостому пункту: «Обґрунтування наукових засад безпечного видобування, зберігання, технології переробки, транспортування, захоронення, знешкодження радіоактивних та інших шкідливих речовин», сьомому пункту: «Вплив техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище, обґрунтування теоретичних і практичних засад виведення їх з експлуатації...»

Мета, об'єкт, предмет та завдання виконаного дослідження також узгоджуються із формулою спеціальності «...збереження та відновлення навколишнього середовища».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, викладених у роботі. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено критичним аналізом літературних і патентних джерел, відповідністю методів дослідження поставленим в роботі мети і завданням, коректним застосуванням методів системного аналізу та прийняття управлінських рішень, відповідними теоретичними розрахунками, задовільною збіжністю результатів моделювання та експериментальних результатів, а також поширеною апробацією результатів досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукові висновки дисертації ґрунтуються на викладених в роботі теоретичних, експериментальних та розрахункових даних. Найвагомими та достовірними результатами, які характеризують наукову новизну роботи і особистий внесок автора:

уперше:

- методом ієрархічного аналізу обґрунтовано екологічно безпечну технологію утилізації відходів з найбільшим значенням глобального пріоритету (до повного і незворотного руйнування діоксинів і очищення димових газів до рівня, безпечного для навколишнього середовища і здоров'я людини) – технологію спалювання в барабанних печах, яка в 1,9...2,1 рази перевищує значення для технологій спалювання в металургійних та цементних печах та при обробці з використанням піролізу чи газифікації;

- розроблено просторову математичну модель процесу консолідації тіла полігону ТПВ, яка відрізняється від існуючих комплексним врахуванням геометричних розмірів та форми полігону, динамічних та статичних навантажень, що дозволяє оцінити вплив цих чинників на навколишнє середовище при осіданні полігону;

- запропоновано враховувати при розрахунку стійкості полігону підстилаючий ґрунт як одного з основних чинників при формуванні осідання, що дозволить більш обґрунтовано оцінити вплив техногенно небезпечного об'єкта на навколишнє середовище та обґрунтувати теоретичні і практичні засади виведення їх з експлуатації;

- встановлені закономірності зміни напружено-деформованого стану полігону в залежності від типу підстилаючих ґрунтів, розмірів та взаємного розташування шарів та від фізико-механічних властивостей тіла полігону і його геометричних розмірів, що дозволило проводити комплексну оцінку стійкості закритих полігонів;

- отримано залежності осідання полігону ТПВ від величини статичного і динамічного навантаження, що дає можливість прогнозувати його стійкість і обирати тип споруди для його екологічно безпечного використання;

набуло подальшого розвитку:

- методологія аналізу режимів відмов та наслідків при експертній оцінці ризиків для розрахунків та наукового обґрунтування допустимих рівнів впливу закритих полігонів ТПВ на навколишнє середовище, яка дала змогу встановити, що показниками з найбільш високим ступенем тяжкості ефектів для (RPN>125) є: вплив атмосферного повітря RPN = 700; деформації поверхні RPN = 400; вплив на дихальні шляхи RPN = 384; небезпека вибуху та пожежі RPN = 324.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному.

Розробленні методика та комплекс програм для розрахунку осідання тіла полігону на основі математичного моделювання закономірностей напружено-деформованого стану полігону при динамічних та статичних навантаженнях з врахуванням його взаємодії з ґрунтовою основою, шаруватості підстилаючого ґрунту, геометричних розмірів та форми полігону, яка з врахуванням експертної оцінки ризиків повторного використання територій дає можливість відновити навколишнього середовища шляхом їх застосування в якості основ споруд.

Розроблені в дисертаційній роботі методології оцінки стійкості природно техногенного середовища під дією навантажень різного типу впроваджено на *ТОВ «П'ятий гідротехнічний підводний загін» (м. Київ)* при розрахунках стійкості берегоукріплення водних об'єктів на етапі проектування та початку будівництва берегозахисних та гідротехнічних споруд та можуть бути застосовані на інших виробничих об'єктах, які є джерелами екологічної небезпеки. Матеріали дисертації також впроваджено в учбовому процесі КПШ ім. Ігоря Сікорського в курсах лекцій «Основи екології та наноекологія», «Екологізація виробництва та «зелені технології», «Стратегія охорони навколишнього середовища». Впровадження результатів дослідження підтверджено відповідними актами.

Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях. Дисертація є завершеною науковою роботою, що містить анотацію, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаної літератури та додатки. Текст викладено на 194 сторінках машинописного тексту, з яких 160 – основна частина. Матеріали дослідження ілюстровано 78 рисунками та подано у 18 таблицях. Бібліографічний список містить 160 найменувань.

У **вступі** аргументовано показано актуальність теми дисертаційної роботи, подано загальну її характеристику, сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження.

У **першому розділі** виконано аналіз результатів досліджень щодо поводження з поводження з побутовими відходами та полігонами ТПВ.

Зроблено огляд та критичний аналіз патентної та науково-технічної вітчизняної та зарубіжної літератури, надано загальну характеристику стану України щодо ТПВ.

В результаті проведеного аналізу робіт, які присвячені методам моделювання осадки відходів на полігоні ТПВ та вивченню факторів, що на неї впливають встановлено, що існує велика кількість досліджень щодо

стабільності звалищ з урахуванням осадки відходів і практично відсутні щодо впливу підстилаючого ґрунту та його властивостей на осадку.

Розглянуто математичні моделі, що прогнозують осадку на полігоні, а саме моделі, що базуються на механіці ґрунтів, реологічні, емпіричні моделі та моделі, що враховують біодеградацію. На даний час відсутня модель, яка враховує всі фактори і дозволяє достеменно спрогнозувати осадку ТПВ. Найбільш доцільним питанням є розробка узагальненої моделі осадки з урахуванням ґрунтів основи.

Обґрунтовано завдання роботи та вибрано напрямки їх вирішення для зменшення негативного впливу на довкілля шляхом використання закритих полігонів ТПВ в якості основи споруд різного призначення.

На основі виконаного аналізу сформульовано мету, об'єкт, предмет та завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі проведено багатокритеріальний аналіз вибору технології утилізації відходів з використанням парних порівнянь і оцінка ризиків при освоєнні природно техногенних середовищ.

У зв'язку з тим, що полігони ТПВ являють собою екологічну загрозу для навколишнього середовища, а державна політика спрямована на подальше відкриття нових полігонів розглянуто шляхи раціонального поводження з відходами шляхом спалювання на сміттєспалювальних заводах. Застосовувався багатокритеріальний аналіз вибору технології утилізації відходів з використанням парних порівнянь для обґрунтування найбільш ефективної технології спалювання на сміттєспалювальних заводах.

Проведена оцінка ризиків при освоєнні закритих полігонів ТПВ з використанням методології аналізу режимів відмов та наслідків (FMEA). В результаті розрахунків встановлено, що показниками з високим ступенем тяжкості ефектів є: вплив атмосферного повітря (парниковий ефект, руйнування озонового шару), деформації поверхні, вплив на дихальні шляхи, небезпека вибуху та пожежі.

У третьому розділі проведено чисельне моделювання напружено-деформованого стану полігону твердих побутових відходів та ґрунтової основи для прогнозування можливості його використання в якості основи споруди чи конструкції.

Покриваючий і підстилаючий шари ґрунту описувалися узагальненою моделлю Кулона-Мора, в якій повна умова плинності складається з шести поверхонь плинності і з шести пластичних потенційних функцій.

Тіло полігону моделюється слабким ґрунтом з урахуванням повзучості, використовується модель Soft Soil Creep (SSC). Ця модель найбільш повно описує такі властивості слабого ґрунту, як залежну від напружень жорсткість, а також вторинну компресію з урахуванням повзучості, крім того вона враховує як фізичну, так і геометричну нелінійність процесу деформування ґрунту.

Для чисельного розв'язку задачі використовувався метод скінченних елементів.

У четвертому розділі викладені результати чисельного дослідження осадки полігону з найбільш впливовими чинниками: урахуванням підстилаючого ґрунту, шаруватості, форми полігону, куту нахилу схилів, а також проведено чисельне моделювання впливу статичного та динамічного навантаження на осадку полігону.

Розроблена ефективна методика розрахунку осадки полігону, заснована на чисельному моделюванні напружено-деформованого стану полігону і підстилаючого ґрунту з використанням моделі Кулона–Мора для опису покриваючого і підстилаючого шарів ґрунту і моделі SSC для відходів. Ця методика дозволяє дослідити осадку полігону в залежності від його форми, різних типів підстилаючого ґрунту, шаруватості основи, куту нахилу схилу.

Встановлено, що при однакових умовах полігону підстилаючий ґрунтовий шар здійснює значний вплив на величину осадки: чим більш щільний і менш пористий ґрунт, тим менша осадка.

Встановлено, що зі зменшенням куту нахилу схилу полігону відбувається значне зменшення осадки, причому найбільший спад спостерігається у найменш щільного ґрунту (піску).

Встановлено, що полігон в формі прямокутної трапеції менш стійкий, ніж в формі рівносторонньої трапеції.

При дослідженні залежності впливу шаруватого ґрунту на його осідання встановлено, що в залежності від товщини першого шару, якщо перший підстилаючий шар глинистий, то досягається осадка на 19,8-22,5% менше ніж при суглинку. Причому при суглинистій основі її товщина суттєво не впливає на величину осідання.

У п'ятому розділі наведена розроблена методика розрахунку осадки закритого полігону твердих побутових відходів із застосуванням методу скінчених елементів, що базується на математичному моделюванні закономірностей із врахуванням геометричних та фізико-механічних параметрів полігону та ґрунтової основи. На основі розробленої методики був

реалізований пакет прикладних програм на мові програмування C# для оперативного розрахунку осадки закритого полігону, який пропонує для цього вирішення трьох взаємозв'язаних і послідовних задач: 1) прогнозування осідання полігонів з врахуванням підстиляючого ґрунту; 2) прогнозування осідання полігонів з врахуванням статичних навантажень; 3) прогнозування осідання полігонів з врахуванням динамічних навантажень.

Наведено загальний алгоритм поводження з закритим полігоном ТПВ для переведення його з категорії «екологічно небезпечний об'єкт» в категорію «екологічно безпечний об'єкт»

Для практичного застосування розробленої методики проводився розрахунок осадки на прикладі полігону ТПВ, розташованому в м Бориспіль, Київської області.

Запропоновано проводити попереднє планування та процедури закриття звалища для спорудження будівель та конструкцій. Наведені сучасні приклади споруджень та конструкція фундаментів будівель на закритому полігоні ТПВ у світі.

Рекомендовано заходи, направлені на захист будівель, що споруджені на основі закритого полігону ТПВ від звалищного газу.

У **загальних висновках** наведено основні результати роботи, які логічно впливають із розглянутого у дисертації матеріалу досліджень.

Оформлення дисертації відповідає ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" та вимогам Атестаційної колегії МОН України. Мова і стиль викладання дисертації і автореферату, коректна, зрозуміла і логічно висвітлює одержані науково-практичні результати, визначені метою досліджень.

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано у 14 наукових праць, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у закордонних виданнях, що входять до Scopus), 7 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

Дисертаційна робота написана ясною та зрозумілою для фахівців в галузі екологічної безпеки мовою. Наприкінці кожного розділу роботи зроблено конкретні, обґрунтовані висновки. Стиль, мова, оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам до кандидатських дисертацій та демонструють вміння автора стисло, ясно і чітко викладати теоретичні та практичні результати наукової роботи.

Відповідність автореферату змісту дисертаційної роботи. Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням та матеріалам дисертаційної роботи.

Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату.

1. Перший розділ дисертаційної роботи переобтяжений зайвими деталями, а з рис.1.1 – 1.6, стор. 26-29 не зовсім зрозуміло за який період часу наведено статистичні дані за кількістю полігонів (якщо тільки за 2019 рік, то чому обрано саме цей рік).

2. У розділі 2 (стор. 66), де робиться постановка наукової проблеми і формуються наукові завдання, доцільно було б навести структурно-логічну схему наукових досліджень для розуміння логіки викладення матеріалу дисертації та проведення наукових досліджень щодо відновлення навколишнього середовища шляхом повторного застосування закритих полігонів твердих побутових відходів в якості основ споруд.

3. На мою думку, в дисертаційній роботі доцільно було навести в чинники впливу закритих полігонів ТПВ на основні складові екосистеми.

4. У розділі 3 (стор. 103) було б доречно більш чітко зазначити переваги моделі SSC над існуючими при моделюванні тіла полігону ТПВ.

5. В розділі 4 (стор. 144) не достатньо повно висвітлена методологія розрахунку динамічних навантажень на полігон ТПВ через 30 років після його закриття.

6. З тексту дисертаційного рукопису (на стор. 92-95) не зрозуміло чим обумовлено застосування в роботі закону Дарсі при моделюванні фільтрації рідини в полігоні?

7. Як висвітлено в розділі 5 для практичного застосування розробленої Вами методики розрахунок осадки проводився на прикладі полігону ТПВ, розташованому в м Бориспіль, Київської області, чому ж в роботі не наведено жодного фото або космічного знімку полігона?

8. У тексті дисертації зустрічаються описки та неточності орфографічного та стилістичного характеру.

Однак наведені зауваження не впливають на результати ретельно опрацьованої опонентом дисертаційної роботи та автореферату.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Броницького В. О. на тему: «Прогнозування використання закритих полігонів твердих побутових відходів в якості основ споруд» є завершеною науковою працею виконано на належному науковому рівні, що в сукупності вирішує науково-практичну задачу в галузі екологічної безпеки – підвищення рівня екологічної безпеки теоретичним обґрунтуванням екологічно безпечного застосування закритих полігонів твердих побутових відходів в якості основ споруд. Отримані результати можна використати в галузі екології, геології, технологій захисту навколишнього середовища, а також у роботі державних органів природоохоронної сфери.

В цілому, робота Броницького В.О., за об'ємом, змістом і рівнем та оформленням виконана на рівні вимог до кандидатських дисертацій відповідно до п.9, 11, 12 та 13 Положення «Про порядок присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року, № 576 із змінами, має беззаперечну наукову новизну та практичну цінність, а її автор *Броницький Вадим Олегович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.*

Офіційний опонент,

доцент кафедри екологічної безпеки ДЗ
«Державна екологічна академія
післядипломної освіти та управління»,
доктор технічних наук (за спеціальністю
21.06.01 – екологічна безпека), доцент



О. В. Луньова

Підпис Луньової О.В. затверджую
Начальник кадрового забезпечення



О.А. Аксьонова