

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Косяк Ірина Віталіївна

УДК 504.55.054:622+504.064.45

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІДВАЛІВ ГРАНІТНИХ КАР'ЄРІВ НА
СТАН ҐРУНТІВ ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ**

Спеціальність 101 «Екологія»

Автореферат
дисертації на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня
магістра

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України на кафедрі інженерної екології.

Науковий керівник – Кандидат технічних наук
Тверда Оксана Ярославівна,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
старший викладач кафедри інженерної екології

Захист відбудеться 22 травня 2018 року о 14⁰⁰ у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, ауд. 201.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Гірниче виробництво технологічно взаємопов'язане з процесами впливу на навколишнє середовище з метою забезпечення сировинними та енергетичними ресурсами різних сфер господарської діяльності. Видобуток корисних копалин відкритим способом характеризується значною дією на біосферу, впливаючи практично на всі її елементи: повітряний та водний басейни, землю, рослинний і тваринний світ. Кожен процес схеми видобування корисних копалин несе негативний вплив на навколишнє середовище. Основними з них є: буріння, підривання, первинне та вторинне подрібнення, процеси, пов'язані з переміщенням гірської маси та відвалоутворення.

Відвал кар'єру є одним із основних джерел забруднення навколишнього середовища. Питання забезпечення екологічної безпеки в районах розробки корисних копалин від пилоутворюючої здатності накопичувачів гірських порід (відвалів і хвостосховищ) мають велике значення. Концентрація пилу, який переноситься з відвалів гірських порід на значну відстань, значно перевищує граничнодопустимі нормативи, що впливає як на стан навколишнього середовища регіону загалом, так і на рівень родючості ґрунтів, вміст шкідливих речовин в сільськогосподарських культурах, що вирощуються на них. Тому існує потреба дослідження механізму впливу відвалів гірської маси на ґрунти територій прилеглих до кар'єрів. Саме це підтверджує актуальність теми дисертаційної роботи.

Мета та задачі дослідження. Метою даної магістерської дисертації є оцінка впливу гранітних відвалів на стан ґрунтів прилеглих до кар'єрів територій. Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі поставлено і вирішено наступні завдання:

- виконати аналіз стану теорії та практики з питань дослідження впливу гранітних відвалів на стан ґрунтів прилеглих територій;
- провести аналіз методів оцінки параметрів стану ґрунтів;
- провести дослідження стану ґрунтів прилеглих територій до гранітних відвалів, визначити фітотоксичний ефект ґрунтів і встановити його залежність від відстані до відвалу кар'єру;
- провести експериментальне дослідження стану ґрунтів прилеглих територій до гранітних відвалів на клітинному рівні;
- розробити рекомендації щодо покращення екологічного стану ґрунтів прилеглих територій до гранітних кар'єрів та зменшення впливу відвалів на навколишнє середовище.

Об'єктом дослідження є – процес забруднення ґрунтів територій прилеглих до відвалів гранітних кар'єрів.

Предмет дослідження – показники забруднення ґрунтів територій прилеглих до гранітних кар'єрів пилом породних відвалів.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач у роботі використовувалися сучасні методи наукових досліджень: аналізу – для

узагальнення сучасних досягнень з питань мінімізації впливу відвалів кар'єрів на екологічний стан ґрунтів прилеглих територій; методу аналізу ієрархій – для обґрунтування вибору рослинних тест-систем для оцінки токсичності ґрунтів територій прилеглих до гранітних відвалів; спостереження – для порівняння біопараметрів (висота рослин, довжина кореневої системи) рослинних тест-культур, пророщених на досліджуваних пробах ґрунту поблизу гранітного кар'єру та на контрольному зразку ґрунту; експерименту – для цитологічного дослідження токсико-мутагенної активності досліджуваних проб ґрунту; дисперсійного аналізу – для встановлення залежності ФЕ від відстані до відвалу; еколого-економічного аналізу – для оцінки ефективності розроблених рекомендацій щодо покращення екологічного стану ґрунтів прилеглих територій до гранітних кар'єрів.

Наукова новизна одержаних результатів, що виносяться на захист, представлена науковими положеннями, в яких вперше:

– встановлено залежність фітотоксичного ефекту від відстані до відвалу гранітного кар'єру, яка описується поліномом 1-го порядку;

– встановлено закономірності реакції-відповіді тест-рослин *Allium* сера L. та *Lepidium sativum* L. на присутність пилу гранітного відвалу у ґрунтах на клітинному рівні, що проявлялися в зменшенні кількості (%) хромосомних патологій меристемних клітин з наближенням до відвалу кар'єру;

– встановлено залежність частоти виникнення хромосомних аберацій (%) на кожній стадії мітозу від відстані до гранітного відвалу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в:

– розробці рекомендацій щодо покращення екологічного стану досліджуваних територій на основі виявленого механізму впливу гранітних відвалів на ґрунти, що включають використання аморфного кремнію з гранітних відвалів для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і їх якісних характеристик та захисту рослин від мутацій на клітинному рівні, і відрізняються від відомих рекультиваційних заходів тим, що передбачають використання рослин-кремнієфілів виду *Stipa* у ролі рослин-сидератів;

– обґрунтуванні вибору комплексу рослинних тест-систем для отримання найбільш повної та об'єктивної інформації щодо впливу відвалів гранітних кар'єрів на стан ґрунтів;

– можливості використання результатів дисертаційної роботи у навчальному процесі при підготовці фахівців за спеціальністю 101 «Екологія».

Особистий внесок здобувача у роботи, опубліковані у співавторстві, полягає у: [1] – проведено аналіз методів біоіндикації з метою оцінки впливу відвалів саме гранітних кар'єрів на стан ґрунтів прилеглих територій, обґрунтовано необхідність застосування методів біоіндикації з метою отримання інформації не лише про об'єми забруднення, а й оцінки результатів впливу такого забруднення на живі організми; [2] – методом аналізу ієрархій обґрунтовано застосування в якості тест-об'єктів цибулі ріпчастої та крес-

салату для оцінки екологічного стану ґрунтів прилеглих територій до гранітних відвалів; [3] – проведено оцінку токсичності ґрунтів територій прилеглих до відвалів гранітних кар'єрів, встановлено залежність величини фітотоксичного ефекту від відстані до відвалу кар'єру.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на: Міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсозбереження і екологічна безпека» (Київ, 2016); IX Міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (Київ, 2017).

Публікації. Основний зміст дисертації викладено у 5 наукових працях, у тому числі: дві статті опубліковано в журналах включених до Переліку наукових фахових видань України; одну статтю опубліковано в журналі, що має ліцензію Міжнародного наукового видання та індексується в РИНЦ; двох тезах доповідей Міжнародних науково-технічних конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Магістерська дисертація складається зі вступу, п'яти розділів і висновку, викладених на 118 сторінках машинописного тексту, у тому числі містить 34 рисунки, 19 таблиць, список використаних джерел із 129 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та основні задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність результатів дослідження.

Перший розділ присвячено аналізу теоретичних і експериментальних досліджень процесу впливу відвалів гранітних кар'єрів на ґрунти. Питанням оцінки забруднення навколишнього середовища гірничими підприємствами займалось багато провідних вчених, серед них: Губачов О.І., Маячкіна Н.В., Чугунова М.В., Бешлей З.М., Бешлей С.В., Баранов В.І., Терек О.І., Миленька М.М. та інші.

Аналіз літературних джерел показав, що сьогодні існує велика кількість розробок для пригнічення пилоутворюючої здатності породних відвалів. Проте незважаючи на значні масштаби розроблених інженерних рішень, практичні результати з питань мінімізації впливу відвалів кар'єрів на оточуюче середовище досить скромні. Це пов'язано з тим, що недостатньо уваги приділено аспектам підвищення ефективності запропонованих пристроїв, а також, недостатньо досліджено вплив пилу відвалів на екологічний стан саме ґрунтів.

На сьогоднішній день, не розроблено єдиної методики, яка включала б всі актуальні критерії необхідні для вибору найбільш раціонального способу знепилення породних відвалів. У зв'язку з цим пошук раціональних засобів і способів процесу зниження впливу відвалів гранітних кар'єрів на ґрунти прилеглих територій залишається актуальним.

Необхідним є проведення аналізу методів оцінки впливу відвалів кар'єрів на стан ґрунтів прилеглих територій та визначення найбільш раціонального для умов дослідження тест-реакції живих організмів на присутність пилу гранітних відвалів. Також важливим аспектом є експериментальні дослідження закономірно виникаючих реакцій відповіді тест-системи на дію компонентів ґрунтів прилеглих територій залежно від відстані до відвалу.

У другому розділі наведено аналіз існуючих методик дослідження екологічного стану ґрунтів прилеглих до гранітних відвалів територій та визначено, що для отримання найбільш повної інформації раціональним буде комплекс біоіндикаційних методів оцінки впливу відвалів гранітних кар'єрів, який повинен включати ростовий тест та тест «Аберантність хромосом».

Встановлено, що для отримання найбільш об'єктивної інформації про стан ґрунтів прилеглих до гранітних відвалів територій доцільно застосовувати комплекс рослинних тест-організмів. Проведено аналіз даних джерел та визначено найбільш поширені на територіях концентрації гранітних кар'єрів в Україні (Житомирська та Київська обл.) види рослин-індикаторів ґрунту, а саме: редис посівний (*Raphanus sativus* var. *Radicula Pers.*), крес-салат (*Lepidium sativum* L.), цибуля ріпчаста (*Allium cepa* L.), пшениця (*Triticum* L.) та горох (*Pisum sativum*). Застосовано метод аналізу ієрархій, який дозволив обрати найбільш відповідні тест-організми.

При виборі тест-організмів для дослідження впливу гранітних кар'єрів на ґрунти прилеглих територій враховувались наявність чутливої тест-реакції до зміни концентрації забруднювачів наявних у досліджуваних ґрунтах (Si, Cr, U, Th, Zn), структурні та функціональні ознаки біоіндикаторів.

Таблиця 1 – Результати розрахунку загального ступеню важливості рослинних тест-організмів методом аналізу ієрархій для дослідження впливу гранітних кар'єрів на ґрунти

Тест-рослина	Ступінь важливості тест-рослини
Редис посівний (<i>Raphanus sativus</i> var. <i>Radicula Pers.</i>)	0,1716
Крес-салат (<i>Lepidium sativum</i> L.)	0,203
Цибуля ріпчаста (<i>Allium cepa</i> L.)	0,2117
Пшениця (<i>Triticum</i> L.)	0,1875
Горох посівний (<i>Pisum sativum</i>).	0,1846

Результати розрахунку свідчать про те, що найбільш відповідною рослинною тест-системою для дослідження впливу гранітних кар'єрів на екологічний стан ґрунтів є цибуля ріпчаста (*Allium cepa* L.). Проте для отримання більш точної і об'єктивної оцінки, варто застосовувати декілька різних тест-об'єктів. Враховуючи розраховані ступені важливості тест-організмів, запропоновано додатково використовувати крес-салат (*Lepidium sativum* L.) та пшеницю (*Triticum* L.).

У третьому розділі проведено експериментальне дослідження стану ґрунтів прилеглих до гранітних відвалів з використанням методики «Ростового тесту», де у якості тест-культур обрано цибулю ріпчасту (*Allium cepa* L.), крес-салат (*Lepidium sativum* L.) та пшеницю (*Triticum* L.).

Для біотестування ґрунтів за методикою Горової А.І. відібрано проби ґрунту прилеглих територій до Рокитнянського гранітного кар'єру. Кар'єр функціонує на базі Синявського гранітного родовища і розташований на території Київської області.

Відповідно до обраної методики дослідження, проби ґрунту відібрано за допомогою методу циліндра, який забивають у ґрунт, а потім підрізають знизу лопаткою і переносять у паперовий пакет. Проби бралися разом з усіма наявними в ґрунті включеннями (камінці, конкреції тощо). Середня проба складалася з п'яти добре перемішаних зразків.

Біотестування проводилось у чашках Петрі, де на фільтрувальний папір поміщали 1 г ґрунту та 30 штук насіння тест-культури. Ґрунт і насіння розподіляли по площині чашки Петрі, заливали 5-7 мл вистояної кип'яченої води. Через кожні шість годин проводили провітрювання чашок шляхом відкривання на декілька хвилин.

Дослід тривав 96 годин. Після закінчення експерименту рослини обережно виймали з чашок Петрі з подальшим фіксуванням біопараметрів. Дослідження для кожної проби ґрунту проводились в трьох повторюваностях.

Критерієм токсичності відповідно до методики «Ростового тесту» є відсоток зниження ростових показників біоіндикаторів. Вимірювання довжин кореневої і стеблової системи паростків показали суттєво різні результати для біоіндикаторів. Результати вимірювань отриманих ростових показників тест-рослин представлено у вигляді гістограми на рис. 1.

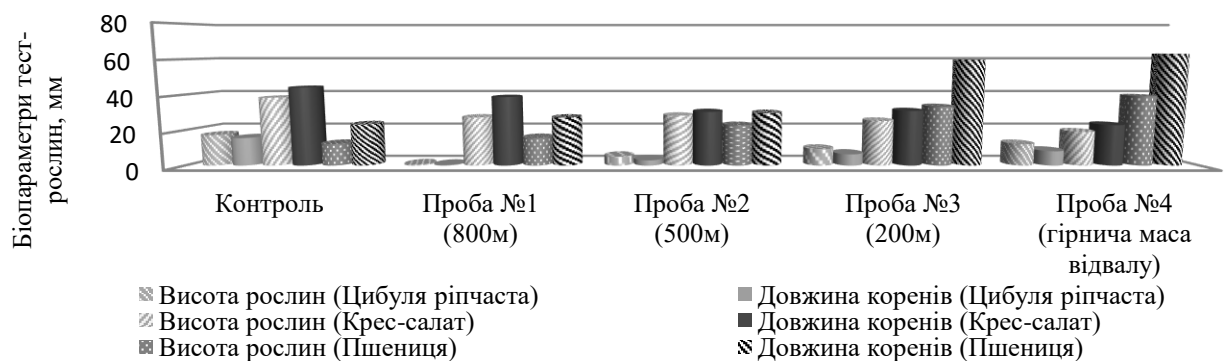


Рисунок 1 – Біопараметри (висота рослин, довжина кореневої системи) рослинних тест-культур, пророщених на досліджуваних пробах ґрунту поблизу гранітного кар'єру та на контрольному зразку ґрунту

З рис. 1 видно, що тест-реакція цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.) та пшениці (*Triticum* L.) мають тенденцію стимулювання розвитку при зменшенні відстані до гранітного відвалу. При цьому, для крес-салату (*Lepidium sativum* L.) характерним є пригнічення росту при наближенні до відвалу. Загалом на досліджуваних пробах ґрунтів, відібраних на прилеглих до гранітного відвалу територіях (проби №1 – №4), середня довжина кореня

пшениці коливається від 27.334 мм до 63.004 мм і середня довжина кореня цибулі ріпчастої – від 0.367 мм до 8.233 мм. Показник довжини підземної частини крес-салату коливається від 44.3 мм до 23.07 мм. При цьому, спостерігається збільшення пригнічення росту кореня зі зменшенням відстані до породного відвалу, що підтверджує неоднозначний вплив гранітних відвалів на біопараметри різних видів рослин.

Для відносної оцінки фітотоксичності досліджуваних проб ґрунту для рослинних тест-систем розраховано фітотоксичний ефект (ФЕ). Розрахунки свідчать, що проби №1, №2 та №3 (ґрунт на відстані 800 м, 500 м та 200 м від породного відвалу відповідно) мають середній ступінь токсичності для крес-салату, значення ФЕ коливаються в межах 14.2 – 29.6%. Проба №4 для крес-салату має пригнічуючий вплив, рівень ФЕ складає 47.9% і визначається як вище середнього рівня токсичності.

Для цибулі ріпчастої проба №4 (порода гранітного відвалу) чинить середній токсичний вплив. При цьому ФЕ складає 38.6%. На відстані 200 м від відвалу ФЕ збільшується до 52.4% і характеризується як вище середнього рівня. Далі на відстані 500 м маємо високу токсичність (75.5%) і в зоні ведення сільського господарства населенням (800 м) спостерігається максимальний рівень ФЕ – 97.1%, що в 2.5 рази перевищує значення токсичності для породи гранітного відвалу. При цьому варто відмітити, що сходження рослин цибулі ріпчастої на пробі №1 (800 м) було низьким і складало 27.5% від загальної кількості висаджених тест-рослин. Таким чином, встановлено, що ґрунти досліджуваних територій загалом характеризуються як такі, що мають токсичні властивості, проте з наближенням до гранітного відвалу ці властивості зменшуються.

Оскільки у результаті проведених експериментальних досліджень для рослинних тест-систем цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.), крес-салату (*Lepidium sativum* L.) та пшениці (*Triticum* L.) отримано кардинально протилежні значення фітотоксичного ефекту, дослідним шляхом підтверджено різну здатність рослин до накопичення та засвоєння компонентів ґрунту.

Для знаходження функціональної залежності між величинами фітотоксичного ефекту та відстані від території гранітного відвалу проведено апроксимацію даних отриманих в результаті проведення ростового тесту. Встановлено залежності, що описуються поліномами першого порядку:

— Цибуля ріпчаста (*Allium cepa* L.):

$$F=0.0736 l+38.2831 ,$$

де F – відносний фітотоксичний ефект, %; l – відстань до гранітного відвалу, м.

При цьому, коефіцієнт кореляції $r=0.9904$.

— Крес-салат (*Lepidium sativum* L.) :

$$F=-0.0307 l+44.2341 .$$

Коефіцієнт кореляції також близький до одиниці і складає $r=0.9757$.

Залежність між досліджуваними показниками наведено на рис. 2.

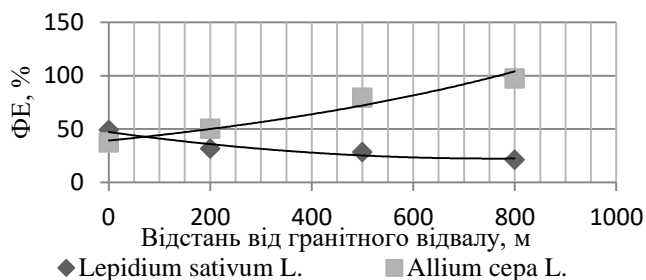


Рисунок 2 – Залежність експериментально отриманої величини фітотоксичного ефекту (ФЕ) тест-культур *Lepidium sativum* L. та *Allium cepa* L. від відстані до гранітного відвалу

Аналізуючи отримані результати експериментальних досліджень та беручи до уваги встановлені залежності і високі коефіцієнти кореляції, обґрунтовано тісний зв'язок між біопараметрами рослин та відстанню до гранітного відвалу, а отже і концентрацією пилу відвалів у ґрунтах. Це дає змогу використовувати отримані результати для визначення компоненту, зміна концентрації якого чинить стимуляцію росту в одних рослинах і пригнічує в інших.

У четвертому розділі визначено умови проведення експерименту «Аберантність хромосом» та методику обробки отриманих експериментальних даних при дослідженні оцінки стану ґрунтів прилеглих територій до гранітних відвалів, де у якості тест-культур обрано цибулю ріпчасту (*Allium cepa* L.) та крес-салат (*Lepidium sativum* L.).

Проведено експериментальні дослідження токсико-мутагенної активності ґрунтів на різній відстані до відвалу на клітинному рівні. Цитогенетичний вплив гранітних відвалів на стан ґрунтів прилеглих територій досліджено використовуючи попередньо відібрані зразки ґрунту на території Рокитнянського гранітного кар'єру. Отримані проби до початку проведення дослідження на «Аберантність хромосом» зберігались у скляних банках з притертими корками у холодильнику з метою уникнення змін, що можуть виникнути внаслідок біохімічних процесів у ґрунті. Матеріалом для досліджень обрано проростки насіння цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.) та пшениці (*Triticum* L.). Насіння пророщувалися в затемненому місці при температурі $+20-25^{\circ}\text{C}$ на дистильованій воді.

Для визначення величини мітотичного індексу (МІ) досліджуваних клітин одразу після завершення пророщування матеріал фіксували в ацетоалкоголі протягом 1 години. Після цього фіксований матеріал промивали в 96° етиловому спирті та зберігали в 70° його розчині до забарвлення.

Для цитологічного аналізу матеріал фарбували ацетоорсеїном. Протягом 48 год. при кімнатній температурі зразки мацерували в HCl та готували тимчасові давлені препарати корневих кінчиків проростків цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.) та пшениці (*Triticum* L.) вирощених на досліджуваних пробах ґрунтів. Далі отримані цитологічні препарати використовувались для подальшого аналізу на мікроскопі Carl Zeiss Primo Star зі збільшенням 40×1000 .

В ході мікроскопічного дослідження виявлено та зафіксовано хромосомні аберації у меристематичних клітинах корінців обраних тест-об'єктів, серед яких найчастіше зустрічалися делеції та транслокації. Для досліджуваних проб ґрунту виявлено збільшення хромосомних мутацій при проходженні метафази та анафази мітозу меристематичних клітин тест-об'єктів. Це пояснюється тим, що клітина перебуває у метафазі та анафазі довгий час (близько 40-60% загального часу клітинного циклу), допоки кожна хромосома не буде з'єднана з обома центросомами з обох полюсів. При цьому ядерна оболонка ще не сформована, тому на клітину продовжують активно впливати зовнішні фактори, зокрема компоненти гранітних відвалів в даному випадку.

Зафіксовано збільшення частоти зустрічаємості аберацій хромосом в меристемах клітин *Allium cepa* L. та *Lepidium sativum* L., вирощених на ґрунтах прилеглих до гранітного кар'єру, вище ніж в контролі в декілька разів. Так у варіанті з ґрунтом відібраним на відстані 800 м від відвалу для обох тест-рослин зафіксовано найбільшу кількість абераційних клітин і вона перевищує контроль у 6 разів. Це вказує на те, що ґрунт на території де населенням інтенсивно ведеться сільське господарство, має мутагенні властивості та викликає порушення у хромосомного апарату біоіндикаторів. Далі з наближенням до гранітного відвалу спостерігається зменшення кількості хромосомних патологій і для меристемних клітин вирощених на породі гранітного відвалу маємо частоту зустрічаємості абераційних клітин в 1.74 рази для *Allium cepa* L. та 2 рази для та *Lepidium sativum* L. нижче ніж на відстані 800 м. Це підтверджує припущення про те, що на процеси клітинного поділу рослин позитивно впливає імовірно певний компонент, що міститься у відвалах гранітного кар'єру.

Результати отриманих величин хромосомних аберацій для всіх проб ґрунту наведено на рис. 3.

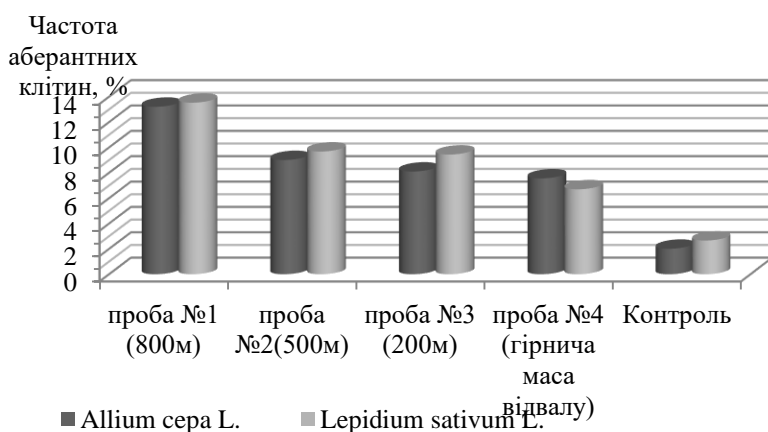


Рисунок 3 – Частота зустрічаємості абераційних хромосом у меристематичних клітинах *Allium cepa* L. та *Lepidium sativum* L. на досліджуваних пробах ґрунту

Між частотою зустрічаємості хромосомних аберацій та величиною мітотичного індексу існує сильний зворотно пропорційний зв'язок. В ході експерименту зафіксовано найбільше значення мітотичного індексу в контрольній пробі ґрунту, що свідчить про певне пригнічення клітинного

поділу відносно контролю у всіх досліджуваних варіантах (у діапазоні від 47 до 15% для *Allium sera* L. та від 37 до 10% для *Lepidium sativum* L.).

Для інтегральної оцінки токсико-мутагенного фону ґрунтів досліджуваної території обчислено умовні показники ушкодженості за токсичністю та мутагенністю для кожного експериментального варіанту. Результати розрахунків наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Оцінка токсико-мутагенного фону досліджуваних ґрунтів

№ проби ґрунту	УПП ⁱ _{токс.}	УПП ⁱ _{мутаг.}	ІУПП ⁱ	Рівень ушкодженості біосистем	Оцінка екологічної ситуації
Цибуля ріпчаста (<i>Allium sera</i> L.)					
Проба №1	0.725	0.623	0.674	Високий	Катастрофічна
Проба №2	0.528	0.389	0.459	Вище середнього	Незадовільна
Проба №3	0.298	0.339	0.319	Середній	Незадовільна
Проба №4	0.238	0.309	0.274	Нижче середнього	Задовільна
Контроль	0.002	0.000	0.001	Низький	Еталонна
Крес-салат (<i>Lepidium sativum</i> L.)					
Проба №1	0.590	0.487	0.539	Вище середнього	Незадовільна
Проба №2	0.452	0.459	0.455	Вище середнього	Незадовільна
Проба №3	0.381	0.401	0.391	Середній	Задовільна
Проба №4	0.159	0.221	0.190	Нижче середнього	Задовільна
Контроль	0.003	0.001	0.002	Низький	Еталонна

Дані табл. 2 свідчать про те, що значення умовних показників ушкодженості, які характеризують токсичність ґрунтів перевищують нормативне значення (УПУ=0.300) для проб № 1, № 2 та № 3 для обох варіантів тест-систем експериментального дослідження. При цьому, спостерігається раніше відмічений позитивний ефект на клітинному рівні рослин при зменшенні відстані до відвалу. Так, зафіксовано зниження УПУ на породі гранітного відвалу відносно проби ґрунту на відстані 800 м від нього, для цибулі ріпчастої (*Allium sera* L.) – майже у 2.5 рази, для крес-салату (*Lepidium sativum* L.) – у 2.8 разів.

Висунуто припущення, що зафіксовані залежності проходження всіх фаз клітинного циклу від відстані до гранітного відвалу пов'язані саме з наявністю невизначеного компонента у складі гранітного пилу, зміна концентрації якого чинить стимуляцію проходження мітозу і пригнічення хромосомних аберацій у рослинних клітинах.

Геохімічний аналіз відвалу гранітного кар'єру показує високі концентрації Si, Zn, Cr, U та Th. Доцільним є дослідження залежності реакції-відповіді рослинних біоіндикаторів від вмісту силіцію (кремнію) Si, оскільки саме кремній у вигляді силікатів є основою гірської породи – граніту. Установлено, що кремній чинить певний вплив на рослини і на родючість ґрунтів. Імовірно, кремнезем є речовиною, що необхідна для енергетичного росту більшості рослин.

Встановлено, що у гумусовому горизонті ґрунтів кремнію доступного рослинам, міститься мало – 1.3-3.2 % від його загального вмісту. Це підтверджено тим, що високий вміст органічної речовини в ґрунті слугує основною причиною зниження вмісту доступного кремнію.

Враховуючи підвищений вміст силіцію Si у відвалах гранітних кар'єрів з однієї сторони, та те що утворені внаслідок осідання пилу з поверхні гранітного відвалу техноземи характеризуються критично низьким вмістом органічних речовин – з іншої, вищенаведені дані слугують основою для припущення того, що кремній у таких ґрунтах є доступним для рослин. Цікавим підтвердженням цьому слугує отриманий результат «Ростового тесту» для пшениці. Рослини родини злакових відомі як рослини-кремнієфіли. Тобто, пшениця може слугувати певного роду індикатором присутності кремнієвих сполук у ґрунтах. Тому беручи до уваги зафіксовану дослідним шляхом тенденцію стимуляції росту кореня та стебла пшениці (*Triticum L.*), в зразках ґрунту наближених до відвалу, при цьому важливим є момент, що в контрольному ґрунті зафіксовано найменшу довжину кореня, має місце припущення, що утворені шляхом осідання пилу гранітних відвалів техноземи містять доступні для рослинних систем форми кремнієвих сполук.

Кремній надходить у рослини у вигляді аніону кремнієвої кислоти $(\text{SiO}_3)^{2-}$, молекул кислот $\text{Si}(\text{OH})_3$, $\text{Si}(\text{OH})_4$ та різних ефірів, які в результаті у клітинному соку перетворюються в кремнегель $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$. Після цього відбувається його біохімічне зв'язування з полімерами клітини і акумуляція на поверхні клітинних стінок, в покривних тканинах або у вигляді фітолітів.

Утворена кремнієм захисна оболонка на клітинних стінках служить основною причиною захисту від хромосомних аберацій меристематичних клітин вирощених на ґрунтах поблизу гранітного відвалу.

Отже, висунуто припущення, що компонентом, зміна концентрації якого чинить стимуляцію мітозу та захист від хромосомних мутацій на клітинному рівні є кремній. Пояснено механізм утворення кремнієвої захисної оболонки від хромосомних аберацій меристематичних клітин вирощених на ґрунтах поблизу гранітного відвалу.

У п'ятому розділі надано рекомендації щодо високоефективного використання аморфного кремнію з гранітних відвалів для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і їх якісних характеристик та захисту рослин від мутацій на клітинному рівні.

Рекомендовано заходи, що включають попереднє вирощування ковили на ґрунтах гранітних відвалів з очікуваним накопиченням у рослинному покриві кремнієвих сполук, з подальшим їх перенесенням на досліджувані ґрунти з метою стимуляції мітозу та захисту від хромосомних мутацій на клітинному рівні вирощуваних на цій території рослин, шляхом переорювання сидератів.

За попередніми розрахунками орієнтовний термін окупності запропонованого способу фіторекультиватії ґрунтів прилеглих територій до

гранітних відвалів, з використанням біогеохімічного кругообігу кремнію складе близько 22 років.

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна науково-практична задача, що полягає в дослідженні процесів впливу відвалів гірської маси на ґрунти прилеглих до кар'єрів територій, визначенні механізму даного впливу на агроекологічну систему «ґрунт – рослина» та оцінці ступеню впливу досліджуваних ґрунтів на живі організми.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають у наступному.

1. Аналіз літературних джерел показав, що незважаючи на значні масштаби розроблених інженерних рішень, практичні результати з питань мінімізації впливу відвалів кар'єрів на оточуюче середовище незначні. Недостатньо уваги приділено аспектам підвищення ефективності запропонованих способів, а також, недостатньо досліджено вплив пилу гранітних відвалів на екологічний стан саме ґрунтів.
2. Проведено аналіз існуючих методик дослідження екологічного стану ґрунтів прилеглих територій до гранітних відвалів та визначено, що для отримання найбільш повної інформації раціональним буде комплекс біоіндикаційних методів, який повинен включати «Ростовий тест» та тест «Аберантність хромосом». Запропонований комплекс дасть змогу систематично визначати фітотоксичний ефект ґрунтів, ступінь токсичного впливу відвалів на родючість ґрунтів та ступінь впливу забрудників на живі організми на клітинному рівні.
3. Використано метод аналізу ієрархій, де враховуючи наявність чутливої тест-реакції до зміни концентрації забруднювачів наявних у досліджуваних ґрунтах (Si, Cr, U, Th, Zn), структурні та функціональні ознаки біоіндикаторів, найбільш відповідними тест-організмами для отримання об'єктивної інформації про стан ґрунтів прилеглих територій до гранітних відвалів, обрано цибулю ріпчасту (*Allium cepa* L.), крес-салат (*Lepidium sativum* L.) та пшеницю (*Triticum* L.).
4. Проведено дослідження стану ґрунтів прилеглих територій до гранітних відвалів з використанням методики «Ростового тесту» та опрацьовано отримані експериментальні дані за допомогою дисперсійного аналізу. Визначено фітотоксичний ефект для обраних тест-культур. Для цибулі ріпчастої зафіксовано зниження ФЕ з наближенням до відвалу в 2.5 рази, для крес-салату – збільшення в 2.28 рази, для пшениці ФЕ відсутній на всіх досліджуваних пробах. Встановлено залежність ФЕ від відстані до відвалу кар'єру, яка описується для всіх рослин поліномами 1-го порядку.
5. Проведено цитогенетичні дослідження токсико-мутагенної активності ґрунтів за допомогою тесту «Аберантність хромосом». Виявлено хромосомні аберації у меристематичних клітинах обраних тест-об'єктів, серед яких найчастіше зустрічалися делеції та транслокації. Зафіксовано

- зменшення кількості хромосомних патологій з наближенням до гранітного відвалу в 1.74 рази для *Allium cepa* L. та 2 рази для та *Lepidium sativum* L. Найбільше значення МІ виявлено для цибулі ріпчастої та для крес-салату в пробі №4 ($141.53 \pm 10.93\%$ та $118.54 \pm 8.68\%$ відповідно), що свідчить про пригнічення клітинного поділу з віддаленням від гранітного відвалу.
6. Обґрунтовано роль кремнію на клітинному рівні рослин при збільшенні концентрації пилу гранітного відвалу в ґрунті. Пояснено механізм утворення кремнієвої захисної оболонки від хромосомних аберацій меристематичних клітин вирощених на ґрунтах поблизу гранітного відвалу.
 7. Запропоновано проведення фіторекультиваційних заходів на ґрунтах прилеглих до територій гранітних відвалів з метою максимального накопичення та засвоєння кремнію з породи гранітного відвалу та подальшим підвищенням доступності кремнію для сільськогосподарських рослин за рахунок використання рослин-кремнієфілів виду *Stipa* у ролі рослин-сидератів. Розроблено рекомендації, які включають попереднє вирощування ковили на ґрунтах гранітних відвалів з накопиченням у рослинному покриві кремнієвих сполук та подальшим їх перенесенням на досліджувані ґрунти шляхом переорювання. Очікуваним результатом від впровадження рекомендацій є стимуляція мітозу та захист від хромосомних мутацій на клітинному рівні вирощуваних на цій території рослин.
 8. Розраховано термін окупності запропонованих заходів фіторекультивації з урахуванням результатів попередніх експериментальних досліджень, який складає близько 22 років.

Основні положення і результати дисертації опубліковані у роботах:

Статті у наукових фахових виданнях:

1. Тверда О. Я. Аналіз методів біоіндикації екологічного стану ґрунтів прилеглих територій гранітних відвалів / О. Я. Тверда, І. В. Косяк. // Збалансоване природокористування. – 2017. – №2. – С. 79–84.

2. Тверда О. Я. Обґрунтування вибору рослинних тест-систем для оцінки токсичності ґрунтів прилеглих територій гранітних кар'єрів / О. Я. Тверда, І. В. Косяк. // Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Гірництво". – 2017. – №33. – С. 69–77.

3. Тверда О. Я. Біоіндикаційна оцінка токсичності ґрунтів територій прилеглих до відвалів гранітних кар'єрів / О. Я. Тверда, Т. В. Гребенюк, І. В. Косяк. // East European Scientific Journal. – 2018. – №3(31). – С. 4–10.

Тези доповідей на науково-практичних конференціях:

4. Тверда О.Я. Аналіз методів оцінки впливу гранітних відвалів на стан ґрунтів прилеглих територій / О.Я. Тверда, І.В. Косяк // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Ресурсозбереження і екологічна безпека», 8 грудня 2016 року, Київ. – С. 122-124.

5. Тверда О.Я. Аналіз методів біоіндикації екологічного стану ґрунтів прилеглих територій гранітних відвалів / О.Я. Тверда, І.В. Косяк // Тези ІХ Міжнародної науково-технічної конференції «Енергетика. Екологія. Людина», 25-26 травня 2017 року, Київ.

АНОТАЦІЯ

Косяк І.В. Оцінка впливу відвалів гранітних кар'єрів на стан ґрунтів прилеглих територій. – Рукопис.

Дисертація на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра за спеціальністю 101 – «Екологія» – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського» МОН України, Київ, 2018.

Магістерська дисертація присвячена дослідженню процесів впливу відвалів гірської маси на ґрунти прилеглих до кар'єрів територій, визначенні механізму даного впливу на агроекологічну систему «ґрунт – рослина» та оцінці ступеню впливу досліджуваних ґрунтів на живі організми.

В роботі проведено оцінку токсичності ґрунтів територій прилеглих до відвалів гранітних кар'єрів. Встановлено залежність фітотоксичного ефекту від відстані до відвалу гранітного кар'єру, яка описується поліномами 1-го порядку. Встановлено закономірності реакції-відповіді тест-рослин *Allium* сера L. та *Lepidium sativum* L. на присутність пилу гранітного відвалу у ґрунтах на клітинному рівні. Виявлено та зафіксовано тенденцію зниження ІУПП ґрунтів з наближенням до гранітного відвалу, підтверджено дослідним шляхом наявність позитивного ефекту на клітинному рівні рослин при збільшенні концентрації пилу гранітного відвалу в ґрунті. На основі цього висунуто припущення щодо захисної ролі кремнію на клітинному рівні рослин при збільшенні концентрації пилу гранітного відвалу в ґрунті, пояснено механізм утворення кремнієвої захисної оболонки від хромосомних аберацій меристематичних клітин вирощених на ґрунтах поблизу гранітного відвалу. Враховуючи отримані результати експериментальних досліджень, розроблено рекомендації щодо покращення екологічного стану досліджуваних ґрунтів на основі виявленого механізму впливу гранітних відвалів на ґрунти прилеглих територій, суть яких полягає у використанні рослин-кремнієфілів виду *Stipa* у ролі рослин-сидератів з метою використання аморфного кремнію з гранітних відвалів для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і їх якісних характеристик та захисту рослин від мутацій на клітинному рівні.

Ключові слова: біоіндикація, ґрунт, фітотоксичний ефект, відвал, гранітний кар'єр, ростовий тест, тест-культура, аберантність хромосом, мітотичний індекс, рослина-сидерат, забруднення, пил, кремній.

АННОТАЦИЯ

Косяк И.В. Оценка воздействия гранитных отвалов на состояние почв территорий прилегающих к гранитным карьерам. - Рукопись

Диссертация на соискание образовательно-квалификационного уровня магистра по специальности 101 - «Экология» - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. И. Сикорского» МОН Украины, Киев, 2018.

Магистерская диссертация посвящена исследованию процессов влияния отвалов горной массы на грунт прилегающих к карьерам территорий, определению механизма данного влияния на агроэкологическую систему "почва - растение" и оценку степени влияния исследуемых почв на живые организмы.

В работе проведена оценка токсичности почв территорий прилегающих к отвалам гранитных карьеров. Установлена зависимость фитотоксического эффекта от расстояния до отвала гранитного карьера, которая описывается полиномами 1-го порядка. Установлено закономерности реакции тест-растений *Allium* сера L. и *Lepidium sativum* L. на присутствие пыли гранитного отвала в почве на уровне клеток. Обнаружено и зафиксировано тенденцию снижения ИУПП почв с приближением к гранитному отвалу, подтверждено опытным путем наличие положительного эффекта на уровне клеток растений при увеличении концентрации пыли гранитного отвала в почве. На основании этого выдвинуто предположение о защитной роли кремния на уровне клеток растений при увеличении концентрации пыли гранитного отвала в почве, объяснен механизм образования кремниевой защитной оболочки от хромосомных aberrаций меристематических клеток выращенных на почвах вблизи гранитного отвала. Учитывая полученные результаты экспериментальных исследований, разработаны рекомендации по улучшению экологического состояния исследуемых почв на основе выявленного механизма влияния гранитных отвалов, суть которых заключается в использовании растений-кремнефилов вида *Stipa* в роли растений-сидератов с целью использования аморфного кремния из гранитных отвалов для повышение урожайности сельскохозяйственных культур и их качественных характеристик, защиты растений от мутаций на уровне клеток.

Ключевые слова: биоиндикация, почва, фитотоксический эффект, отвал, гранитный карьер, ростовой тест, тест-культура, аберантность хромосом, митотический индекс, растения-сидераты, загрязнения, пыль, кремний.

SUMMARY

Kosiak I. Estimation of granite dump influence on soils state on adjoining territory to granite quarry. – Manuscript.

Thesis for obtaining the Degree of Master in specialty 101 - «Ecology» - National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» MES of Ukraine, Kyiv, 2018.

Master's thesis is devoted to the investigation of influence processes of mountain mass dump on adjoining to quarries territory soils, determination of mechanism for this influence on agro-ecological system «soil-plant», and estimation of influence rate of investigated soils on living organisms.

In this work there was carried out an estimation of adjoining territory to granite quarry dump soil toxicity. There was established a dependency of phytotoxic effect from distance to granite quarry dump, which is described with polynomials of first order. The legitimacy was established in reaction-response of test plants *Allium cepa* L., and *Lepidium sativum* L. on granite quarry dust presence in soils on cell level. There was discovered and fixed a tendency to decrease of soils' ICDI with approach to granite dump, confirmed experimentally by the presence of a positive effect on the cellular level of plants with increasing concentration of granite dump dust in soil. Basing on that the assumption is made regarding protective role of silicon on plants' cellular level with increase of granite dump dust in the soil, explained the mechanism of silicon protective shell formation from chromosomal aberrations of meristem cells that were grown near the granite dump. Taking into account the received results of experimental investigations the recommendations were developed regarding improvement of investigated soils' ecological state, basing on discovered mechanism of granite dumps influence on investigated soils of adjoining territory, the essence of which lies in using of siliciphilous plant of *Stipa* kind as plants-siderates among usage of amorphous silicon from granite dumps in order to increase yield of agricultural crops and their quality characteristics, and protection of plants from mutations of cellular level.

Key words: bioindication, soil, phytotoxic effect, dump, granite quarry, growth test, test crop, chromosomal aberration, mitotic index, plant-siderate, pollution, dust, silicon.

Косяк Ірина Віталіївна

**Оцінка впливу гранітних відвалів на стан ґрунтів територій прилеглих до
гранітних кар'єрів**

101 «Екологія»

(Автореферат)