

**Міністерство освіти і науки України**  
Рівненський державний гуманітарний університет  
**Кафедра біології та здоров'я людини**

УДК 574.1 (477. 81)

Кваліфікаційна робота  
за освітнім рівнем - магістр  
на тему:

**Біоіндикаційні дослідження ферменту целюлаза в  
грунтах санітарно-захисної зони ВАТ «Волиньцемент»**

**Виконала:**

магістрантка 2 курсу, групи МБ-61  
заочна форма навчання  
спеціальності 091 «Біологія»  
Гранюк Софія Леонтіївна

**Науковий керівник:**

Канд.геогр. наук, професор кафедри  
біології та здоров'я людини  
Мельник Віра Йосипівна

**Рівне - 2019**

## Реферат

Кваліфікаційна (магістерська) робота «Біоіндикаційні дослідження ферменту целюлаза в ґрунтах санітарно-захисної зони ВАТ «Волинь-цемент» представлена на 80 сторінках. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку літературних джерел та додатків. Для написання роботи використано 49 літературних джерел. В роботі наведено 8 таблиць і 5 рисунків.

Кваліфікаційна (магістерська) робота присвячена вивченню біотичної активності ґрунту біоіндикаційним методом та розглянуті питання наслідків впливу діяльності підприємства ВАТ «Волинь-цемент» в межах санітарно-захисної зони.

В першому розділі роботи дана характеристика ґрунту як біокосної системи, охарактеризована біологічна активність ґрунтів екосистем, наведені дані про біоіндикаційні дослідження забруднених ґрунтів.

В другому розділі роботи охарактеризовані об'єкт та предмет дослідження, дана характеристика природних умов та визначені методи дослідження.

Третій розділ присвячений вивченню біологічної активності ґрунту шляхом визначення вмісту в ньому ферменту целюлази, проведений аналіз досліджень та запропоновані заходи покращення властивостей ґрунтів.

В процесі досліджень був розглянутий один із методів біологічної діагностики забруднених ґрунтів, який є репрезентативним для визначення їх екологічного стану. Встановлено, що ґрунти СЗЗ є забрудненими важкими металами і характеризуються низькими значеннями вмісту целюлази.

Результати досліджень свідчать, що целюлозолітична активність ґрунту знаходиться в межах  $7,9 \pm 0,85 - 38,6 \pm 1,2\%$ . Ступінь збагаченості ґрунту ферментом целюлази охарактеризований як «дуже бідний – бідний», а інтенсивність процесу розкладання целюлози визначена як «дуже слабка – слабка».

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ҐРУНТІВ</b>	
1.1. Ґрунт як біокосна система .....	8
1.2. Біологічна активність ґрунту .....	16
1.3. Біоіндикаційні дослідження стану ґрунтів .....	19
<b>РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНІ УМОВИ РЕГІОНУ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	
2.1. Природно-кліматичні умови м. Здолбунів .....	32
2.1.1. Фізико-географічна характеристика об'єкта дослідження .....	32
2.1.2. Загальні відомості про підприємство .....	36
2.1.2.1. Аналіз цементного виробництва як потужного джерела антропогенного навантаження .....	39
2.2. Об'єкт, предмет і методи досліджень .....	46
<b>РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА БІОТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ҐРУНТУ</b>	
3.1. Забруднення ґрунтів важкими металами СЗЗ підприємства .....	49
3.2. Аналіз біотичних функцій ґрунту .....	52
3.3. Дослідження та оцінка целюлозної активності ґрунтів СЗЗ .....	55
3.4. Заходи покращення властивостей ґрунтів СЗЗ .....	60
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	62
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	63
<b>ДОДАТКИ:</b>	
Додаток 1. Фермент целюлаза в ґрунті санітарно-захисної зони ВАТ «Волинь - цемент» .....	68
Додаток 2. Якість ґрунтів в санітарно-захисній зоні ВАТ «Волинь - цемент» .....	77

## ВСТУП.

Внаслідок високої господарської освоєності земельною фонду держави й екстенсивного використання угідь посилюється деградація земель, ґрунти втрачають свою родючість і виснажуються. Проблема охорони земель є особливо актуальною, оскільки стан земельних ресурсів є передумовою національної безпеки кожної держави.

Безпека довкілля у значній мірі залежить від санітарного стану ґрунту, який є екологічним вузлом зв'язків біосфери, де найбільш інтенсивно відбувається взаємодія живої та неживої матерії. Він акумулює забруднення у значно більших обсягах, ніж атмосфера та природні води [25].

Деградація та забруднення навколишнього природного середовища - це наслідки надмірного зростання антропо-техногенних навантажень на них до критичної межі. Управління земельними ресурсами не може бути ефективним без моніторингу земель – системи постійного спостереження за станом земельного фонду з метою своєчасного виявлення змін, їхніх оцінок, попередження й усунення наслідків негативних процесів і явищ [11].

Питанню забруднення ґрунтів великих міст важкими металами та оцінкою їх впливу на різноманітні ґрунтові процеси і параметри присвячено цілу низку досліджень [19, 21, 28]. Основні поняття про мікроелементи та їх функції було розкрито в працях Д. А. Hiller, Г. В. Добровольського та ін.

Питання комплексної оцінки стану ґрунтів розроблялись багатьма вченими не тільки в Україні [3, 20, 30, 31], а і за кордоном [48,49]. Незважаючи на те, що кількість запропонованих методів оцінок стану ґрунтів досить велика, це питання до цього часу є проблемним і потребує одночасного вивчення різних властивостей ґрунтового покриву.

Оцінка біологічної активності ґрунту, що зумовлює процеси біохімічного перетворення органічної речовини та елементів живлення й пов'язана практично з усіма ґрунтовими режимами, набуває прикладного значення.

У самоочищенні ґрунтів від забруднень головну роль відіграють ґрунтові мікроорганізми, а швидкість цього процесу, звичайно, значно вища, ніж природних вод або атмосфери. Для контролю за змінами у ґрунтах, які виникають при надходженні до них забруднюючих речовин, можна використовувати показники, що характеризують стан ґрунтової біоти та біологічну активність ґрунту.

Оптимальні показники біологічної активності ґрунту свідчать про загальне покращення умов росту та розвитку рослин і є індикатором біохімічних процесів, що відбуваються в ґрунті. Для ґрунтових екосистем ферменти відіграють надзвичайно важливу роль, оскільки всі біохімічні процеси проходять за їх участю.

Активність ґрунтових ферментів є індикатором оцінки рівня деградації ґрунту у природних екосистемах [1, 13]. Вміст ферментів у ґрунтах залежить від життєдіяльності ґрунтової біоти та складу мікробіологічних угруповань, а будь-які зміни біоти ґрунтів позначаються на ферментативній активності [10]. Прямим показником останньої є показник целюлозолітичної активності.

**Актуальність** роботи зумовлена розкриттям питання оцінки забруднення ґрунтів санітарно-захисної зони ВАТ «Волиньцемент».

**Мета роботи:** оцінити біологічну активність ґрунту санітарно-захисної зони ВАТ «Волинь-цемент» за допомогою біоіндикаційних досліджень (ферменту целюлази).

Для досягнення поставленої мети передбачені такі **завдання:**

- опрацювати наукову літературу з досліджуваної теми;
- дати оцінку фізико-географічним умовам території дослідження;
- визначити вплив виробництва на рівень забруднення навколишнього середовища;
- провести дослідження стану ґрунтового покриву санітарно-захисної зони;
- оцінити біологічну активність ґрунту досліджуваної території методом біоіндикації з використанням показників активності ферменту целюлази;

- запропонувати компенсаційні заходи покращення біологічного стану ґрунтів санітарно-захисної зони ВАТ «Волинь-цемент».

**Об'єкт дослідження:** ґрунти санітарно-захисної зони ВАТ «Волиньцемент».

**Предмет дослідження:** оцінка біотичної активності ґрунту з використанням методу біоіндикації (ферменту целюлаза).

**Методи дослідження:** під час виконання роботи використовувалися теоретичні (аналіз, системний аналіз), та прикладні (польові, лабораторні, натурні спостереження, математична та статистична обробка даних) методи досліджень.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- встановлена роль стаціонарних джерел забруднення ВАТ «Волинь-цемент» у погіршенні стану ґрунту санітарно-захисної зони;
- уперше здійснено дослідження впливу забруднення на біотичну складову ґрунту санітарно-захисної зони;
- досліджений вміст ферменту целюлаза в ґрунті санітарно-захисної зони;
- розроблені рекомендації щодо зменшення забруднення ґрунту санітарно-захисної зони ВАТ «Волинь-цемент».

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

Отримані результати досліджень можуть бути використані для доповнення банку даних «Регіон». Основні положення досліджень використовуються як навчально-методичні матеріали в навчальному процесі Рівненського державного гуманітарного університету при викладанні біологічних та екологічних дисциплін «Біоіндикація», «Загальна екологія та (неоекологія)», «Моніторинг довкілля», студентам напрямів підготовки «Біологія» та «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

### **Особистий внесок магістранта.**

Кваліфікаційна (магістерська) робота є завершеним результатом самостійного наукового дослідження. Автору роботи належать проведення, збір і аналіз фактичного матеріалу, його опрацювання, формулювання завдань і висновків, оформлення роботи, підготовку публікацій за результатами досліджень. Опубліковані наукові праці містять положення, висновки та пропозиції, сформульовані особисто магістрантом.

**Публікації.** За матеріалами досліджень опубліковано 2 наукові роботи в збірниках матеріалів та тез конференцій, а саме: «Якість ґрунтів в санітарно-захисній зоні ВАТ «Волинь-цемент»» та «Фермент целюлаза в ґрунті санітарно-захисної зони ВАТ «Волинь-цемент»».

**Структура і обсяг роботи.** Робота включає реферат, вступ, 3 розділи, висновки, список використаної літератури. Зміст роботи викладений на 68 сторінках машинописного тексту, проілюстрований 5 рисунками і 8 таблицями. Список використаної літератури налічує 49 джерел.

## РОЗДІЛ I. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ҐРУНТІВ

### 1.1. Ґрунт як біокосна система

Ґрунт як біокосна система відрізняється від кори вивітрювання біогенною акумуляцією хімічних елементів, яку здійснюють за геологічної роботи живої речовини, насамперед, мікроорганізми ґрунту. Урахування та використання існуючих структурних зв'язків показників елементного статусу ґрунтів і їхньої біогенності, взаємного впливу цих показників, у тому числі специфічної дії мікроелементів /важких металів (МЕ /ВМ) на мікробіологічну та біохімічну активність ґрунту дає змогу вирішувати спектр практичних завдань щодо раціонального використання мікродобрив і бактеріальних добривних препаратів, підвищення їхньої ефективної дії та взаємодії у ґрунтах різного генезису, подолання труднощів щодо моніторингу функціонування системи «ґрунт – мікроорганізми та ферменти ґрунту – ризосфера рослин» для управління ґрунтовими процесами і режимами (зокрема, баланс нітрогену й карбону, трансформація нітрогеновмісних сполук та сполук МЕ /ВМ ґрунту тощо) у різних ґрунтово-кліматичних умовах і за умов антропогенних навантажень.

Однак показники біологічної активності ґрунтів (мікробіологічні, біохімічні) практично не використовуються за оцінювання їхньої родючості, хоча є важливими для оцінювання процесів і явищ генезису ґрунтів (формування профілю ґрунту, утворення гумусу та водотривких агрегатів і структури, вміст біогенних елементів С, N; трансформація ХЕ та їхня біогенна акумуляція, деструкція мінералів тощо), біохімічних механізмів ґрунтових процесів і живлення рослин [29].

Системний підхід до різних напрямів вивчення ґрунтів дозволив накопичити значний фактичний і теоретичний матеріал щодо їх різноманіття, морфології, генезису, властивостей, функцій тощо, а також місця в структурі наземних екосистем і біосфери в цілому. Вчення В.І. Вернадського про біосферу, ідеї В.В. Докучаєва, основоположника наукового ґрунтознавства,



сприяли зародженню різних напрямів досліджень взаємозв'язків живих організмів із неживою природою. За визначенням академіка В.І. Вернадського ґрунт – біокосне тіло природи і його необхідно розглядати як багатофазний компонент біосфери. У його концепції, уперше сформульовано положення про найважливішу роль живих організмів у формуванні властивостей ґрунту й взаємодії екологічнобіологічних процесів у ньому [4]. За термінологією академіка В.М. Сукачева, ґрунт є частиною природних біогеоценозів, з яких складається біосфера. Багатофункціональність ґрунту, на думку В.А. Ковди і Б.Г. Розанова, забезпечує існування живих організмів. Постійна взаємодія геологічних і біологічних циклів речовин на земній поверхні, акумуляція активної органічної речовини і пов'язаною з нею хімічною енергією, регулювання біосферних процесів підтверджує взаємозв'язок між живою та неживою природою. Цей принцип взаємодії був покладений В.В. Докучаєвим, в основу вчення про ґрунт, біологічні чинники ґрунтоутворення, функціональні взаємозв'язки залежності між ґрунтом і усіма іншими природними тілами та явищами. В.В.Докучаєв розглядав роль організмів, як джерело органічної речовини, його мінералізації, трансформації і фізичної дії на ґрунт. І.В. Тюрін, вивчаючи процеси трансформації органічних залишків і гумусових речовин у ході ґрунтоутворення, узагальнив матеріали щодо перетворення органічних рештків і процесів гуміфікації. Запропоновані ним методики визначення органічних сполук Вуглецю, Нітрогену, вмісту гумусу у ґрунті є нині загальноживаними. Надалі вивченням внутрішніх зв'язків у ґрунті, кругообігу речовини й енергії у біогеоценозах, займалися А.А. Тітлянова, О.Д. Фокін, О.І. Карпунін, І.М. Яшин та ін. Інтегральні показники, що характеризують кругообіг будь-якого з елементів на певній території, пов'язані із станом родючості ґрунту, є результатом балансу кожного з них. Згідно вивчених сукцесійних процесів у різних екосистемах, циклічності речовин у ґрунтах та у біосфері взагалі, підтверджує, що чинники ґрунтоутворення тісно взаємозв'язані між собою. Біогенна міграція між

окремими компонентами біосфери зв'язує їх в єдину матеріальну систему, в якій зміна будь-якої ланки спричиняє за собою зміну усіх інших структурних одиниць. Цілісність біосфери визначається безперервним обміном речовин і енергії між складовими частинами екосистем. Моніторинг спрямованості процесів ґрунтоутворення на рівні біологічних і хімічних досліджень може пояснити причини та наслідки змін, що відбуваються та забезпечити запобігання деградації екосистем під впливом антропогенних чинників і в тому числі ґрунтового покриву. Найбільш забрудненими є ґрунти в межах міст, навколо промислових центрів, уздовж автомобільних шляхів.

Використання показників біогенності ґрунту дає змогу оперативно отримувати практичні результати щодо керованого ефективного впливу на систему «ґрунт – мікроорганізми і ферменти ґрунту – ризосфера рослин» за штучного збагачення ґрунту певними видами мікроорганізмів (наприклад, родів *Azotobacter*, *Nitrobacter* тощо), впливаючи на біологічний склад ґрунту певного типу застосуванням біопрепаратів удобрювальної дії, а також на його режими. Зокрема, основним механізмом режиму ґрунту є спряжене функціонування ґрунтового мікробіоценозу, кореневої системи рослин як живої фази ґрунту і колоїдного комплексу ґрунту ми Біологічна обумовленість функціонування систем нітрогену ґрунтів значно ускладнює їхнє діагностування. Важливим є використання співвідношення процесів мобілізації – іммобілізації форм нітрогену ґрунту в системі «ґрунт – мікроорганізми і біохімічні процеси та МЕ ґрунту – рослина». Наявність та функціонування у ґрунтах різноманітних груп мікроорганізмів, які відрізняються за фізіологічними та біохімічними особливостями, безперервне надходження у ґрунт органічних речовин обумовлює їхню участь у процесах кругообігу нітрогену ґрунту – азотофіксації, нітрифікації, амоніфікації і денітрифікації, в результаті утворюються нітрогеновмісні речовини, які використовують мікроорганізми та рослини [8]. Отже, мікробіоценоз ґрунту є інформативним для розуміння спрямованості процесів трансформації

нітрогену в ґрунті, оцінювання азотного та гумусового стану ґрунту, відтворення ґрунтової родючості.

За впливу на мікробний біоценоз антропогенних навантажень, наприклад, застосування мінеральних добрив, встановлено зміну мікробіологічного різноманіття ґрунту як в бік інтесифікації мікробіологічних процесів, так і в бік збіднення на окремі еколого-трофічні групи мікроорганізмів, залежно від дози застосованих добрив. Тому застосування добрив, особливо доз мінерального компонента, потребує нових знань щодо закономірностей перебігу мікробіологічних процесів трансформації нітрогену у відповідності до генетичного типу ґрунту.

Узагальнення результатів проведених багаторічних польових досліджень щодо мікробіологічних процесів трансформації нітрогену в дерново-підзолистому ґрунті, чорноземах типовому і звичайному за технологічного навантаження (тривалий вплив різних систем удобрення) дало змогу встановити закономірності спрямованості мікробіологічних процесів трансформації нітрогеновмісних речовин у ґрунтах. Визначено, що тривале застосування мінеральної системи удобрення (переважає у сучасному землеробстві країни) не призвело до збільшення кількості органотрофів ґрунту, а збільшення доз добрив навіть зменшує їхню чисельність, як і асоціативних азотофіксаторів. Органо-мінеральна система удобрення найбільш позитивно впливає на перебіг мікробіологічних процесів у ґрунтах різних генетичних типів.

Доведено закономірні зв'язки показників мікробіологічних процесів трансформації нітрогеновмісних речовин ґрунтів різних типів за технологічного навантаження [27]. Визначено закономірності трансформації й акумуляції ME /BM у ґрунті, їхній баланс у системі «добриво – ґрунт – рослина» за тривалого застосування в агрофітоценозі органічних і мінеральних добрив з урахуванням філогенетичних особливостей рослин, що допомогло розробити шляхи оптимізації поживного (зокрема, азотного) режиму ґрунту й удосконалити систему живлення рослин.

Б. Г. Розанов (1988) виділив п'ять глобальних функцій ґрунту.

1. Ґрунт забезпечує існування життя на Землі. Майже всі живі організми суші одержують елементи мінерального живлення з ґрунту. Ґрунт є основою для закріплення вищих рослин, його населяють мікроорганізми, нижчі рослини, тваринні організми. Отже, ґрунт одночасно є наслідком і умовою його існування. В цьому полягає діалектична єдність біосферних процесів.

2. Ґрунт є сферою постійної взаємодії великого геологічного і малого біологічного кругообігу речовин на Землі. В ґрунті відбуваються процеси вивітрювання мінералів і гірських порід. Продукти вивітрювання частково виносяться атмосферними опадами в гідрографічну сітку, а звідти у Світовий океан, де вони утворюють осадові породи, які внаслідок тектонічних явищ можуть знову опинитись на поверхні Землі і зазнати вивітрювання. За такою схемою відбувається великий геологічний кругообіг речовин. Одночасно водорозчинні елементи засвоюються з ґрунту рослинами через ланцюг трофічних ланок знову повертаються в ґрунт. Так здійснюється малий біологічний кругообіг речовин.

3. Ґрунт здійснює регулювання біосферних процесів на Землі. Завдяки динамічному відтворенню родючості в ґрунті і на його поверхні підтримується висока насиченість живими організмами.

4. Ґрунт регулює хімічний склад атмосфери і гідросфери. Фізичні, хімічні і біологічні процеси, які відбуваються в ґрунті (дихання живих організмів, «дихання» ґрунту, міграція хімічних елементів), підтримують певний склад приземного шару атмосферного повітря та визначають хімічний склад континентальних вод.

5. Ґрунт здійснює акумуляцію активної органічної речовини і хімічної енергії. Основною формою органічної частини ґрунту і носієм енергії є гумус. За даними В. А. Ковди (1970), у трав'янистих ландшафтах суші запаси енергії в гумусовому горизонті ґрунту в 20 — 30 разів більші запасів енергії в рослинній біомасі. Акумульовані в ґрунті органічна маса і енергія економно витрачаються для підтримання життя і кругообігу речовин у природі. Згідно з

вченням В. М. Сукачова про біогеоценози, ґрунт є невід'ємним компонентом природних екологічних систем (екосистем), або біогеоценозів, з яких складається біосфера. Він входить до них як окрема підсистема, яка пов'язана з іншими підсистемами (рослини, тварини, атмосфера тощо) численними зв'язками. Отже, функціонування наземних екосистем неможливе без ґрунту.

В економічній сфері людського суспільства ґрунт набуває соціально-економічного поняття. У даному випадку ґрунт одночасно виступає як фізичне середовище, життєвий простір існування людей і як економічна основа, тобто основний засіб сільськогосподарського виробництва. Народного господарського значення ґрунту як основного засобу виробництва в сільському господарстві визначається його основною властивістю - родючістю. Ґрунт є надбанням усього людства і тому всі люди Землі повинні раціонально використовувати і охороняти його для сучасного і майбутніх поколінь.

Ґрунтовий покрив являє собою самостійну складну специфічну біологічну оболонку земної кулі, що огортає сушу материків і мілководдя морів та озер. Педосфера (ґрунтовий покрив) знаходиться в безперервній взаємодії з іншими оболонками планети, бере участь у складних процесах обміну й перетворення енергії й речовини на земній кулі та відіграє велику загально-планетарну (глобальну) роль. Ґрунт виконує глобальні та соціально-економічні функції:

*1) забезпечення життя на Землі.* Ґрунт – це наслідок життя й одночасно умова його існування. Ґрунт – середовище й умова існування рослинності, тварин і мікроорганізмів. Він забезпечує потреби вищих рослин у живленні, створює таким чином ту біомасу, яка використовується тваринами, мікроорганізмами, людиною;

*2) забезпечення постійної взаємодії великого геологічного та малого біологічного кругообігу (циклів) речовин на земній поверхні.* Життя й ґрунтоутворні процеси на Землі продовжуються мільярди років. За цей час у земній корі сформувались потужні товщі осадових відкладів морського й

континентального походження. Потрапляючи на поверхню землі, первинні гірські породи вивітрюються, у верхній частині кори вивітрювання формуються ґрунти, акумулюючи елементи живлення живих організмів. Вони захоплюються з ґрунту рослинами і через ряд трофічних циклів повертаються назад у ґрунт, що і є малим біологічним кругообігом речовин. З ґрунту елементи частково виносяться опадами в гідрографічну сітку, у Світовий океан, де дають початок утворення нових осадових порід, які можуть або вийти знову на поверхню, або метаморфізуватись. Це і є великий геологічний кругообіг;

3) *регулювання хімічного складу атмосфери й гідросфери.* О, С, N, H у різній формі беруть участь у синтезі органічної речовини рослинами, складно перетворюючись у ґрунті, особливо під впливом ґрунтової фауни й мікроорганізмів. Газова фаза ґрунтів знаходиться в стані постійної взаємодії з атмосферним повітрям, віддаючи в нього  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , метан, водяні пари, поглинаючи гази й особливо –  $\text{O}_2$ . Кругообіг води на земній кулі охоплює як важливу ланку і ґрунтову вологу. Ґрунтовий покрив отримує атмосферну вологу й через випаровування та транспірацію віддає її в атмосферу. Водні властивості ґрунту визначають у великій мірі процеси руху води, її стік і випаровування. Поверхневий стік і ґрунтові води є основними джерелами живлення рік, морів, океанів. З водою в них надходять мінеральні та гумусові речовини. Отже, хімізм рік пов'язаний з хімізмом ґрунтового покриву;

4) *регулювання біосферних процесів*, зокрема щільності життя на Землі, шляхом динамічного відновлення ґрунтової родючості;

5) *аккумуляція активної органічної речовини* й пов'язаної з нею хімічної енергії на земній поверхні. Ґрунтовий покрив є важливою умовою фотосинтетичної діяльності рослин, які акумулюють колосальну кількість сонячної енергії, зв'язаної у масі рослинної органічної речовини. Рослинність наземних ґрунтів акумулює в рік  $\sim 0,5 \cdot 10^{15}$  кВт год енергії шляхом фотосинтезу (В.А.Ковда, 1973). Система ґрунт – рослина – тварина в житті

людства є, і ще тривалий час буде головним постачальником трансформованої енергії Сонця.

Виконуючи соціально-економічну функцію, визначне місце і роль займає ґрунт у житті й діяльності людини. Ґрунт в сільському господарстві виступає як основний засіб виробництва. Даний засіб відрізняється від промислових (трактори, машини, комбайни, плуги, споруди, будівлі тощо), по-перше, своєю обмеженістю. Це зобов'язує селянина зберігати і постійно поліпшувати його як засіб сільськогосподарського виробництва, що досягається завдяки другій особливості ґрунту (землі) – його незношуваності. Всі промислові засоби виробництва в міру їх використання зношуються і замінюються новими, на відміну від ґрунту, який за умов правильного використання поліпшується, тобто систематично відтворює та підвищує родючість.

Ґрунт – основний засіб і об'єкт праці в сільськогосподарському виробництві, а його розподіл є причиною гострих соціальних конфліктів. Землеробство та інші галузі сільського господарства прямо чи опосередковано базуються на використанні потенційних можливостей ґрунтової родючості і впливають на суть сучасних ґрунтових процесів. Розвиток сільського господарства потребує правильного обліку особливостей ґрунтового покриву при розміщенні й плануванні його галузей, при виборі й розміщенні культурних рослин, агротехніки, використання добрив тощо. Наприклад, багато культур не виносять високої кислотності ґрунтів (пшениця, кукурудза, конюшина), надлишку  $\text{CaCO}_3$  (чай, цитрусові), віддають перевагу слабкому засоленню (буряк) тощо. Тому важливе раціональне використання та охорона ґрунтів. Крім того, це питання земельної власності, земельного законодавства, земельного права, економічної оцінки землі. Важливе значення має ґрунтовий покрив у геологічній службі, оскільки виникнувши з появою життя, ґрунт відіграв важливу роль в історії земної кори, особливо у формуванні осадових гірських порід і тих корисних копалин, які з ними пов'язані. Так, райони утворення

ряду родовищ залізо- й марганцевих руд пов'язані зі стародавніми болотними процесами, бокситів – із тропічним ґрунтоутворенням тощо. Знаючи закони ґрунтоутворення й роль тих чи інших елементів у ґрунтових процесах, можливо передбачити райони їх концентрації.

Ґрунти володіють різноманітними інженерно-геологічними властивостями. Довговічність різних конструкцій, фундаментів, стін залежить від хімічного складу ґрунтових вод, реакції ґрунту зі спорудами, дорогами, аеродромами. З ґрунтовими умовами й фізико-географічною обстановкою пов'язаний ряд захворювань (ендемичних). Надлишок або нестача деяких хімічних сполук у ґрунтах позначаються через ґрунтові води, продукти живлення, корм тварин і продукти харчування людини. Наприклад, райони вилугуваних кислих ґрунтів бідні кальцієм, кобальтом, нікелем, йодом, тому тут створюються передумови для урзовської хвороби (ненормальне формування скелету, потворність), рахіт виникає при відсутності кальцію, зоб – йоду і т.п. Мікроорганізми з ґрунту використовуються для виготовлення цінних лікарських препаратів, у т.ч. й антибіотиків (стрептоміцин, пеніцилін тощо).

## **1.2. Біологічна активність ґрунту**

Під біологічною активністю ґрунтів розуміють інтенсивність біологічних процесів, які відбуваються у ґрунті. Біологічна активність базується на здатності живих організмів ґрунту здійснювати процеси розкладу й синтезу речовин [30]. Рівень біологічної активності залежить від складу й кількості ґрунтових організмів. Завдяки особливим фізичним і хімічним властивостям у ґрунтах створюється специфічний комплекс екологічних умов (температура, вологість, кислотність, вміст різних елементів), які відрізняють їх від інших середовищ існування живих організмів і визначають їх біорізноманіття. Значна варіабельність ґрунтових умов сприяє формуванню у ґрунті великої кількості різних типів місцеіснувань, і, відповідно, значному різноманіттю організмів, які існують у



грунті та пов'язані із ним. Склад живих організмів ґрунту разом з властивою та динамікою в часі і змінами у просторі характеризується певними специфічними рисами й особливостями функціонування для кожного типу ґрунтоутворення. Біота ґрунту, з однієї сторони залежить від екологічних умов ґрунту, а з іншої – у результаті своєї життєдіяльності змінює екологічні функції ґрунту, посилюючи або послаблюючи їх. При цьому, антропогенно-змінені ґрунти обмежені у своїх екологічних функціях, що безумовно пов'язано зі змінами складу й чисельності організмів, які їх населяють [40]. Урбоекосистеми характеризуються порушеністю біокругообігу, зменшенням біорізноманіття як за складом так і структурно-функціональними характеристиками. Антропогенне навантаження на міські ґрунти знижує інтенсивність біологічних процесів, ферментативну активність ґрунтів [38,40]. На урбанізованих територіях можливі зміни активності ферментів ґрунтів у результаті дії ВМ [39, 40], нафтопродуктів, електромагнітних випромінювань та інших фізико-хімічних чинників антропогенного впливу. Більшість металів беруть участь у ферментативному каталізі, що є основою життєдіяльності всіх живих організмів, і необхідні лише у невеликій кількості. При високих показниках вони стають токсичними для ґрунтової біоти. ВМ знижують чисельність окремих груп мікроорганізмів, активність ферментів [15] та можуть виступати як мутагенний чинник. Мікроорганізми по-різному реагують на ВМ, це залежить від виду бактерії або водорості, концентрації, інтенсивності емісій поллютантів і хімічних властивостей останніх. Прояви токсичності в бактерій, на думку Дж. Кашнера, можуть проявлятися у зміні морфології клітин, клітинного метаболізму або загибелі. Для визначення біологічної активності ґрунтів використовують різні методи: мікробіологічні (прямий мікробіологічний підрахунок мікроорганізмів різних груп: бактерій, актиноміцетів, грибів, та визначення кількості мікроорганізмів на різних поживних середовищах), біохімічні (визначення ферментативної активності ґрунтів), фізіологічні (фізіологічний метод визначення біомаси організмів, визначення дихання ґрунту) і хімічні

(визначення вмісту нітратів, аміаку). В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеєв, С.І. Колесніков [29; 30], спираючись на погляди В.В. Докучаєва, що будь який об'єкт або явище слід розглядати не ізольовано, а в сукупності і взаємообумовленості з оточуючими його системами і процесами. Автори вважають, що поєднання у ґрунті фіто-, зоо-, мікробіоценозів у цілісну систему із продуктами їх життєдіяльності (у першу чергу з ферментами і гумусовим комплексом) і абіотичними компонентами ґрунтового середовища (гранулометричними і структурними елементами, фізичними й водними властивостями, реакцією середовища, поглинальною здатністю та ін.) визначає біологічну активність ґрунту. Такий підхід передбачає одночасне охоплення дослідженнями ґрунтової біоти, її ґрунтових похідних і абіотичного середовища для вивчення й оцінки біологічної активності ґрунту, а також визначення найбільш інформативних її показників. Комплексний підхід до вивчення біологічної активності ґрунтів особливо актуальним є для екосистем, де ґрунти зазнають різнопланового антропогенного впливу. При дослідженні таких екосистем показники біологічної активності ґрунтів широко використовуються для діагностики змін, які відбуваються під впливом антропогенного чинника [12, 37]. При цьому розрізняють потенційну біологічну активність, визначену в штучних умовах, оптимальних для проходження біологічного процесу, а також – актуальну (природню), яка характеризує реальну активність у природних умовах. На думку Д.Г. Звягінцева і співавторів потенціальна біологічна активність є добрим діагностичним показником, але для визначення інтенсивності біологічних процесів перевагу мають показники актуальної активності [16,32]. При визначенні біологічної активності ґрунтів, у тому числі тих, що зазнають антропогенного впливу, найчастіше використовують такі показники, як вміст гумусу, ферментативна активність, інтенсивність виділення Карбону органічних сполук ґрунту, чисельність і склад основних груп мікроорганізмів, у першу чергу, різним групам бактерій, грибів [33]. Кабіров Т.Р. для дослідження антропогенно порушених ґрунтів запропонував

використовувати коефіцієнт біологічної активності, який враховує активність ферментів, показники чисельності гетеротрофних мікроорганізмів. Незважаючи на те, що відомо багато показників, які характеризують різноманітні аспекти біологічного стану ґрунтів, актуальним залишається пошук нових високоінформативних показників та уніфікація біоіндикаційних підходів щодо діагностики властивостей ґрунтів, які зазнають різноманітних форм антропогенної деградації. Враховуючи широкий спектр використання даних досліджень ґрунтів з метою їх біоіндикації і діагностики [34, 35], достатньо перспективним є залучення даних щодо активності целюлози в ґрунті для оцінки їх стану.

### 1.3. Біоіндикаційні дослідження стану ґрунтів

Дослідження та загальне оцінювання ступеня забруднення ґрунтового покриву можна проводити за критеріями, які виділяють слабо-, середньо- і сильно забруднені ґрунти. У слабозабруднених ґрунтах вміст забруднюючих речовин (ЗР) не перевищує ГДК або фонове значення. У середньозабруднених – перевищення ГДК (фону) незначне і не призводить до істотних змін властивостей ґрунтів. У сильно забруднених ґрунтах вміст ЗР у кілька разів перевищує ГДК (фон), що істотно позначається як на властивостях ґрунтів, так і на якості сільськогосподарської продукції.

Іноді проводять оцінювання за ступенем забруднення окремими ЗР (важкими металами, нафтопродуктами тощо). Біоіндикацію нафтозабруднених ґрунтів у агроєкосистемах проводять на основі реакцій сільськогосподарських рослин із різною чутливістю до даного фактора. Наприклад, стійкими до забруднення ґрунту нафтою є осока шорстковолосиста (*Carex hirta*) та біб кінський або біб звичайний (*Faba bona* або *Vicia faba* L.). За дії нафтового забруднення ґрунту (50 г/кг) збільшувалася кількість продихів на листовій поверхні дослідних рослин, зокрема у *V. faba* майже на 43%, у *C. hirta* – на 13% щодо контролю. Проте за дії сильного нафтового забруднення (100 г/кг ґрунту) спостерігали

зменшення кількості продихів на одиницю площі листка: у *V. faba* на 18%, у *C. hirta* – на 15% щодо контролю.

Оперативну інформацію про фітотоксичність забрудненого ґрунту можна отримати, використовуючи як тест-об'єкти насіння та проростки рослин. Тест-функції, що використовують у біотестуванні, досить різноманітні: динаміка проростання насіння, відсоток схожості, довжина головного і бічних коренів, довжина пагона тощо. На їх основі визначають фітотоксичний ефект ґрунту.

У біотестуванні основним параметром оцінки забруднення виступає не концентрація полютанта, а реакція та відповідь живого організму. Перевагою біотестування токсичності забрудненого середовища є врахування впливу антагоністичних і синергічних взаємодій полютантів, оцінка сумісної біологічної активності впливу фізико-хімічних факторів на біоту.

На основі екологічної характеристики організмів, тобто їх реакцій на вплив факторів середовища, виокремлюють еврибіонти - види з широкою адаптаційною здатністю, які можуть жити при різних значеннях фактору, і стенобіонти - види з низькою адаптаційною здатністю, життєдіяльність яких обмежена вузьким діапазоном змін певного фактора. Саме стенобіонти (організми або їх угруповання), життєві функції яких тісно корелюють з певними чинниками середовища використовують для біоіндикації ґрунту. На основі дослідження рослинного покриву можна визначити основні складові ґрунтів (рухомі сполуки основних елементів живлення рослин Ca, N, P, S, K, Mg), оскільки певні види рослин домінують у місцевостях з відповідним складом ґрунту. Наприклад, нітрофіти (азотолуби) можна вважати надійними індикаторами ґрунту, збагаченого азотом, до них відносять берест, черемху, бузину, бруслину європейську. Найбільше їх росте на землях з підвищеним вмістом нітратів, дуже рідко вони трапляються на бідних азотом землях. Домінування різних рослин-галофітів (солестійких) пов'язано з засоленістю ґрунтів різними йонами. Певні види рослин відображають якісний склад катіонів у поглинаючому комплексі ґрунту.

Фітоіндикацію широко застосовують при визначенні кислотності ґрунтів. Так, на дуже кислих ґрунтах (рН = 3- 4,5) ростуть крайні ацидофіли (надають перевагу кислим ґрунтам), до яких належать сфагнум, плавун булавовидний; на кислих ґрунтах (рН 4,5-6,0) - помірні ацидофіли (калюжниця болотна, їдкий і повзучий жовтець); на слабо кислих ґрунтах (рН 5,0-6,7) - слабкі ацидофіли (медунка, купина багатоквіткова, анемона жовтецева).

Теоретичною передумовою застосування ґрунтов-зоологічного методу з метою діагностики ґрунтів сформульоване М.С. Гиляровим у 1949 р. Тварини – індикатори забруднення ґрунту Популяції та комплекси видів ґрунтових тварин відзначаються стабільністю і стійкістю навіть за дуже несприятливих змін в екосистемі, тому на землях, активно використовуваних людиною, ґрунтові тварини лишаються останньою групою, за якою оцінюють ступінь впливу людини на біоту. Цьому сприяють особливості ґрунту як середовища існування. Різноманіття ґрунтових тварин дуже велике, тому вибір об'єктів серед них повинен бути обмеженим. Якщо це стосується видів, то до них ставиться цілий ряд вимог. Перевага віддається великим ґрунтовим безхребетним, багато з яких мешкає в досить широкому діапазоні екологічних умов. Середовище існування представників цієї групи - не найменше скупчення ґрунтової вологи, не порожнини і ходи в ґрунті, а весь ґрунт як середовище. Тому зв'язок зі змінами ґрунтових умов, хімізму ґрунтових розчинів, гумусу у великих ґрунтових тварин набагато тісніший, ніж у дрібних. Ареали багатьох видів добре відомі, і їх популяції на протязі всього ареалу мають досить високу чисельність.

Важливе й те, що серед великих безхребетних багато видів-поліфагів, слабо пов'язаних із певною групою рослин чи тварин у своєму живленні. Серед них для моніторингу найбільш зручні представники таких груп: дощові черв'яки, ковалики та їх личинки, великі хижі туруни, деякі види мокриць і диплоподів. Високий ступінь осілості цих груп, широка харчова база, достатня вивченість особливостей екології, розподілу, розміри ареалів,

висока чисельність у різних місцях уможлиблюють використання видів із цих груп як основних об'єктів екологічного моніторингу. Популяції ґрунтових тварин чутливі до змін, які відбуваються в екосистемах і ґрунтовій біоті, і реагують в основному зменшенням кількості видів, чисельності та біомаси популяцій, зникненням характерних для екосистем видів і появою еврибіонтних форм. У сильно пошкоджених екосистемах популяції ґрунтових тварин залишаються останнім «уламком» тваринного світу, що колись існував. Водночас у результаті господарської діяльності людини виникає велика кількість екосистем, у яких немає багатьох груп ґрунтової фауни, головним чином ґрунтоутворювачів, таких як дощові черв'яки, ківсяки, мокриці. Такі зміни в комплексах помітні на ділянках, що на них людина безпосередньо здійснює господарську діяльність.

Повний аналіз ґрунту вимагає багато часу та праці. Однак багато особливостей ґрунту, в тому числі і родючість, можна визначити за рослинами-індикаторами, які ростуть в ньому. Так наприклад, про високу родючість свідчать такі рослини: малина, кропива, іван-чай, таволга, снить, чистотіл, копитняк, кислиця, валеріана.

Індикатори помірної (середньої) родючості: медунка, дудник, грушанка, гравілат річковий, вівсяниця лугова, купальниця, вероніка довголиста.

Про низьку родючість свідчать сфагнові (торф'яні) мохи, наземні лишайники, котяча лапка, брусниця, журавлина, ситник ниткоподібний, запашний колосок. Байдужі до ґрунтової родючості жовтець їдкий, пастуша сумка. Маловимоглива до ґрунтової родючості сосна звичайна.

### **Рослини – індикатори забезпеченості ґрунту певними елементами.**

Про високий вміст азоту свідчать рослини-нітрофіли - іванчай, малина, кропива; на луках і ріллі - розростання пирію, споришу (горця пташиного). При хорошому забезпеченні азотом рослини мають інтенсивно-зелене забарвлення. Навпаки, нестача азоту проявляється блідо-зеленим забарвленням рослин, зменшенням гіллястості і числа листя. Високу забезпеченість кальцієм показують кальцієфіли: багато бобових (наприклад

люцерна серповидна), модрина сибірська. При нестачі кальцію панують кальцієфоби - рослини кислих ґрунтів: щучка (луговик дернистий), квас, сфагнум та ін. Ці рослини стійкі до шкідливої дії іонів заліза, марганцю, алюмінію.

**Рослини – індикатори водного режиму ґрунтів** Індикаторами різного водного режиму ґрунтів є рослини-гігрофіти, мезофіти, ксерофіти. Вологолюбні рослини (гігрофіти) - мешканці вологих, іноді заболочених ґрунтів: лохина, багно, морощка, білозір, калюжниця, герань лугова, очерет лісовий, шабельник болотний, горець зміїний, м'ята польова, чистець болотний.

Рослини досить забезпечених вологою місць, але не сирих і не заболочених - мезофіти. Це велика частина лугових трав: тимофіївка, лисохвіст луговий, пирій повзучий, конюшина лучна, горошок мишачий, волошка фрігійська. У лісі це брусниця, костяниця, копитняк, золота різка, плауни.

Рослини сухих середовищ (ксерофіти): котяча лапка, нечуйвітер волосистий, ковила пірчаста, мучниця, мітлиця біла, наземні лишайники. Рослини – індикатори глибини залягання ґрунтових вод Встановлення показників глибини залягання ґрунтових вод має значення для уточнення властивостей ґрунтів і для вироблення рекомендацій щодо їх меліорації. Для індикації глибини залягання ґрунтових вод можна використовувати групи видів трав'янистих рослин (індикаторні групи). Для лугових ґрунтів виділяється 5 груп індикаторних видів. Крім названих груп рослин, є перехідні види, які можуть виконувати індикаторні функції, наприклад мятлик луговий може бути включений як в першу, так і в другу групи. Він вказує залягання води на глибині від 100 до понад 150 см. Хвощ болотний - від 10 до 100 см і калюжниця болотна - від 0 до 50 см. Глибина ґрунтових вод: I. Конюшина лучна, подорожник великий, пирій повзучий - більше 150 см. II. Мітлиця біла, костриця лучна, горошок мишачий - 100-150 см. III. Таволга в'язолисна, канаркова трава - 50-100 см. IV. Осока лисяча, осока

гостра, куничник Лангсдорфа - 10-50 см; V. Осока дерниста, осока пухирчаста - 0-10 см.

У лабораторних умовах кислотність ґрунтів можна визначити універсальним індикаторним папером, набором Алямовського, рН-метром, а в польових умовах - за допомогою рослин-індикаторів. У процесі еволюції сформувалися три групи рослин: ацидофіли - рослини кислих ґрунтів, нейтрофіли - мешканці нейтральних ґрунтів, базіфіли - ростуть на лужних ґрунтах. Знаючи рослини кожної групи, в польових умовах можна приблизно визначити кислотність ґрунту.

За однією з основних характеристик ґрунтів, їх кислотністю, рослини поділяють на:

**Виражені ацидофіли:** сфагнум, зелені мохи – гілокоміум, дікранум, плавун булавовидний, плавун річний, плавун сплюснутий, пухівка піхвова, підбіл багатолістий (андромеда), котяча лапка, касандра, цетрарія, щучка дерниста, хвощ польовий, квас малий – рН 3,0-4,5.

**Помірні ацидофіли:** чорниця, брусниця, багно, калюжниця болотна, сухоцвіт, жовтець отруйний, мучниця, білозір болотний, фіалка собача, сердечник луговий, куничник наземний – рН 4,5-6,0.

**Слабкі ацидофіли:** папороть чоловічий, медунка неясна, зеленчук, дзвіночок кропиволистий, дзвіночок широколистий, бор розлогий, осока волосиста, осока рання, малина, смородина чорна, вероніка довголиста, горець зміїний, орляк, кисличка заяча – рН 5,0-6,7. Ацидофільно-нейтральні: зелені мохи – гілокоміум, плеврозіум, верба козяча – рН 4,5- 7,0. Нейтрофільні: яглиця європейська, полуниця зелена, лисохвіст луговий, конюшина гірська, конюшина лучна, мильнянка лікарська, борщівник сибірський, цикорій – рН 6,0-7,3.

**Нейтрально-базіфільні:** мати-й-мачуха, люцерна серповидна, келерія, осока волохата, лядвенець рогатий, гусяча лапка – рН 6,7-7,8. Базіфільні: бузина сибірська, в'яз шорсткий – рН 7,8-9,0.



Існує класифікація певних груп рослин-індикаторів по відношенню до ґрунтового зволоження:

1. Фреатофіти - рослини, пов'язані з водоносними горизонтами у яких добре розвинена коренева система (до 5-30 м). Наприклад, середньоазіатські тамариски мають кореневу систему до 7 м, а чорний саксаул - 25 м.

2. Омброфіти - рослини, що існують за рахунок атмосферних опадів. Вони мають сильно розгалужену систему поверхневих коренів, які здатні швидко всмоктувати вологу під час опадів.

3. Трихогідрофіти - життя цих рослин, насамперед, пов'язане з капілярною вологою ґрунтових вод. Вони часто поєднують риси фреатофітів і омброфітів і мають кореневі системи універсального типу.

По відношенню до механічного складу ґрунтів і материнських порід рослини поділяють на:

1. Псамофіти - ростуть на пісках.
2. Пелитофіти - на глині.
3. Алевритофіти - на суглинистих або супісчаних ґрунтах.
4. Хасмофіти - на кам'янистих ґрунтах.
5. Петрофіти або літофіти - на скалах.

По відношенню до засолення ґрунту, досить умовно, виділяють дві великі групи рослин індикаторів:

- галофіти - мешканці засолених ґрунтів ( за перевагою аніонів розрізняють галофіти хлоридного типу, або власно галофіти та сульфатно - кальцієвого типу, або гіпсофіти;

- глікофіти - рослини, що мешкають на ґрунтах, які не містять зайвої кількості солей.

За пристосуванням до надлишкового вмісту солей рослини поділяють на:

- еугалофіти, або власно галофіти, які накопичують солі у великих кількостях в тканинах рослини і мають соковиті і м'ясисті стебла;

- кріногалофіти - рослини які здатні виділяти надлишок солей у вигляді краплин розсолу крізь особливі залози (їх іноді називають фільтруючими галофітами) і мають характерний сольовий наліт;
- глікогалофіти - рослини, що мають кореневий бар'єр, тобто систему анатомічних і фізіологічних пристосувань, які захищають рослину від зайвого надходження солей до тканин рослини.

По відношенню до умов зволоження ґрунтів виділяють рослини:

- ксерофіти - види посушливих місцезростань, для них характерні вузколистість, опушення листків, жорсткі стебла та видозміни листків (колючки);
- мезофіти - рослини помірно зволжених районів;
- гігрофіти - рослини-індикатори надлишкового зволоження;
- гідрофіти - рослини мілководь та прибережних смуг водойм, мають темно-зелене листя та товсті соковиті стебла.

Сьогодні знання про індикацію ґрунтів значно розширилися. Існує багато рослин, за показниками яких можна безпомилково визначити механічний, хімічний, сольовий, водний та інші показники ґрунтів.

В останні десятиліття людина стала причиною швидкої деградації ґрунтів, хоча втрати ґрунтів мали місце впродовж всієї людської історії.

Традиційні аналітичні методи спостереження за станом ґрунтового покриву міст в зв'язку з об'єктивними та суб'єктивними причинами сьогодення стали практично неможливими. Так як в екосистемах діють різноманітні негативні процеси, які мало досліджені, то біологічну індикацію стали широко використовувати для оцінки забруднення ґрунтів.

Найбільш швидку реакцію при антропогенному впливі на ґрунти проявляють живі організми, які використовують у моніторингу як біологічні індикатори. Важливим є не тільки швидкість відповідних змін, але і те, що вони реагують на весь комплекс забруднень, це робить інформацію більш представницькою [41].

За допомогою методів біоіндикації вимірюється сумарний ефект зовнішнього впливу, можна вивчати вплив забруднення на рослини і тварини у просторі і часі та застосовувати профілактичні засоби.

Користуючись інструментальними методами дослідження, можна визначити характеристики повітря, води і ґрунту, але лише на момент відбору проб. Тому, відстежуючи процеси їх накопичення (або відсутності), можна оцінити рівень забруднення середовища.

Виокремлюють статичні і динамічні індикаційні ознаки. Наприклад, присутність певного індикатора, його форма – це статичні ознаки, а швидкість росту або інші зміни, що відбуваються в часі, належать до динамічних. Рослинність може бути використана не лише як індикатор окремих факторів середовища, а також як показник сумарних умов: типів ґрунту чи клімату, гірських порід, сільськогосподарських угідь. Біоіндикаторами можуть бути не лише ті рослини, які помітно реагують на аномалії. Зовнішні подразники впливають на кислотність середовища, щільність коріння тощо.

Значення індикатора в екологічних дослідженнях визначають дві величини: екологічна спряженість індикатора і зустріч індикатора на обсязі індикації. Загальну значущість індикатора можна виразити у вигляді індексу у відсотках.

Біоіндикація має певні переваги як метод отримання безпосередньої інформації про зміни стану біоти в умовах забруднення, але він повинен поєднуватись з хімічними й геофізичними дослідженнями для отримання не лише якісних, а й кількісних відомостей [45].

Одним з найбільш чутливих методів діагностики можливих негативних процесів в ґрунтах, є рівень ферментативної активності. Багаторічними дослідженнями показана висока ефективність застосування ферментативної активності ґрунтів в якості діагностичного показника (Галстян, 1974, 1978, 1982; Хазиев, 1976, 1982; Звягінцев, 1978; Гончарова, 1991; Абрамян, 1992; Казі і др., 2003, 2004, 1996; Личко, 1998; Burns, 1977; Badiane, 2001).

У зв'язку з потребою проведення комплексного моніторингу, використання індикаційних можливостей біологічних об'єктів набуває все більшого значення.

Один зі специфічних методів моніторингу забруднення ґрунтів є біоіндикація - оцінка якості природного середовища по стану її біоти, яка заснована на спостереженні за складом, властивостями і чисельністю індикаторів і використовується в екологічних дослідженнях, як метод виявлення антропогенного навантаження [47]. В основі методу біоіндикації лежить дослідження мінливості різних характеристик біологічних об'єктів і систем на вплив екологічних факторів. У якості біоіндикаторів вибирають найбільш чуттєві до досліджуваних антропогенних факторів біологічні системи або організми [34]. Зміни в поведженні тест-об'єкта оцінюють у порівнянні з контрольними ситуаціями.

В останні роки методологія ґрунтових досліджень отримала розвиток у зв'язку з необхідністю оцінки стану ґрунтів, розробки містобудівної документації і практики проведення оцінки впливу на навколишнє середовище.

Важливою особливістю розроблюваних нормативних документів фактично став екосистемний підхід, що відображено в екологічній класифікації ґрунтів і «екологічних функціях міських ґрунтів».

Біологічний моніторинг – важлива та невід'ємна частина екологічного моніторингу. З однієї сторони біологічний моніторинг оцінює стан біоти екосистем різного рівня, з другої сторони деякі зміни в навколишньому середовищі неможливо оцінити по іншому, як з допомогою високочутливих організмів. Застосування біологічних об'єктів моніторингу дозволяє робити комплексний аналіз і давати комплексні оцінки змін в навколишньому середовищі, що неможливо при хімічному або геофізичному моніторингу навколишнього середовища.

Біоіндикація стану ґрунтів є головним методом біологічного моніторингу і має ряд переваг перед інструментальними методами дослідження, а саме :

- висока чутливість до надслабких антропогенних змін в ґрунтах, які не фіксуються хімічними та фізико-хімічними методами дослідження;
- швидкість виявлення антропогенних змін в ґрунтах;
- оцінка рівня забруднення обмеженим числом характеристик;
- універсальність при вирішенні поставлених завдань;
- виявлення і характеристика ретроспективних, разових і прогнозованих впливів;
- малозатратність досліджень.

В основі принципу біологічної діагностики ґрунту лежить уявлення про те, що ґрунт (як середовище існування) становить єдину систему, в якій мешкають популяції різних організмів.

Дослідження з вивчення індикаторів ґрунтового біорізноманіття проводились українськими та європейськими вченими, зокрема таких держав, як Франція, Німеччина, Нідерланди. Визначено понад 90 можливих індикаторів біорізноманіття ґрунту, які умовно розподілені на групи відповідно до основних розділів класичної екології ґрунту: біологічного різноманіття (чисельності) та біологічних функцій ґрунту. До індикаторів біологічного різноманіття ґрунту відносять представників макрофауни, мезофауни, мікрофауни, мікрофлори та рослини. До індикаторів біологічних функцій ґрунту відноситься: біологічна активність ґрунту, токсичність ґрунту, активність ґрунтової фауни, ферментативна активність ґрунту [2, 5].

Мікрофауна включає в себе багатоклітинні мікроскопічні тварини (коловоротки, нематоди) і в силу своїх малих розмірів не впливають активно на фізичні властивості ґрунту.

Мезофауна об'єднує значну та багаточисельну частину ґрунтового різноманіття. В основному до мезофауни відносять дрібних комах, окремих багатоніжок, мокриць, павуків, енхітреїд.

Макрофауна відіграє основну роль у функціонуванні ґрунту, включаючи мікробну активність, кругообіг поживних речовин, складання ґрунту, формування гумусу та органічної речовини. Так, за рахунок дощових черв'яків у ґрунтах проходить:

- перемішування ґрунту, відповідно зниження небезпеки виникнення захворювань та поглиблення розміщення органічної речовини;
- поліпшення інфільтрації води та сприянням росту коренів внаслідок формування каналів у ґрунті, викладених поживними речовинами;
- продукування агрегатів, багатих азотом, фосфором та калієм, а також іншими мікроелементами;
- поліпшення стабільності ґрунту, пористості та вологоутримуючої здатності за рахунок створення ходів та «склеювання» частинок ґрунту;
- подрібнення рослинних залишків, стимулювання розпаду біомаси та вивільнення поживних речовин.

В даний час в Європі та Америці загальноприйнятою є практика дослідження токсичності забрудненого ґрунту на популяціях дощових черв'яків. Забруднюючі речовини із ґрунту попадають в організм черв'яка двома шляхами:

- через епітелій шляхом пасивної дифузії забруднюючих речовин із ґрунтового розчину. Процес проходить під дією різниці концентрації забруднюючих речовин між водою ґрунтових пор і тканин черв'яка та є прямо пропорціональним між забрудненням ґрунту і кумуляцією черв'яками;
- через кишечник шляхом проходження ґрунтових частинок шлунково-кишковим трактом черв'яка.

Найбільш розповсюджені представники макрофауни – гризуни, комахоїдні, комахи, двопарноногі, кліщі, молюски, багатоніжки, павуки та кільчасті черви. Проте, порівнюючи діяльність двох представників ґрунтових безхребетних - дощових черв'яків і мокриць встановлено, що їхній вплив на ґрунт істотно відрізняються один від одного, а саме: дощові черв'яки значно активніші в гумідних і вологих ґрунтах, а мокриці найбільш ефективними

виявилися в ґрунтах з аридними екологічними умовами. Використання цих даних в комплексі з іншими важливими показниками, необхідними для диференційованої оцінки їх участі в ґрунтоутворюючому процесі.

Мікрофлора відіграє критичну роль серед ґрунтових функцій: вона підтримує біогеохімічний цикл і ріст рослин.

## **РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНІ УМОВИ РЕГІОНУ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Природно-кліматичні умови м. Здолбунів**

**Здолбунів** – районний центр в Рівненській області, залізничний вузол. 28 тис. жителів (2015р). Відомий з 1497 р., як місто з 1939р. Площа зелених насаджень 472 га. Промислові підприємства - ВАТ «Волиньцемент», виробниче об'єднання «Укрцемремонт», заводи: залізо-бетонних конструкцій і виробів, ремонтно - механічний, нестандартного обладнання, «Іскра», продовольчих товарів та хлібзавод [9, 23].

На південно – східній околиці міста на р.Устя збудовано Старомильське водосховище (площа водного дзеркала 134 га), а в заплаві річки— систему ставків (площа 247 га).

Поверхня території підвищена, плоско-хвиляста, рельєф порушується заболоченими заплавами Усті та її лівої притоки, а також численними зниженнями. На півночі - Рівненське плато з широкими балками і річковими долинами з заболоченими заплавами, на півдні - Мізоцький кряж із значним ступенем ерозійного розчленування поверхні. Корисні копалини: вапняки, крейда, мергелі, лесовидні суглинки, кварцові піски. Розташований у Західно-Українській лісостеповій фізико-географічній провінції.

Найважливішою особливістю геологічної будови височини є поширення по всій її території майже суцільної лесоподібної товщі. Завод розташований у долині р. Устя, а точніше на ГільчоЗдолбунівській ділянці, де р.Устя перетинає широку заболочену рівнину. Тут переважають процеси акумуляції та сучасного заболочування.

#### **2.1.1. Фізико-географічна характеристика об'єкта дослідження**

Підприємство ВАТ "Волиньцемент" розташоване у Здолбунівському районі у межах Волино-Подільської плити, яка являє собою розбитий складною системою розломів західний схил щита, у якого кристалічний фундамент крутими східцями спадає на захід, а точніше, розміщена в межах



Луцько- Рівненської лесової височини, абсолютні відмітки поверхні якої становлять 164-210 м, а загальний похил спрямований до північного заходу.

Однією з характерних ознак Волино-Подільської плити можна вважати досить чіткий багатопверховий характер її будови. Верхній поверх плити складають кайнозойські утворення, які майже суцільно перекриваються різноманітними за генезисом нашаруваннями четвертинного періоду (антропогену). Дуже поширені відклади верхньої крейди, їх нема на крайньому сході, у межах Українського щита. Доантропогенні відклади кайнозойської ери на території району мало поширені. У центральній та південній частинах району окремими островами збереглися відклади неогенової системи, які представлені головним чином комплексом порід сарматського ярусу. Давніші відклади тортонського часу (піски та пісковики) виявлено за допомогою тільки окремих свердловин.

**Рослинний і тваринний світ** Здолбунівського району досить багатий. Там зустрічаються рослини і тварини, які занесені до Червоної книги України: 1) рослини: гніздівка звичайна, журавлина дрібноплідна, черевички зозулині, язичок зелений, зозулинець шоломоносний, коручка болотна, лілія лісова, любка дволиста, малаксис однолистий, баранець звичайний, відкасник татарниколистий, вовчі ягоди пахучі, водяний горіх плаваючий, меч-трава болотна, пальчатокорінник майський, гудайєра повзуча, пальчатокорінник фукса, підсніжник звичайний, зозулинець селеновий, зозулині сльози яйцевидні, плаун колючий, росичка англійська, росичка проміжна, товстянка звичайна, цибуля ведмежа; 2) тварини: ссавці: зубр, тхір степовий (білий); птахи: зміїд, , балобан, журавель сірий, орлан-білохвіст, пугач; бджоли: бражник мертва-голова, комахи: бражник джмелевидка, шовкопряд-ендроміс, сатурнія-аглія, шовкопряд кульбабовий, орел-карлик Сатурнія мала. Сучасна флора і фауна району несе на собі сліди значної антропогенної трансформації, що проявилася головним чином у зменшенні кількісного і видового складу тваринного світу, хоча на окремих природоохоронних

територіях з успіхом здійснюються спроби відновлення природної флори та фауни, навіть її видового розширення.

**Кліматичні умови.** Клімат помірно континентальний: м'яка зима з частими відлигами, тепле, нерідко дощове літо; середньорічна кількість опадів — 600-700 мм. Зима настає наприкінці листопада, а стійкий сніговий покрив утворюється в останні дні грудня — першу декаду січня. Літо, що приходить наприкінці травня, триває до вересня. Це період найвищих температур повітря і ґрунту, найбільших опадів, дозрівання врожаю. Ясна, прохолодна ранньоосіння погода встановлюється на початку вересня.

**Температура повітря.** Перехід середніх добових температур через  $0^{\circ}\text{C}$  спостерігається, як правило, у середині березня. Власне середня місячна температура березня становить близько  $0^{\circ}\text{C}$ , змінюючись в рамках від  $-5-10^{\circ}\text{C}$  до  $5-10^{\circ}\text{C}$ . У квітні, в зв'язку із збільшенням інтенсивності сонячної радіації та повним звільненням поверхні від снігового покриву, середня температура зростає до  $6-7^{\circ}\text{C}$ . Останній місяць календарної весни - травень здебільшого має середні температури на  $6-7^{\circ}\text{C}$  вищі від квітневих і характеризується наближенням до температурного режиму літнього сезону, хоча в окремі дні (особливо у першій декаді) спостерігаються відчутне зниження температур, а вранці навіть можливі приморозки. Середні багаторічні температури літніх місяців типові для територій з помірно континентальним кліматом: у червні  $17^{\circ}\text{C}$ , у липні  $18,5^{\circ}\text{C}$ , у серпні  $17-17,5^{\circ}\text{C}$ .

З вересня починається відчутний спад температур - середні місячні температури знижуються на  $3-4^{\circ}\text{C}$ , а у жовтні - ще на  $5-6^{\circ}\text{C}$ . З другої декади жовтня в окремі роки середні добові температури повітря бувають від'ємними, хоча стійкий перехід через  $0$  відбувається дещо пізніше, в листопаді-грудні. Вже у грудні спостерігається 20-23 дні з середньодобовими температурами нижче  $0^{\circ}\text{C}$ . Особливо охолоджується повітря у січні-лютому, проте й у ці зимові місяці температурний режим характеризується нестабільністю, і стійкий хід від'ємних температур неодноразово порушується короткочасними потепліннями, зумовленими циркуляційними

факторами, коли середньодобові температури піднімаються вище 0°C. В середньому за багаторічний період у січні буває 5-6 таких днів, у лютому 6-9. Взагалі, найхолодніший період зими триває близько 60 днів, з середини грудня до середини лютого (табл.1).

Таблиця 1

**Метереологічна характеристика розташування підприємства**  
(за даними Держкомгидромету в Рівненській обл.)

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, А	180
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, Т, град.С	23.3
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця (для котельних, які працюють за опалювальним графіком, Т,град.С;	5.4
Середньорічна роза вітрів, %	
П	8.1
ПС	5.6
С	12.8
ПдС	14.6
Пд	11.1
ПдЗ	12.8
З	25.0
пз	10.7
Швидкість вітру (за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5%, П*, м/с	14

**Характеристика ґрунтового покриву.** Здолбунівський ґрунтовий район характеризується поширенням ясно-сірих і сірих опідзолених ґрунтів, чорноземи карбонатні, чорноземи глибокі.

Розміщення на високих гіпсометричних рівнях та інтенсивне розорювання чорноземів (по окремих ділянках розорано до 92% площ) сприяють поширенню ерозійних процесів, в зв'язку з чим майже 40% площ, вкритих ґрунтами цього типу, мають явні ознаки різних ступенів змитості (від слабо- до сильнозмитих).

Опідзолені ґрунти сформувалися переважно на лесовидних породах і поширені у південній лісостеповій частині, займаючи вододільні плато та їх

схили на Волинській височині. У формуванні ґрунтів цього типу проявився вплив двох основних ґрунтоутворюючих процесів - підзолистого і чорноземного, в залежності від переважання яких виділяють кілька типів ґрунтів: ясно-сірі, сірі опідзолені, темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені.

Найбільше поширення у межах району мають сірі опідзолені ґрунти, які характеризуються значною кислотністю, а відтак - безструктурністю і розпорошенням орного шару, схильного до запливання та утворення кірки на поверхні, нарешті, незначним вмістом гумусу і зниженою родючістю. Разом з тим, ці ґрунти інтенсивно розорюються і досить ефективно використовуються при вирощуванні зернових, технічних та плодкових культур, багаторічних трав тощо.

Аналіз водно-фізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунтового покриву показує, що переважна більшість ґрунтових різновидів може використовуватися у сільськогосподарському виробництві лише за умови штучного поліпшення, тобто вимагає застосування науково обґрунтованої системи гідротехнічних хімічних меліорацій.

Особливу проблему землекористування в районі має забруднення ґрунтів. У даній проблемі особливе місце займає використання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин. Насамперед, мова йде про так зване нітратне забруднення ґрунтів. В загальному по району спостерігається тенденція до стрімкого зниження вмісту гумусу в ґрунті (за останні 20 років гумус в ґрунті зменшився з 3,2% до 1,5%), а також азоту, фосфору і калію.

Внаслідок катастрофи на ЧАЕС територія району майже не зазнала забруднення радіонуклідами. Зокрема концентрація цезію-137 в ґрунті становить менше 1 Кі/км<sup>2</sup>, тобто вважається умовно чистою.

### **2.1.2. Загальні відомості про підприємство**

Підприємство ВАТ «Волиньцемент» розташоване за юридичною адресою: 35700, Україна, Рівненська обл., м. Здолбунів, вул. Шевченка, 1. Територія підприємства розміщена за 1,5 км на північ від м. Здолбунів. Площа зони

впливу підприємства в радіусі 7 км – 153,9 км<sup>2</sup> (15386 га), що становить близько 1 % території Рівненської області та 22 % території Здолбунівського району [9]. В межах підприємства відсутня житлова забудова. Для даного типу цементного виробництва встановлена нормативна санітарно-захисна зона (СЗЗ), яка складає 1000 м.



**Рис.1. Загальний вигляд території ВАТ «Волинь-цемент»**

ВАТ «Волиньцемент» спеціалізується з виробництва цементу та клінкеру для народногосподарських потреб. Виробничі структури підприємства територіально знаходяться на трьох проммайданчиках:

**Проммайданчик № 1** (м.Здолбунів): Основне (головне) виробництво - виробництво цементу та клінкеру, який налічує виробничий цех, дільницю відвантаження готової продукції, склад, котельню, ремонтно-механічний, електроремонтний, автотранспортний та залізничний цехи.

**Проммайданчик № 2** (околиця м. Здолбунів): Кар'єр крейди та суглинків - приготування крейдяно-суглинного шламу шляхом видобутку суглинку та крейди та розмішування з водою в бовтанках кар'єру;

**Проммайданчик № 3** (Хмельницька обл., Славутський р-н, с. Старий Кривин): Кар'єр глини - постачання глини для головного виробництва клінкеру та цементу шляхом видобутку глини.

Тому характеристика виробничої програми та потужності, а також обсягів випуску продукції, здійснюється окремо по виробництвах.

Основною виробничою діяльністю проммайданчика № 1 є виготовлення цементу мокрим способом шляхом обпалювання сировинної суміші (випал клінкеру) за принциповою технологічною схемою (табл.2).

Таблиця 2

### Перелік видів продукції ВАТ «Волиньцемент»

№ з/п	Вид продукції	Одиниця виміру	Річний випуск
1	Клінкер	т/рік	1836000.00
2	Цемент	т/рік	2160000.00

#### Технологічні зв'язки:

- Кар'єр крейди та суглинків, звідки гідротранспортом отримується крейдино-суглинистий шлам для виробництва клінкеру;
- Кар'єр глини, звідки залізницею отримується глина для виробництва клінкеру;
- Підприємства інших галузей промисловості України, звідки залізницею отримуються граншлак, огарки, каолін (корегуючі домішки) та гіпс, що використовуються у виробництві клінкеру та цементу, а також вугілля для використання у обертових печах.

За типами робіт, що передбачено технологічними процесами підприємства та за складом шкідливих речовин, які викидаються у довкілля при цих технологічних процесах, а також у відповідності з «Державними санітарними правилами №173 від 19.06.96р., (ДСан ПіН)», підприємство відноситься до І-го класу небезпеки діючих виробництв будівельної

промисловості і розмір санітарно-захисної зони складає 1000 м від джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

### **2.1.2.1. Аналіз цементного виробництва як потужного джерела антропогенного навантаження**



**Рис. 2. Цех виробництва цементу**

Сучасна промисловість є невід’ємною частиною розвитку будь-якої країни та її регіонів і відповідно до потреб промисловість локалізується та здійснюють свою діяльність. В залежності від виробництва та технологій які на ньому використовуються підприємство тим чи іншим способом забруднює атмосферне, гідросферу та ґрунти. Серед промислових виробництв України одним з найбільших джерел забруднення навколишнього середовища є цементна промисловість так як виробництво цементу супроводжується твердими та газоподібними викидами, скидами стічних вод тощо.

#### **Вплив цементного виробництва на атмосферу**

Виробництва цементу супроводжується надходженням в навколишнє середовище твердих і газоподібних забруднюючих речовин (цементного

пилу, ртуті, сажі, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, різних вуглеводів, марганцю, ванадію, та ін.) Викиди підприємства негативно впливають на стан атмосферного повітря, а частки, що перебувають у повітрі у зваженому стані, утворюють різні аерозолі. Зменшення прозорості атмосфери в містах приводить до зниження вступу прямої сонячної радіації на 18-20%.

Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан забруднення атмосферного повітря здійснюється за результатами розрахунків розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Гігієнічним критерієм для визначення граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферу є відповідність їх розрахункових концентрацій на межі СЗЗ з гігієнічними нормативами. Найбільші величини приземних концентрацій забруднюючих речовин на межі СЗЗ наведено в табл. 3.

Таблиця 3

### Приземні концентрації забруднюючих речовин

Найменування забруднюючої речовини	Значення фонові концентрації, частка ГДК	Приземна концентрація на межі СЗЗ, частка ГДК	Приземна концентр. на межі СЗЗ з врахуванням фону, частка ГДК
Діоксид азоту	0,09	0,10	0,19
Пил неорганічний	0,10	0,17	0,27
Ангідрид сірчистий	0,04	0,08	0,12
Група сумачії	0,13	0,19	0,32

Таким чином приземні концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери, які створюються викидами підприємства на межі СЗЗ, значно перевищують фонові [23].

Велика кількість твердих часток надходить при спалюванні палива – це частки сажі, оксидів металів. Сірчистий газ - один з основних забруднювачів повітря. В атмосфері відбувається його окиснення з утворенням туману сірчаної кислоти. Важкі метали (ВМ), які надходять в атмосферне середовище, можуть переноситися на значні відстані, накопичуватися у компонентах навколишнього середовища та потрапляти в харчові ланцюги,



завдаючи непоправної шкоди наземним і водним екосистемам. Крім того, ВМ надходять в навколишнє середовище не тільки з відпрацьованими газами, а й з продуктами руйнування гальмівних колодок, автомобільних шин та дорожнього полотна. Гальмівні колодки автомобілів є джерелом надходження Cu та Sb. В результаті стирання верхнього шару дорожнього покриття, до складу якого входять цинк, нікель, мідь, ванадій, молібден, свинець та хром ці важкі метали у вигляді твердих часточок надходять у повітря [4].

### **Забруднення гідросфери на території досліджень**

Викиди в атмосферу побічно впливають на стан гідросфери й, накопичуючись у водах і донних відкладах, можуть стати джерелом вторинного забруднення. Двоокис сірки і окисли азоту, що виділяються в процесі виробничої діяльності, трансформуються в атмосфері Землі в кислотовмісні частки, які сприяють більш високій розчинності таких небезпечних металів, як кадмій, ртуть і свинець із донних відкладів і ґрунтів. Ці частки вступають у реакцію з водою атмосфери, перетворюючи її в розчини кислот, які знижують рН дощової води.

### **Забруднення ґрунтового середовища прилеглих територій**

Величезними викидами як твердих, так і газоподібних забруднюючих речовин відрізняються підприємства з виробництва цементу. Виробництво цементу спричиняє значні обсяги викидів нелокалізованого цементного пилу. Сировиною для виробництва цементу є карбонатні породи - домінуючим компонентом у хімічному складі твердих частинок викидів є кальцій. Встановлено аномально високу концентрацію обмінного кальцію у складі ґрунтового вбирного комплексу в зоні впливу джерела емісії. Так, вміст останнього у 0-20 см шарі ґрунту двохкілометрової зони варіював у межах 132,6-150,2 мг-екв/100 г ґрунту [7].

Частка кальцію у ємності вбирання ґрунту сягала 98,1%. З віддаленням від джерела викиду вміст обмінного кальцію в ґрунті помітно знижувався і на

межі двадцятикілометрової зони впливу становив 21,7 мг-екв/100 г. За таких умов спостерігалися зміни у мікроагрегатному складі ґрунту. Внаслідок акумуляції кальцієвмісних викидів у ґрунті помітно зростав вміст структурних агрегатів розміром понад 0,01 мм.

Цементний пил впливає на всі компоненти природного середовища. Одним з основних індикаторів забруднення промислових викидів на навколишнє природне середовище є рослинність, так як вона, завдяки високій чутливості до антропогенного впливу, першою приймає на себе своєрідний «удар» техногенного преса. Пилові частинки, забиваючи листки рослин, призводять до погіршення їх життєвого стану, що відбивається в темпах росту і розвитку.

У зоні впливу викидів практично будь-якого цементного заводу на відстані до 2-х км спостерігаються зміни в хімічному складі, як снігового покриву, так і рослин. Так само відбувається зміна видового складу рослин, антропогенна трансформація рослинних угруповань вздовж фактора забруднення. Так, токсичний вплив сірчистого газу починається із попаданням  $SO_2$  в клітину, де відбувається зменшення активності ферментів, порушення реакцій обміну речовин, зміна структури органел. Спостерігається затримка розвитку й росту, особливо листків. Усе це, зрештою, призводить до загибелі клітини. Прямий вплив оксидів та діоксидів азоту ( $NO_2$ ) на рослини визначається візуально за пожовтіння або побуріння листя і голок, що відбувається в результаті окислення хлорофілу. Утворюється при цьому в клітинах азотиста кислота, яка надає мутагенну дію. Негативний біологічний вплив  $NO_2$  на рослини проявляється в знебарвленні листя, в'яненні квіток, припинення плодоношення і росту. Така дія пояснюється утворенням кислот при розчиненні оксидів азоту в міжклітинній і внутрішньоклітинній рідинах. Ботаніки вважають, що початкові симптоми пошкодження рослин оксидами азоту проявляються в безладному поширенні знебарвлюючих плям сіро-зеленого відтінку. Ці плями поступово грубіють, висихають і стають білими. Оксиди азоту

токсичні при концентрації 3 мг на 1м<sup>3</sup>. Небезпека пошкодження рослинності діоксидом азоту існує тільки у великих містах і промислових районах, де середня концентрація NO<sub>2</sub> становить 0,2 - 0,3 мг/м<sup>3</sup>. Озон значно токсичніший оксидів азоту при дії на рослини. Надлишок озону також змінює структуру клітинних мембран, внаслідок чого можна спостерігати сріблясту плямистість листя. При дії озону окислюються пігменти і листя знебарвлюється. На глянцевому шарі шкірки листя і голок виявляються тріщини, і лист стає крихким. Крім того, в тріщинах можуть проростати грибні спори, проникаючи потім вглиб листа і руйнують його. Цей інфекційний процес є однією з причин загибелі лісів [6].

Гігієнічне значення пилу полягає в її непрямому і прямому впливі на організм тварин. Непрямий вплив запиленого повітря зводиться до того, що на пилові частинки нерідко осідають крапельки вологи, утворюючи тумани. Пил і тумани, поглинаючи значну частину сонячної радіації погіршують світловий клімат, а шар пилу і сажі, осідаючи на скло вікон приміщень, знижує природне освітлення останніх.

Прямий вплив пилу зводиться до дії на шкіру, слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Пилові частинки, перемішані з потом, жировими виділеннями, уламками волосся та епідермісу, закупорюють пори шкіри, що викликає подразнення, свербіж і запалення. Як наслідок, порушується теплорегуляторная, видільна, захисна та тактильна функція шкірних покривів. Вкрита пилом шкіра втрачає чутливість до подразників, що уповільнює рефлекторні реакції. Пил закупорює вивідні протоки потових і сальних залоз, в результаті шкіра стає сухою, нееластичною і більше піддається механічних пошкоджень.

Найбільший вплив пилу виявляє на дихальні шляхи. Пилові частинки розміром більше 10 мкм повністю затримуються у верхніх дихальних шляхах, а розміром від 10 до 5 мкм - в носових ходах. Отже, в легені проникають частинки пилу менше 5 мкм. у великій кількості може викликати гіперемію і катаральне запалення слизової оболонки носа, що підсилює дію

супутньої мікрофлори. Накопичуючись в трахеї і бронхах, пил ускладнює роботу миготливого епітелію, покриває слизову оболонку клейкою плівкою. Це є причиною гострих і хронічних катарів верхніх і середніх бронхів.

За ступенем забруднення з урахуванням рози вітрів визначені 3 зони забруднення:

- зона сильного забруднення (до 500 м);
- зона середнього забруднення (до 1000 м);
- зона слабого забруднення (від 1000 до 2000 м).

Однією з головних проблем забруднення ґрунтів є важкі метали, що надходять на поверхню й в ґрунтові води. Важкі метали, що надходять на поверхню ґрунту, накопичуються в ґрунтовій товщі, особливо у верхніх гумусових горизонтах. Важкі метали відносять до найнебезпечніших забруднювачів. Відходи виробництва та споживання також впливають на навколишнє середовище й, насамперед це відображається на ґрунтах. У зв'язку з наростаючою кількістю відходів, що утворюються в результаті антропогенної діяльності, проблема їх утилізації стає усе більш актуальна в наш час [5].

При проведенні хімічних аналізів сніжного покриву у цементного заводу виявляється висока концентрація хімічних елементів у сніговому покриві, що пов'язано з техногенним забрудненням території в результаті впливу викидів цементного заводу та продуктів перероблення гірських порід діючого кар'єру.

Аналіз забруднення середовища проживання діяльністю розглянутого заводу показав, що в біосферу надходять речовини, що виявляють негативний вплив на організм людини. До таких речовин, у першу чергу, відносяться пил цементу, вуглеводні, діоксид сірки, оксид вуглецю, оксиди азоту, сажа. Цемент подразнює шкіру і слизову оболонку. Залежно від того, чи потрапляє він на відкриті ділянки шкіри або вдихається, цемент по-різному впливає на здоров'я людини, особливо на персонал, зайнятий на виробництві цементу. Цементний пил при попаданні в бронхи і далі викликає

зміну легеневої тканини, що, у свою чергу, призводить до незворотних функціональних змін легень. Пневмоконіоз - це легеневе захворювання виникає у працівників цементних виробництв після багатьох років роботи. Симптоми і тяжкість цього захворювання визначаються типом цементу, складом сировини, рівнем запиленості на виробництві і тривалістю роботи. Без застосування засобів захисту такі шкідливі фактори, як лужна основа цементу і висока алергенність хроматів, можуть призводити до серйозних захворювань шкіри, дихальних шляхів і слизових оболонок носоглотки і порожнини рота. Епідеміологічні дослідження, практичний досвід і спостереження вказують на велику кількість алергічних реакцій і запальних процесів верхніх дихальних шляхів після впливу цементного пилу.

Цементний пил вважається канцерогенною речовиною і може викликати рак горла. Дослідження показали, що у персоналу, зайнятого на виробництві цементу і в будівельній індустрії, зазвичай підвищена захворюваність раком горла. Газоподібні викиди в процесі виробництва цементу так само впливають на організм людини. Вони призводять до розвитку широкого діапазону захворювань (бронхіти, пневмонії, бронхіальна астма, серцева недостатність, інсульт, виразки шлунка) і збільшення смертності людей з ослабленим імунітетом. Особливо важко доводиться дітям. У новонароджених порушуються генні структури організму і з'являються невиліковні хвороби. У здорових людей організм справляється з отруєним повітрям, але на це йде велика кількість фізіологічних сил. У підсумку здорові люди втрачають працездатність, продуктивність праці падає, функції мозку погіршуються.

По ступеню впливу на організм людини токсичні речовини підрозділяються на 4 класи: 1 - надзвичайно небезпечні, 2 - високо небезпечні, 3 - помірно небезпечні, 4 - мало небезпечні. Існує кілька механізмів потрапляння важких металів в організм людини і тварин: інгаляційний, пероральний та через шкірні покриви.

Найбільш серйозна токсична дія важких металів виникає при вдиханні пилу. Особливо небезпечні частинки діаметром 0,1-1 мкм, які ефективно адсорбуються легеньми. Легені поглинають іони металів, які надходять потім в рідкі середовища організму, в десять разів ефективніше, ніж шлунково-кишковий тракт. Але, в той же час, інгаляційне отруєння зустрічається нечасто і основний спосіб проникнення токсичних металів в організм – пероральний – з продуктами харчування і водою. Механізми токсичного впливу ВМ на організми до кінця не з'ясовані. Таким чином, цементний завод є джерелом забруднення середовища проживання, негативно впливає на здоров'я людини, призводячи до розвитку всіляких захворювань, отруєнь, а в особливо небезпечних випадках може привести й до летального результату.

## **2.2. Об'єкт, предмет і методи досліджень**

Об'єктом дослідження є ґрунти санітарно-захисної зони ВАТ «Волинь-цемент», яка становить 1000 м від стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, так як ВАТ «Волиньцемент» згідно діючих будівельних норм відноситься до I-го класу небезпеки та входить в перелік 100 самих небезпечних підприємств України. В санітарно-захисній зоні житлова забудова відсутня.

Досліджувані ґрунти належать до земель загального користування, а їх особливості обумовлені: береговою лінією р.Устя, магістральною залізницею, сіткою автошляхів та негативним впливом промислового підприємства. В результаті сформовані ґрунти з різним просторовим забрудненням та втратою родючості.

Для проведення біологічного моніторингу ґрунтів на території СЗЗ «ВАТ Волинь-цемент» було вибрано 5 ключових ділянок, площі яких знаходяться на різній відстані від основних джерел забруднення.

Результати досліджень забруднення ґрунтів важкими металами були надані акредитованим відділом інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції у Рівненській області.

**Предмет дослідження:** оцінка біотичної активності ґрунту з використанням методу біоіндикації.

Так, як в екосистемах діють різноманітні негативні процеси, які мало досліджені, нами обґрунтована доцільність використання біологічної індикації для оцінки забруднення ґрунту як один із специфічних методів моніторингу по стану біоти, який ґрунтується на дослідженні целюлозолітичної активності і використовується в біологічних дослідженнях, як метод виявлення антропогенних змін.

Комплексне використання результатів як аналітичних, так і біологічних досліджень дасть змогу розширити можливості для виявлення причинно-наслідкових зв'язків стану ґрунтів та факторів впливу на них, підвищити рівень ефективності системи оцінки стану ґрунтів.

Наявність аналітичних даних моніторингу ґрунтів Рівненської області в сучасний період та ближній ретроспективі дали можливість встановити пріоритетні ділянки контролю, при виборі яких дотримувались наступних принципів:

- максимально використати наявний цінний інформативний матеріал;
- ділянки спостережень повинні бути, по можливості одними й тими ж, для визначення всіх показників моніторингу, а в разі неможливості дотримання цієї вимоги, найближчими між собою, тобто в межах одного досліджуваного майданчика;
- дослідження повинно охопити всю санітарно-захисну зону, тобто кожний майданчик буде характеризувати максимальне антропогенне навантаження на ґрунти.

Вибір показника для оцінки ґрунтів СЗЗ здійснювався за такими критеріями:

- інформативність показника (кореляція між показником і антропогенним фактором);
- висока чутливість показника та добра відтворюваність результатів;
- невелика помилка дослідів;

- простота, незначні трудовитрати та висока швидкість визначення;

Практика показала, що немає необхідності визначати необґрунтовано велику кількість показників біологічного стану ґрунтів, а достатньо визначити найбільш інформативний показник, які характеризує біотичну активність ґрунту та його токсичність. На наш погляд, таким показником є целюлозолітична активність.

### **Методи та методика досліджень**

Визначення целюлозолітичної активності ґрунту проводили у червні - липні 2019р. Для виконання поставлених завдань дослідження були проведені на п'яти ділянках, чотири з яких розміщені в межах санітарно-захисної зони досліджуваного підприємства та одна – фонові. За фонову прийнята ділянка на віддалі більше 10 км від підприємства. В кожному з 5 визначених майданчиків дослідження проведені визначення целюлозолітичної властивості ґрунту в трьохкратній повторюваності за типовою методикою (Н. Г. Федорець, М. В. Медведєва, 2009) [36]. Ступінь розкладу лляного полотна в досліджуваних зразках визначали через 30 діб. Обробка та аналіз отриманих даних здійснювали методами математичної статистики з використанням сучасних комп'ютерних програм. Отримані результати оброблені статистично на 5 % рівні значущості. Для перевірки допустимих значень похибок дослідів нами був застосований t-критерій Стьюдента.

Вміст важких металів був визначений атомно-сорбційним методом в акредитованому відділі інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції у Рівненській області.

У процесі дослідження використовували такі методи: польові, лабораторні, розрахункові та аналітичні.



## РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА БІОТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ҐРУНТУ

### 3.1. Забруднення ґрунтів СЗЗ підприємства важкими металами

У численних дослідженнях доведено, що важкі метали (ВМ) зменшують величину врожаїв сільськогосподарських культур та можуть суттєво погіршити якість рослинницької продукції [8, 13]. Дослідники спостерігають збіднення флори навколо промислових підприємств під дією ВМ, було виявлено випадки негативного впливу ВМ на вегетативні органи рослин.

Для вирішення проблеми взаємодії природного середовища з техносферою Здолбунівського ВАТ «Волинь-цемент» пропонується застосувати системний підхід з використанням методу аналізу забруднення території та вивчення питання біологічної активності ґрунту на цій території. Саме такий підхід дає змогу аналізувати складні різносторонні проблеми за допомогою простих правил та знаходити найоптимальніше рішення.

Виробництво цементу спричиняє значні обсяги організованих і неорганізованих викидів цементного пилу. Сировиною для виробництва цементу є карбонатні породи - домінуючим компонентом у хімічному складі твердих частинок викидів є кальцій. Встановлено, що основними компонентами цементного пилу є оксиди кальцію, заліза, кремнію, алюмінію; у ньому містяться значні концентрації важких металів: Pb, Zn, Mn, Ni, Cu, Cr. Мігруючи ланцюгами живлення, ВМ впливають на ґрунтовий покрив, якість поверхневих вод, рослинницької та тваринницької продукції, на організм людини [6, 21, 44].

Аналіз літературних джерел дав підстави стверджувати, що ВМ по-різному впливають на ріст, розвиток та продуктивність рослин. Так, кадмій порушує діяльність ґрунтових ферментів, які беруть участь у білковому обміні. Кадмій може нагромаджуватися у генеративних органах та коренях. Токсичні концентрації Cd у ґрунті перевищують 20 мг/кг ґрунту.

Нами розглянуті викиди забруднюючих речовин ВАТ «Волинь-цемент» та їх вплив на стан ґрунтів санітарно-захисної зони підприємства. За даними обласного гідрометеоцентру переважаючим напрямом рози вітрів є східний.

Дослідження вмісту важких металів проводилися на відстані 500, 750 та 1000 м від джерела забруднення у східному напрямку.

Так як ВМ здатні акумулювати в ґрунті, то спостерігається загальна тенденція помірною збільшення їх концентрації за роками і, відповідно, зменшення вмісту із збільшенням відстані від джерела забруднення значення [7, 9]. Аналіз динаміки середнього вмісту ВМ у ґрунтах санітарно-захисної зони впливу ВАТ «Волинь-Цемент» дає змогу констатувати, що вміст рухомих форм ВМ у східному, переважаючому напрямку забруднення за розою вітрів є вищим, ніж у інших напрямках і перевищує фонові значення, табл.4.

Таблиця 4

#### Вміст ВМ у ґрунтах СЗЗ ВАТ «Волинь-цемент»

Відстань від джерела забруднення, м	Вміст ВМ в ґрунті, мг/кг			
	Pb	Cd	Zn	Cu
500	5,92 ± 0,14	0,97 ± 0,02	52,62 ± 1,4	5,71 ± 0,12
750	7,14 ± 0,22	0,63 ± 0,02	56,13 ± 1,4	5,12 ± 0,14
1000	8,41 ± 0,25	0,96 ± 0,02	49,67 ± 1,3	5,83 ± 0,12
Фонове значення	3,0	0,1	10,0	5,0

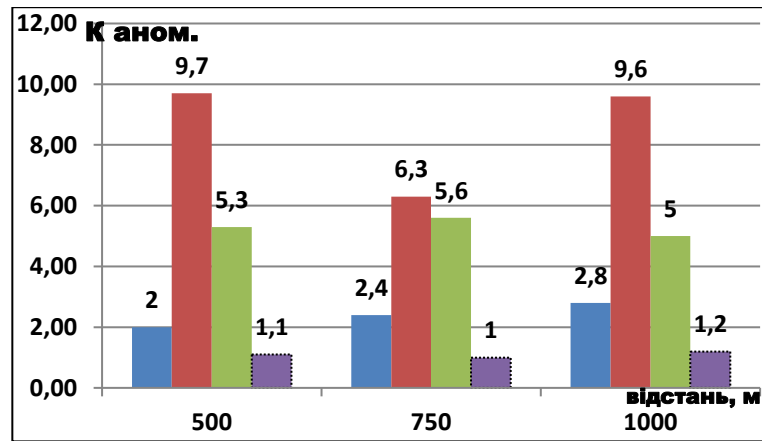
Мірою інтенсивності забруднення ґрунту ВМ слугує коефіцієнт аномальності, який визначають за формулою:

$$K_a = C/C_n, \quad \text{де:}$$

C – середнє значення концентрації металу в забрудненому ґрунті;

C<sub>n</sub> – природний геохімічний фон.

Результати розрахунків коефіцієнту аномальності ґрунтів зони впливу ВАТ «Волинь-Цемент» у східному напрямку подано на рис.3.



**Рис. 3. Коефіцієнт аномальності ґрунтів СЗЗ ВАТ «Волинь-Цемент»**

В результаті досліджень встановлені незначні перевищення по міді, які становлять 1,0-1,2 рази. Вміст свинцю перевищує фонове значення в 2 рази на відстані 500м від джерела забруднення і 2,8 рази на границі санітарно-захисної зони. Значні концентрації в ґрунтах зони впливу підприємства простежено по Zn, де перевищення становлять в 5- 5,6 рази.

Найвищі коефіцієнти аномальності встановлено для кадмію. Так, вміст кадмію в ґрунті СЗЗ досліджуваного підприємства становить 0,63- 0,97 мг/кг при фоновому значення 0,1 мг/кг. Коефіцієнти аномальності встановлені в межах від 6,3 до 9.6.

Цікаво, що в східному напрямку від підприємства в межах санітарно-захисної зони наявні городи. Нами було досліджено накопичення ВМ в листі петрушки (*Petroselinumsativum Hoffm.*). Відбір зразків здійснювали на тих же ділянках, що і ґрунти. Накопичення важких металів у листі петрушки відбувається шляхом кореневого та позакореневого їх живлення, тобто в результаті осідання цементного пилу на листках, табл 5.

Встановлено, що вміст міді в листі петрушки в межах норми. Перевищення цинку зафіксовано в діапазоні 4,9 – 6,2 ГДК. Проте, надзвичайно високі концентрації свинцю та кадмію визначено в листях петрушки, які становлять 6,02 – 8,81 мг/кг і 0,77 – 1,07 мг/кг відповідно.

Таблиця 5

Вміст ВМ в петрущі городній на різній віддалі від джерела забруднення, мг/кг

Віддаль від джерела забруд., м	Pb	Cd	Zn	Cu
500	6,02 ± 0,15	1,07 ± 0,03	62,02 ± 1,50	5,06 ± 0,12
750	7,37 ± 0,21	0,77 ± 0,02	50,62 ± 1,40	5,34 ± 0,14
1000	8,81 ± 0,21	0,96 ± 0,02	48,51 ± 1,3	5,51 ± 0,14
ГДК	0,5	0,03	10,0	5,0

Перевищення сягає 12,0 – 17,6 рази та 25,7 – 35,7 рази відповідно, рис.

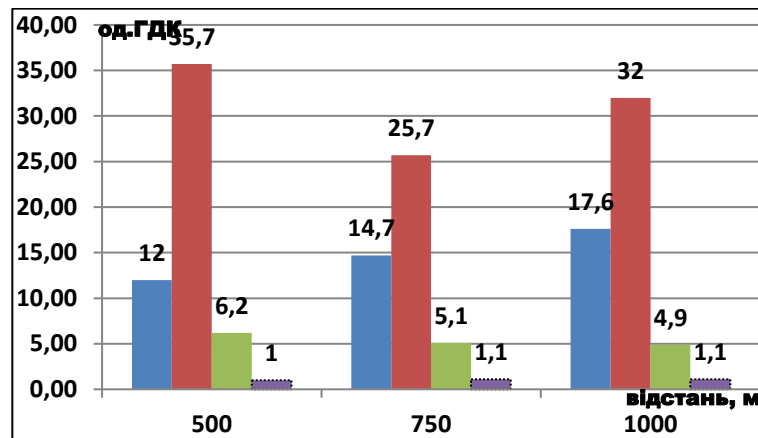


Рис.4. Вміст важких металів в петрущі (ГДК)

Пріоритетними забруднюючими речовинами є свинець і кадмій.

### 3.2. Аналіз біотичних функцій ґрунту

Біологічна діагностика антропогенно порушених ґрунтів повинна реалізувати дві взаємопов'язані задачі: індикацію і класифікацію ґрунтів.

Класифікація міських ґрунтів постійно вдосконалюється, так як змінюється спектр антропогенного впливу і необхідно її адаптувати до умов антропогенезу.

Біологічна ж активність за допомогою різноманітних показників характеризує мікробіологічні, фізіологічні та біохімічні властивості ґрунту, його особливості та стан (Долгова Л.Г., 1999). Методів визначення біологічної активності ґрунту відомо багато. Всі вони дають інформацію на момент дослідження і не розкривають специфіки функціонування мікробіоти в часі і просторі.

Одним з найбільш об'єктивних критеріїв забруднення ґрунтів важкими металами в ландшафтах, на думку багатьох дослідників, є мікробіологічне дослідження. Такий підхід пропонувався багатьма дослідниками [16, 17, 18]. При цьому, визначальними критеріями оцінки виступали показники чисельності мікроорганізмів та активності ферментів [10,14]. У зоні максимального техногенного навантаження пригнічується активність ґрунтової мікробіоти, що позначається на зниженні її чисельності. Всі існуючі методи біоіндикації ґрунтів засновані на розумінні того, що ґрунт як середовище проживання становить єдину систему різних організмів та процесів, які в ній проходять.

Перевагою контролю стану ґрунтів екосистеми за допомогою біоіндикаторів є те, що завдяки ефекту кумуляції дози, вони реагують навіть на відносно слабкі навантаження. Сумуючи дію всіх без винятку біологічно важливих факторів антропогенного впливу, біоіндикатори відображають цей вплив в цілому та дозволяють контролювати стан ґрунтів без постійної реєстрації параметрів.

Дослідженнями різних авторів встановлено, що активність ґрунтових ферментів може служити додатковим показником ґрунтової родючості і її змін в результаті антропогенної дії [1, 15, 43, 26]. Застосуванню ферментативної активності в якості діагностичного показника сприяє низька помилка дослідів (не більше 5-8 %) і висока стійкість ферментів при зберіганні зразків [14,15].

Загальний рівень біологічної активності можна охарактеризувати двома групами показників: перша – чисельність різних груп мікроорганізмів, кожна

з яких має здатність трансформувати певні речовини; друга – показники сумарної діяльності мікроорганізмів (продукти мікробного синтезу, розпаду та ін.). У цілому всі організми ґрунту та функції, що виконує ґрунт, відображають стан ґрунтової екосистеми й заслуговують на оцінку та вивчення. Практика показала, що немає необхідності визначати необґрунтовано велику кількість показників біологічного стану ґрунтів, а достатньо визначити найбільш інформативні [35].

Процес визначення діяльності целюлорозкладаючих мікроорганізмів – простий і доступний, не потребує спеціальних підготовки до проведення аналізу. Тому в нашому дослідженні інтенсивність розпаду лляної тканини є універсальним прямим показником діяльності ґрунтових організмів, який висвітлює перебіг мікробіологічних процесів загалом та визначає зміни в ґрунтових функціях [43] і використовується як один з індикаторів загальної біологічної активності ґрунту.

Активність функціонування целюлозних мікроорганізмів, в основному, визначається наявністю в ґрунті доступних поживних речовин, передусім, азотних. Визначення целюлозолітичної властивості ґрунту методом аплікацій дає можливість прослідкувати стан живої складової ґрунту, яка зазнає антропогенного впливу, оцінити перетворення доступної фракції органічної речовини та визначити активність целюлозолітичного комплексу.

Рослинні рештки, які поступають у ґрунт на 40-70% складаються з целюлози, яка є стійкою до дії фізичних і хімічних факторів, але під дією ферментів целюлорозкладаючих мікроорганізмів, які забезпечують одну з ланок кругообігу речовин в біосфері, здійснює мінералізацію клітковини рослинних залишків.

Розкладання целюлози являє собою найбільший за масштабами природний деструкційний процес, в якому головну роль відіграють ґрунтові мікроорганізми, виконуючи ключову роль у формуванні родючості, трансформують органічні рештки та забезпечують синтез гумусних речовин ґрунту. Отже, інтенсивність розкладу клітковини є універсальним прямим

показником діяльності ґрунтових організмів і висвітлює перебіг мікробіологічних процесів загалом та визначає зміни в ґрунтових функціях. Величина розкладу тканини більша у родючих ґрунтах з невеликою кількістю забруднень.

### **3.3. Дослідження та оцінка целюлозної активності ґрунтів СЗЗ**

Дослідження целюлозної активності ґрунту (інтенсивності процесу розкладання целюлози та ступеня збагаченості ґрунту ферментом) були проведені нами в 5 визначених майданчиках дослідження за типовою методикою [36].

Інтенсивність целюлозолітичної активності ґрунтів визначали за відсотком втрати лоскута лляної тканини, що була розміщена за профілем ґрунту на 30 днів. Попередньо зважену невідбілену лляну тканину розміром 10×30 см пришивали шовковими нитками до цупкої полімерної плівки. В ґрунті виривали свіжу яму глибиною 40см і до її вертикальної, добре зачищеної стінки щільно прикладували полотно. З зворотної сторони поліетилен придавлювали ґрунтом, яму засипали. Верхня межа лляної тканини повинна на 3-5 см занурюватися в ґрунт. Необхідно ставити 3 полотна на одній ділянці. На місцях закладки експериментів забивали кілки та записували орієнтири. Через місяць полотно обережно виймали в поліетиленовий пакет. В лабораторії лоскут тканини відмивали від ґрунту, висушували і зважували.

Про інтенсивність процесу розщеплення целюлози в ґрунті судили по різниці ваг лоскута тканини до і після експеримента. Шкала інтенсивності розщеплення целюлози в (%) наведена в табл.б.

Розкладання целюлози являє собою найбільший за масштабами природний деструкційний процес, в якому головну роль відіграють ґрунтові мікроорганізми, виконуючи ключову роль у формуванні родючості,

трансформують органічні рештки та забезпечують синтез гумусних речовин ґрунту.

Таблиця 6

### Шкала інтенсивності розщеплення целюлози (%)

Вираженість процесу розрушення	Оцінка
< 10	дуже слабка
10–30	слабка
30–50	середня
50–80	сильна
> 80	дуже сильна

Біологічна активність за допомогою різноманітних показників характеризує мікробіологічні, фізіологічні та біохімічні властивості ґрунту, його особливості та стан [24,42]. Методів визначення біологічної активності ґрунту відомо багато. Всі вони дають інформацію на момент дослідження і не розкривають специфіки функціонування мікробіоти в часі і просторі.

Одним з найбільш об'єктивних критеріїв забруднення ґрунтів важкими металами в ландшафтах, на думку багатьох дослідників, є мікробіологічне тестування. Такий підхід пропонувався багатьма дослідниками [22, 46]. При цьому, визначальними критеріями оцінки виступали показники чисельності мікроорганізмів та активності ферментів [30, 37]. У зоні максимального техногенного навантаження пригнічується активність ґрунтової мікробіоти, що позначається на зниженні її чисельності. Всі існуючі методи біоіндикації ґрунтів засновані на розумінні того, що ґрунт як середовище проживання становить єдину систему різних організмів та процесів, які в ній проходять.

Дослідженнями різних авторів встановлено, що активність ґрунтових ферментів може служити додатковим показником ґрунтової родючості і її змін в результаті антропогенної дії.

Застосуванню ферментативної активності в якості діагностичного показника сприяє низька помилка дослідів (не більше 5-8 %) і висока стійкість ферментів при зберіганні зразків. Інтенсивність розкладу



клітковини є універсальним прямим показником діяльності ґрунтових організмів і висвітлює перебіг мікробіологічних процесів загалом та визначає зміни в ґрунтових функціях [22, 30]. Величина розкладу тканини більша у родючих ґрунтах з невеликою кількістю забруднень.

Досліджувані ґрунти належать до земель загального користування, а їх особливості обумовлені: береговою лінією р.Устя, магістральною залізницею, сіткою автошляхів та негативним впливом промислового підприємства.

Визначення целюлозолітичної активності ґрунту проводили у червні - липні 2019. Для виконання поставлених завдань дослідження були проведені на п'яти ділянках, чотири з яких розміщені в межах санітарно-захисної зони досліджуваного підприємства та одна – фонова. В кожному з п'яти визначених майданчиків дослідження проведені визначення целюлозолітичної властивості ґрунту в трьохкратній повторюваності за типовою методикою [6]. Ступінь розкладу лляного полотна в досліджуваних зразках визначали через 30 діб. Обробка та аналіз отриманих даних здійснювали методами математичної статистики з використанням сучасних комп'ютерних програм. Отримані результати оброблені статистично на 5% рівні значущості. Для перевірки допустимих значень похибок дослідів нами був застосований t-критерій Стьюдента (табл. 7).

Таблиця 7

**Оцінка целюлозної активності ґрунту на території  
СЗЗ «ВАТ Волинь-цемент»**

Досліджувані майданчики	Целюлозна активність, %	Оцінка целюлозної активності ґрунту	
		ступінь збагаченості ґрунту ферментом	інтенсивність процесу розкладання целюлози
<b>Майданчик № 1</b>			
1	8,2 ± 2,03	Дуже бідний	Дуже слабка
2	11,6 ± 0,92	Дуже бідний	Слабка
3	9,4 ± 0,8	Дуже бідний	Дуже слабка
<b>Майданчик № 2</b>			
4	17,3 ± 0,66	Дуже бідний	Слабка
5	21,8 ± 2,0	Дуже бідний	Слабка

6	30,9 ± 2,47	Бідний	Середня
Середнє значення	23,33 ± 1,92	Дуже бідний	Слабка
<b>Майданчик № 3</b>			
7	7,9 ± 0,85	Дуже бідний	Дуже слабка
8	12,3 ± 2,17	Дуже бідний	Слабка
9	9,6 ± 0,51	Дуже бідний	Дуже слабка
<b>Майданчик № 4</b>			
10	11,6 ± 0,7	Дуже бідний	Слабка
11	13,7 ± 1,33	Дуже бідний	Слабка
12	8,9 ± 1,2	Дуже бідний	Дуже слабка
<b>Майданчик № 5 (фоновий)</b>			
13	32,1 ± 4,24	Бідний	Середня
14	38,6 ± 1,2	Бідний	Середня
15	32,3 ± 2,47	Бідний	Середня

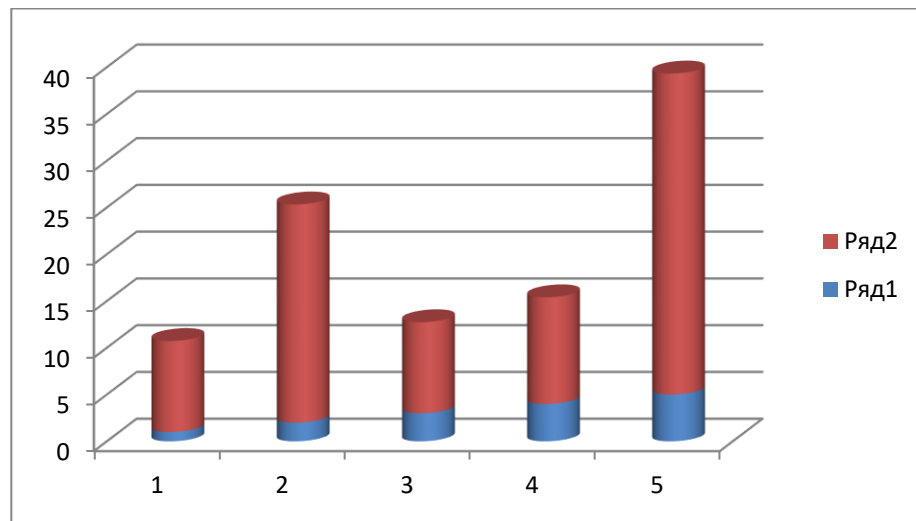
Результати досліджень свідчать про низькі значення показників показників целюлозолітичної активності ґрунтів на визначених майданчиках санітарно-захисної зони. Так, на майданчиках №№ 1,3,4, де значний антропогенний вплив, показники целюлозної активності найнижчі і становлять від  $7,9 \pm 0,85$  до  $13,7 \pm 1,33\%$ . Ступінь збагаченості ґрунтів ферментом целюлоза визначений як «дуже бідний» з «дуже слабкою» та «слабкою» інтенсивністю процесу розкладання целюлози.

На майданчику №2 показники целюлозної активності визначені в межах  $17,3 \pm 0,66$  -  $30,9 \pm 2,47\%$  і охарактеризовані «дуже бідною» та «бідною» ступінню збагаченості ґрунтів ферментом целюлаза з «слабкою» та «середньою» інтенсивністю процесу її розкладання. Слід зауважити, що на майданчику № 5, де майже відсутній будь-який антропогенний вплив, значення показників целюлозної активності ґрунту дуже низькі і становлять від  $32,1 \pm 4,24\%$  до  $38,6 \pm 1,2\%$  (рис.5).

Дослідженнями встановлено, що у 66,7 % зразків ступінь збагачення ґрунту території м. Рівне ферментом целюлаза «дуже бідна» з «дуже слабкою» і «слабкою» інтенсивністю процесу розкладання целюлози.

Так, у всіх досліджуваних пробах інтенсивність розкладання целюлози визначена як «дуже слабка» в 33,3%; «слабка» – 40% та «середня» – в 26,7%.

Різниця основної і контрольної групи показників становила 2,776 і є статистично достовірною, при значенні похибки не більше 5% ( $P \leq 0,05$ ).



**Рис. 5. Середні значення збагачення ферментом целюлаза ґрунтів СЗЗ ВАТ «Волинь-цемент»**

На умовно фоновій контрольній території міста Здолбунів з показником  $34,33 \pm 3,69\%$  целюлозної активності ґрунту, вираженість процесу розкладання целюлази оцінена як «середня», а ступінь збагаченості ґрунту ферментом – «бідна».

Згідно екотоксикологічних нормативів рівень впливу забруднення на біологічні процеси необхідно визначати по відхиленню активності позаклітинних біологічних процесів [36]. При діагностиці за 100% приймається значення кожного показника в умовно контрольному ґрунті [36]. На дослідженій території СЗЗ ВАТ «Волинь-цемент» такі відхилення встановлені в межах 11,0 – 24,6 % від фонових значень (табл.8).

Отримані результати свідчать про значний антропогенний вплив промислового підприємства на активність целюлази в ґрунтах СЗЗ ВАТ «Волинь-цемент», рівень впливу антропогенного навантаження визначений в діапазоні «помірно небезпечний» - «небезпечний».

Таблиця 8

**Оцінка рівня впливу антропогенного навантаження на ґрунти СЗЗ ВАТ «Волинь-цемент» (за активністю целюлази)**

Досліджувана територія	Целюозна активність ґрунту, %	Відхилення активності біологічних процесів, %	Рівень впливу антропогенного навантаження
Майданчик № 1	9,73 ± 1,72	24,6	небезпечний
Майданчик № 2	23,33 ± 1,92	11,0	помірно небезпечний
Майданчик № 3	9,74 ± 2,21	24, 6	небезпечний
Майданчик № 4	11,4 ± 2,41	22,9	небезпечний
Майданчик № 5	34,33 ± 3,69%	фоновий	

Ґрунти СЗЗ ВАТ «Волинь-цемент» потребують проведення робіт по ліквідації причин дуже низької целюлозної активності ґрунту та прийняття заходів щодо поліпшення процесів їх гуміфікації.

### 3.5. Рекомендації по покращенню екологічного стану в районі розміщення підприємства.

- Своєчасне та якісне проведення режимно-налагоджувальних робіт дозволяє досягнути суттєвого зниження викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря, дотримування величин технологічних нормативів.
- З метою забезпечення повноти згоряння палива треба правильно регулювати подачу газу, а також первинного і вторинного повітря.
- Для нормальної роботи котлів дуже важливо запобігти підсмоктуванню повітря в топку, що значно зменшить викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря.
- Не допускати наднормативних і залпових викидів забруднюючих речовин.

- Інтенсифікувати технологію виробництва з подальшим зменшенням викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.
- Проводити постійний технічний контроль роботи електрофільтрів.
- Проводити регулярний лабораторний контроль забруднюючих речовин на джерелах викидів та ефективності роботи пило- та газоочисного устаткування.
- Пропонується застосування систем якісного моніторингу та найактуальніших, науково обґрунтованих та експериментально підтверджених методів визначення потенційних загроз від виробничої діяльності підприємства ВАТ «Вилинь-цемент».

## ВИСНОВКИ

Сьогодення характеризується загостреним протиріччям між економікою та екологією, тому важливо використовувати такі методи оцінки забруднення ґрунтів, які могли б дати не тільки об'єктивне уявлення про стан ґрунтів, тобто про те, наскільки вони здатні виконувати відведені їм функції, а й виконання таких оцінок було б доступним і в матеріальному плані.

Розглянутий метод біодіагностики ґрунтів набуває великого прикладного значення, виконує вимоги сучасності з дослідження та оцінки забруднених ґрунтів і може слугувати індикатором біохімічних процесів, що відбуваються в едафотопі.

Отримані результати свідчать про значний антропогенний вплив промислового підприємства на ґрунти, рівень впливу антропогенного навантаження визначений в діапазоні «помірно небезпечний» - «небезпечний».

Встановлено, що інтенсивність процесу розкладання целюлози в ґрунтах на території санітарно-захисної зони ВАТ «Волинь - цемент» «дуже слабка» та «слабка», а ступінь збагаченості ґрунту ферментом целюла основному, «дуже бідний» та «бідний».

ґрунти «ВАТ Волинь-цемент» потребують прийняття заходів щодо поліпшення процесів їх гуміфікації.

Рекомендувати природоохоронній лабораторії ВАТ «Волинь-Цемент» інформувати населення про стан ґрунтів в санітарно-захисній зоні та ризики для населення, зумовлені діяльністю підприємства.

### Список використаних літературних джерел

1. Абрамян С.А. Изменение ферментативной активности почв под влиянием естественных и антропогенных факторов / Почвоведение. 1992. № 7. С.70-82.
2. Агаркова М.Г. Биологическая активность почв урбанизированных территорий/Вестник Московского университета. Серия 17, Почвоведение. 1994. № 1. С.45-49.
3. Адаменко Я. О. Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище: науково-теоретичні основи, практична реалізація / Автореферат дисертації доктора технічних наук. Івано-Франківськ, 2006. 39 с.
4. Аристовская Т. В. Микробиология процессов почвообразования / Л.: Наука. Лен. отд., 1980, 187с.
5. Аристовская Т. В. Экспресс-метод определения биологической активности почвы // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142-147.
6. Ачасова А. Просторова неоднорідність вмісту важких металів у ґрунті / Вісник аграрної науки. 2003. № 3. С.77–78.
7. Борщевська І.М., Клименко М.О., Чечелюк Н.Г. Дослідження вмісту важких металів ґрунтах сільгоспугідь поблизу ВАТ “Волинь-Цемент” / Вісник НУВГП: збірник наукових праць. Рівне, 2008. Вип. 3(43). 25–30.
8. Борщевська І.М., Клименко М.О., Вплив викидів цементного виробництва на якість рослинницької продукції / Наука. Молодь. Екологія: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених / Житомирський національний агроєкологічний університет. Житомир, 2009. С. 39-42.
9. Борщевська І. М., Клименко М.О., Лико Д.В. Вплив техногенезу на якість ґрунтів прилеглої території підприємства цементного виробництва / Матеріали II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю /Вінницький національний технічний університет. Вінниця, 2009. с.372-375.

10. Вагнер І.В. Ферментативна активність як індикатор біохімічних процесів в чорноземах звичайних Синедбниковського району Дніпропетровської області / Дніпропетровський державний аграрний університет м. Дніпропетровськ, Україна.
11. Васильев А. Современные подходы к решению проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами / Экотехнологии и ресурсосбережение. 2000. № 5 . С. 47–52.
12. Васильева Л. И., Кадацкий В.Б. Формы тяжелых металлов в почвах урбанизированных и заповедных территорий / Природопользование. Сборник научных трудов, 1996. Выпуск 1. с. 139.
13. Вовк О.Б. Функціонування ґрунтів в умовах посиленого антропогенного впливу / Наук. вісн. УжНУ. Сер. біологія. 2001. Вип. 9. С. 33-35.
14. Галстян А. Ш. Унификация методов исследования активности ферментов почв / Почвоведение. 1978. № 2 С. 107-114.
15. Галстян А. Ш. Об устойчивости ферментов почв / Почвоведение. 1982. №4. С. 108–110.
16. Гельдер Ю. Г. Биологическая диагностика почв / М.: Издательство МГУ, 1986. 82с.
17. Гиляров М. С., Криволицкий Д.А. Жизнь в почве / М. : Молодая гвардия, 1985. – 285 с.
18. Гиляров М. С. Зоологическая мелиорация почв / Природа. 1976. № 10. С. 18–20.
19. Геник Я. В. Нагромадження важких металів у ґрунтах та фітомасі комплексної зеленої зони міста Львова / Автореферат дисертації кандидата с.-г. наук. Львів, 1994. 23 с.
20. Гришина Л. О., Копцік Г.М., Моргун Л.В. Організація та проведення ґрунтових досліджень для екологічного моніторингу / М.: Изд-во МГУ, 1991. 82 с.
21. Давыдова С.Л. О токсичности ионов металлов / М.: Знание, 1991. 224с.



22. Долгова Л. Г. Ферментативна активність та мікробіологічні процеси в едафотобах техногенних регіонів / Екологія та ноосферологія. 1999. Т. 8, № 4. С. 18–23.
23. Довкілля Рівненщини. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2012, 2013, 2014 рр. – Рівне: 2014, 2015, 2016 рр. 191, 310, 278 с.
24. Землякова А. В. Городские почвы как неотъемлемый компонент урбоэкосистемы / Научные ведомости Белорусского Государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. № 21. С. 102–107.
25. Звягинцев Д. Г., Зенова Г.М. Биология почв / М.: МГУ, 2005. 445 с.
26. Звягинцев Д.Г. Биология почв и их диагностика Изменения биологической активности почв при загрязнении тяжелыми металлами / Вестник Воронежского.ун-та. 2005. № 1. 45-52.
27. Зырин Н.Г., Раськова Н.В., Платонов Г.В. Действие тяжёлых металлов на ферментативную активность почв / Мелиорация, использо вание и охрана почв нечернозёмной зоны. М.: МГУ, 1980С. 186.
28. Жук Е. А. Особенности распределения тяжелых металлов в верхнем горизонте городских почв / Мінералогічний Журнал. 2004. Вип. 26, №2. С. 61– 66.
29. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Проблемы и перспективы исследования биологии и экологии почв / Экология и биология почв юга России. Ростов на Дону: Издательство ЦВВР, 2001. С. 4-7.
30. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / Ростов на Дону: Издательство РГУ, 2003. С. 21, 33, 136, 156.
31. Мельник В.Й. Стернік В.М. Обґрунтування комплексних моніторингових досліджень урбоедафотопів міста Рівне / Біологія і валеологія: збірник наукових праць. Харків: ХНПУ, 2015. Випуск 17. Б63, С.129-137.

32. Мекіч М. З., Джура Н. М., Терек /О. І. Функціональне і прикладне значення біологічної активності ґрунту// Біологічні Студії / *Studia Biologica*. 2013. Том 7/ №3. С. 247–258 .
33. Мотузова Г. В. Сполуки мікроелементів у ґрунтах / М.: Едіторіал УРСС, 1999. 168 с.
34. Пряженникова О. Г. Целлюлозолитическая активность почв в условиях городской среды / Вестник КемГУ №3 (47) 2011, С.10 – 13.
35. Стернік В. М. Целюлозолітична активність ґрунтів урбоєкосистеми м. Рівне /Тематичний щорічник Інституту екології Карпат НАН України «Наукові основи збереження біотичної різноманітності», том 6 (13), № 1: Львів, 2015, С. 317 – 324.
36. Федорец Н. Г., Медведева Н.В. Методика исследования почв урбанизированных территорий /Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
37. Філіна Т. В. Зміна активності деяких ферментів ґрунту під впливом металів / Вісник ДДУ. – Серія Біологія. Екологія. 1999. Випуск 6. С. 114-118.
38. Філіна Т. В. Активність деяких гідролаз у промислових едафотопах/ Вісник ДДУ. Серія Біологія. Екологія. 2000. Випуск 7. С. 202-206.
39. Філіна Т. В., Вінниченко О.М. Вплив промислових викидів на активність ґрунтових ферментів / Матеріали першої Міжнародної наукової конференції «Проблеми фундаментальної та прикладної екології», Кривий Ріг, 22-23 груд., 1999. Кривий Ріг, 1999. С. 54-55.
40. Филина Т. В. Влияние металлов на ферментативную активность промышленных эдафотопов / Материалы третьей Российской биогеохимической школы „Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы", Горно-Алтайск, Россия, 4-8 сентября, 2000. Новосибирск, 2000. С. 183-184.

41. Філіна Т. В. Зміна активності деяких ферментів ґрунту під впливом металів / Вісник ДДУ. Серія Біологія. Екологія. 1999. Випуск 6. С. 114-118.
42. Філіна Т.В., Вінниченко О.М. Вплив промислових викидів на активність ґрунтових ферментів / Матеріали першої Міжнародної наукової конференції «Проблеми фундаментальної та прикладної екології», Кривий Ріг, 22-23 грудня, 1999. Кривий Ріг, 1999. С. 54-55.
43. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв / Методическое пособие. М.: Наука, 1976, 140 с.
44. Хакимов Ф. И., Деева Н.Ф., Ильина А.О. Почвы промышленного города: Трансформация и загрязнение / Екологія та ноосферологія. 2006. Т. 17, №. 1–2. С. 24–40.
45. Хакимов Ф. И., Деева Н.Ф., Ильина А.О. Эколого-геохимическая характеристика почв промышленного города / Экология и почвы. Пушино, 1998. Том. II. С. 182-205.
46. Щербакова Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитоценозах) / М.: Наука и техника, 1983, 157 с.
47. Яковлев А.С. Биологическая диагностика и мониторинг состояния почв / Почвоведение. 2000. № 1. С. 70-79.
48. Nowak J. Budowa geologiczna okolic Lwowa / Rozprawy I wiadomosci muzeum im. Dzieduszyckich. 1915. T. 1, zesz. 1-4. S. 98-102.
49. Vovk Oksana. Anthropogenic soils of quarry ground compositions in Roztochia Region (Ukraine) /Soil anthropization VI. Bratislava, 2001. P. 97-101.