

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Сумський державний університет**

Технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Теоретичної та прикладної хімії

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

В. о. завідувача кафедри

Л.М. ПОНОМАРЬОВА

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 102 Хімія,

(код та назва)

освітньо-професійної

програми

Прикладна хімія

(освітньо-професійної / освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: Дослідження хімічного забруднення ґрунтів Сумського регіону

фторидами

Здобувача (ки) групи ПХ-01 Матвійчук Вероніка Олександрівна

(шифр групи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

В.О. МАТВІЙЧУК

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник Доцент кафедри ТПХ, к.т.н., Інесса ВОРОБІЙОВА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
 Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
 Кафедра теоретичної та прикладної хімії  
 Спеціальність 102 «Хімія»  
 Освітня програма «Прикладна хімія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

**В. о. завідувача кафедри Пономарьова Л.М.**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Матвійчук В.О. Група ПХ-01

1. Тема випускної роботи  
«Дослідження хімічного забруднення ґрунтів Сумського регіону фторидами»
2. Вихідні дані  
Ступінь забрудненості ґрунтів фторидами в межах Сумської області.
3. Етапи виконання випускної роботи

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Виконання хімічного експерименту				+		
4	Обговорення результатів аналізу					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання:

27 березня 2024 р.

Науковий керівник \_\_\_\_\_  
 (підпис)

Доцент кафедри ТПХ, к.т.н., І.Г. Воробйова  
 (посада, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 3 розділів і загальних висновків. Загальний обсяг роботи 61 сторінок, зокрема 12 рисунків, 4 таблиць, 57 літературних джерел.

Предметом бакалаврської кваліфікаційної роботи є ступінь забрудненості ґрунтів фторидами в межах Сумської області.

Робота складається з п'яти частин : Вступ; Розділ 1. Огляд літературних джерел; Розділ 2. Методи визначення водорозчинного фтору в ґрунті; Розділ 3. Результати дослідження; Список використаних джерел; Додатки

Об'єкт дослідження - ґрунти Сумської області.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є дослідити та оцінити ступінь забрудненості ґрунтів фторидами в межах Сумської області.

Одержані результати - в роботі проведено аналіз літературних джерел щодо класифікації ґрунтів України за генетичними та субстанційними типами. Розглянуто хімічний склад ґрунту; його властивості (поглинальна здатність, хімічні і фізичні властивості); різноманітність ґрунтів Сумського регіону. Показано, що основними шляхами забруднення ґрунтів фтором є використання дешевих фосфоровмісних добрив і промислові підприємства з переробки фосфатної сировини. Розглянуто теоретичні основи потенціометричного методу аналізу. Проведено дослідження та аналіз проб ґрунту в межах Сумської області, а також визначено рівень забрудненості ґрунтів фторвмісними речовинами.

Ключові слова: ґрунт, фториди , потенціометричний метод, хімікати, забруднення.

## ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of an introduction, 3 chapters and general conclusions. The total volume of work is 61 pages, including 16 figures, 4 tables, and 57 literary sources.

The subject of the bachelor's qualification thesis is the degree of soil contamination with fluorides within the Sumy region.

The work consists of five parts: Introduction; Chapter 1. Review of literary sources; Chapter 2. Methods of determining water-soluble fluorine in the soil; Chapter 3. Research results; References; Appendices

The object of soil research in the Sumy region.

The main goal of this qualification work is to investigate and assess the degree of soil contamination with fluorides within the Sumy region.

Obtained results - the work includes an analysis of literary sources on the classification of soils of Ukraine by genetic and substance types. The chemical composition of the soil was considered; its properties (absorbing capacity, chemical and physical properties); diversity of soils of the Sumy region. It is shown that the main ways of soil contamination with fluorine are the use of cheap phosphorus-containing fertilizers and industrial enterprises processing phosphate raw materials. The theoretical foundations of the potentiometric method of analysis are considered. Research and analysis of soil samples within the Sumy region was carried out, and the level of soil contamination with fluorine-containing substances was determined.

Keywords: soil, fluoride, potentiometric method, chemicals, pollution.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	8
1.1. Склад, властивості і класифікація ґрунту.	8
1.2. Основні шляхи забруднення ґрунту фтором	27
1.3. Нормування вмісту забруднюючих речовин у ґрунті	30
РОЗДІЛ II. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОРОЗЧИННОГО ФТОРУ У ҐРУНТІ.	33
2.1 Відбір проб для агрохімічного аналізу	33
2.2. Дослідження ґрунтів Сумського регіону	38
2.3. Потенціометричний метод визначення фтору	40
РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	44
3.1. Підготовка проби для аналізу	44
3.2. Приготування стандартних розчинів та побудова градувального графіка	45
3.3 Обчислення результатів експерименту	48
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54
ДОДАТОК А	59

## ВСТУП

**Актуальність.** Деградація земель через наявність хімічних і фізичних елементів, що є результатом людської діяльності, є наслідком негативного впливу господарської діяльності людини на ґрунти. Земля вважається забрудненою, якщо виявлено кількісні або якісні негативні зміни у складі землі в результаті господарської діяльності або інших факторів. При цьому зміна викликана не тільки новою появою в зоні аерації раніше неіснуючих небезпечних речовин, але і збільшенням вмісту речовин вище гранично допустимої концентрації, в порівнянні з типовим для незабрудненого складу ґрунту або з даними паспорта пестициду (для земель сільськогосподарського призначення).

Мінеральні добрива, що є невід'ємною частиною сучасних агротехнологій, за певних умов можуть спричиняти погіршення екологічного стану ґрунтів, погіршення гігієнічних і санітарних показників сільськогосподарської продукції та забруднення природних водних об'єктів біогенними і токсичними елементами.

Належна оцінка екотоксикологічної небезпеки фтористого забруднення можлива лише в польових експериментах. Тому для прогнозування ризику забруднення фтором таких агроєкосистем та сільськогосподарської продукції, призначеної для споживання, важливо визначити не лише джерело надходження сполук фтору, але й їх вміст у ґрунті та надходження до сільськогосподарських культур при внесенні мінеральних добрив.

**Метою роботи** є дослідити та оцінити ступінь забрудненості ґрунтів фторидами в межах Сумської області.

Для досягнення поставленої мети було висунуто кілька **завдань**:

1. Дати визначення ґрунтів та з'ясувати їх властивості;
2. Ознайомитись з різноманітністю ґрунтів Сумської області;
3. З'ясувати основні шляхи забруднення ґрунтів фторидами;

4. провести аналіз відібраних проб ґрунту в межах Сумської області та визначити рівень забрудненості ґрунтів фторвмісними речовинами;

**Об'єктом дослідження** є ґрунти сільськогосподарських угідь Сумського регіону

**Предметом дослідження** є вміст водорозчинного фтору в ґрунтах Сумського регіону

**Методи дослідження** : аналітичний, порівняння, бібліографічно-описовий, узагальнення, потенціометричний, гравіметричний.

**Практичне значення одержаних результатів** дає змогу порівняти вміст водорозчинного фтору в ґрунтах сільськогосподарських угідь Сумської області та розробити рекомендації щодо норм внесення фосфатних добрив.

Апробація результатів роботи на студентських науково-практичних конференціях: Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма XI Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 22–24 квітня 2024 р.).

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

### 1.1. Склад, властивості і класифікація ґрунту.

#### 1.1.1. Класифікація ґрунтів

Класифікація ґрунтів України відображає рівень розвитку ґрунтознавства в країні та слугує його основою. Класифікація ґрунтів - це групування ґрунтів за основними властивостями, походженням та ознаками родючості. В Україні проблема класифікації ґрунтів залишається невирішеною, незважаючи на те, що були запропоновані різні методи класифікації. Детальна типологія ґрунтів України представлена у вигляді номенклатурного переліку для великомасштабних ґрунтових обстежень [1].

У 2005 році в Україні було запропоновано класифікацію ґрунтів за генетичними та субстанційними типами. Ця класифікація включає такі таксономічні одиниці: тип - підтип - рід - вид - різновид - варіант - серія порід [2], [3]. Основною класифікаційною одиницею сучасної класифікації ґрунтів є генетичний тип ґрунту, встановлений В. Докучаєвим [4]. До одного типу належать ґрунти, які сформувалися на певній материнській групі порід за однакових кліматичних, біологічних і гідрологічних умов.

Українська класифікація ґрунтів ґрунтується на генетичних принципах, параметри якої були опубліковані в 1988 році [5]. Класифікація використовує традиційний підхід в українському ґрунтознавстві, рівень знань та бази даних про поширення та характеристики ґрунтів України. Низхідну гілку класифікації ґрунтів, тобто нижче типів ґрунтів, часто називають систематикою ґрунтів.

Тип - за матеріальним складом і є основною класифікаційною одиницею. Ґрунти під подібною рослинністю, на породах, що вміщують, подібного мінералогічного складу і в подібних гідротермічних умовах об'єднуються в



один тип, з подібною будовою ґрунтового профілю, подібною родючістю і одноманітністю меліоративних заходів;

Підтипи - розкривають зміст типу і включають ґрунти з властивостями, характерними для інших типів, разом з типовими;

Рід - класифікаційна одиниця, що відображає карбонатність, кислотність, зледеніння, засолення та прояви засолення ґрунтів тощо;

Серія гірських порід - класифікаційна одиниця, що відображає генетичні властивості гірських порід, які утворюють ґрунт; та

Тип - назва ґрунту (з урахуванням гранулометричного складу та показників властивостей); тип, підтип, рід та класифікаційна одиниця, що відображає ступінь вираженості літологічних ознак;

Різновид - визначається гранулометричним складом верхніх шарів і материнської породи ґрунту; кількісні показники речовинного складу, властивостей і структури ґрунту;

Клас - відмінності в генетичних властивостях порід, що утворюють ґрунт (наприклад, лес, суглинок, алювій).

Існує також кілька підходів до класифікації, залежно від основних характеристик. Однак найпоширеніша парадигма - на основі конфігурації. Слід також зазначити, що кожна галузь має свою класифікацію.

Визначення типів ґрунтів зазвичай описують за складовими елементами матеріалу (пісок, глина, мул). Таким чином, залежно від типу землі, виділяють три основні будівельні матеріали зі своїми перевагами та недоліками. Намагаючись зрозуміти відмінності, слід звернути увагу на розмір частинок. Найменший характерний для глини. Чим менші частинки, тим менше повітря залишається між ними і тим щільніше вони прилягають одна до одної.

В табл. 1.1 наведено класифікацію ґрунтів за механічним складом.

Таблиця 1.1 - Класифікація ґрунтів за механічним складом (за М.О. Качинським)

Назва ґрунту за мех. складом		Вміст ФГ, %	Вміст ФП, %
Піщаний	пухкий	0 - 5	100 – 95
	зв'язний	5 - 10	95 – 90
	супіщаний	10 - 20	90 – 80
Суглинковий	легкий	20 - 30	80 – 70
	середній	30 - 45	70 – 55
	важкий	45 - 60	55 – 40
Глинистий	легкий	60 - 75	40 – 25
	середній	75 - 85	25 – 15
	важкий	понад 85	менше 15

### *Піщані ґрунти*

Піщані ґрунти (легкі ґрунти) мають високий вміст піску, низьку частку глинистих мінералів і низький вміст гумусу. Ці ґрунти мають пухку зернисту структуру, легко обробляються, швидко розкладаються, мають високу аерацію і проникність, але не утримують воду, добре прогріваються і швидко охолоджуються, що відповідає їх визначенню "легких". Суттєвим недоліком піщаних ґрунтів є те, що ґрунтові мікроорганізми відчувають нестачу вологи та поживних речовин і не мають достатньої біологічної активності. Це неминуче призводить до нестачі енергії та поживних речовин у рослин. Такі ґрунти потребують частого внесення органічних добрив, які є чи не єдиним джерелом поживних речовин для рослин. Однак навіть тоді ефект не завжди є очікуваним. Це пов'язано з тим, що добрива швидко розкладаються під дією води і легко

проникають у піщані ґрунти, де розчиняються і просто вимиваються, потрапляючи безпосередньо в підґрунтя [5].

### *Глинисті ґрунти*

Глинисті ґрунти (важкі) - дуже щільні, липкі, чіпкі, важкі і важко обробляються. Вони не розпадаються при перекопуванні і утворюють великі грудки, які дуже важко розбити. Глинисті ґрунти мають погану водопроникність і погано розвинену капілярну систему, що ускладнює отримання корінням рослин вологи, необхідної їм для виживання. Однак глинисті ґрунти, які ввібрали воду, не здатні дозволити цій воді просочуватися в нижні шари і накопичуватися в кореневій зоні рослин, що призводить до застою і загнивання кореневої системи. Ще одним наслідком ущільненої структури глинистих ґрунтів є те, що під час дощу ґрунт розмивається. Після висихання такий ґрунт покривається щільною, твердою кіркою, яка перешкоджає доступу повітря, світла і вологи до коріння рослин ("бетонний ґрунт"). При висиханні і під впливом сонця поверхня залитого глинистого ґрунту розтріскується і ще більше ущільнюється [6].

Через ущільнення глинисті ґрунти стають менш аерованими, що обмежує доступ кисню до коріння рослин і мікроорганізмів, які живуть під землею. Нестача кисню уповільнює розкладання органічних речовин, виснажує ґрунт і позбавляє рослини цінних поживних речовин. Це основна причина відсутності біологічного життя в глинистих ґрунтах, які на деяких ділянках можна назвати "мертвими", оскільки мікробіологічне середовище не розвинене.

### *Кам'янисті ґрунти*

За визначенням, кам'янисті ґрунти зустрічаються на пагорбах і гірських схилах. Менш родючі камені та щільна порода складають основну частину їхньої структури. Цей тип ґрунту добре прогривається і довго утримує тепло, але мікроорганізми не активні, а мікроелементи швидко вимиваються або вивітрюються разом з гірськими породами. Вода також не затримується в структурі землі [7].

### *Торф і болота*

Торф'яні ґрунти складаються з багатої на азот органічної речовини, яка часто недоступна для рослин. У цих ґрунтах критично низький вміст фосфору і калію. Однак існують також торф'яно-гранітні ґрунти. Вони, навпаки, мають високий вміст фосфору, але деякі сполуки не доступні для рослин. Торф'яні ґрунти також характеризуються хорошою аерацією і проникністю, але часто бувають надмірно зволожені. Торф має низьку теплопровідність, тому торф'яні ґрунти повільно віддають тепло. Структурні торф'яні ґрунти подібні до губок, які легко вбирають воду, але також і віддають її, тому їхній структурний склад потрібно покращувати, збільшуючи вміст твердої фази.

### *Супіски*

Супіски - це проміжний тип ґрунту, який має багато характеристик піщаних ґрунтів, але в більш збалансованій пропорції, що є сприятливим у всіх аспектах для росту рослин. Супіски водопроникні, мають високу вологоутримуючу здатність, добре вбирають і утримують воду, а також зв'язують мінерали та поживні речовини, що запобігає їх вимиванню з ґрунту. Супіски характеризуються добре розвиненим біологічним життям. Цей тип ґрунту створює сприятливе середовище для вкорінення і розвитку кореневої системи рослин. Хороша водопроникність забезпечує вільне надходження кисню в ґрунт, а сильна капілярна дія забезпечує коріння водою і поживними речовинами. Поверхня піщаних ґрунтів швидко віддає воду після зволоження, не утворює кірки і не пересихає глибоко до рівня вкорінення рослин. Крім того, піщані ґрунти мають пухку структуру, а це означає, що вони швидко нагріваються і гнучко реагують на перепади денних і нічних температур [8].

### *Суглинні ґрунти*

Суглинисті або середньо структурні ґрунти підходять для садівництва та сільського господарства. Як випливає з назви, суглинні ґрунти знаходяться між

глинистими та піщаними ґрунтами, але мають переваги обох і не мають суттєвих недоліків. Цей тип ґрунту має оптимальний баланс, необхідний для успішного вирощування широкого спектру видів рослин. Структура суглинкових ґрунтів характеризується зернистою масою, що містить досить великі тверді частинки ґрунту та пилоподібні частинки. Такі ґрунти легко обробляються, не утворюють щільних грудок і не твердіють після обробітку. Суглинкові ґрунти містять велику кількість поживних речовин (багаті на мінерали та елементи), які постійно поповнюються завдяки мікробіологічній активності ґрунту та багатій біологічній активності. Суглинкові ґрунти мають високу аерацію і водопроникність, відмінно утримують вологу, швидко і рівномірно прогриваються в спекотну погоду і підтримують стабільний температурний режим [9].

На території України формуються різні типи ґрунтів. Їх розподіл на рівнинах підпорядковується закону широтної поясності (змінюється з півночі на південь).

#### *Підзолисті ґрунти.*

Дерново-підзолисті ґрунти поширені переважно на Поліссі. Вони сформувалися під мішаними лісами і сосновими лісами, в умовах надмірної вологості. Материнською породою є піщані відклади водних льодовиків. Ґрунти цього типу мають низький вміст гумусу - до 1,5% і характеризуються так званім підзолистим горизонтом, з якого поживні речовини глибоко вимиті. Як наслідок, їхня родючість низька.

#### *Сірі лісові ґрунти*

Сірі лісові ґрунти поширені в зоні широколистяних лісів на півдні і заході Польщі та на правобережжі України. Вони сформувалися на суглинкових породах в умовах достатнього зволоження. Мають низький вміст гумусу (3%) і низьку родючість [10].

#### *Чорноземи*

Чорноземні ґрунти сформувалися в умовах недостатнього зволоження під степовою рослинністю. Це найпоширеніші ґрунти в Україні, які займають

майже 65% території країни і є національним надбанням України. Високий вміст гумусу (8-15%) та зернисто-масивна структура роблять їх найродючішими ґрунтами не лише в Україні, а й у світі. Гумусовий шар у чорноземах дуже потужний - від 0,4 м до понад 1 м. Чорноземи опідзолені та типові зустрічаються в лісостепу, чорноземи звичайні в північній частині степу та чорноземи південні в південній частині степу. Різноманітність підтипів та їхніх умов зумовлена різною вологістю ґрунту. Загалом на Україну припадає п'ята частина світових запасів чорноземів [11].

#### *Каштанові.*

Каштанові ґрунти формуються в сухих степових районах, в умовах низького зволоження і бідної рослинності. Вміст гумусу низький - 3%, але є досить потужний шар гумусу до 0,55 м. Цей тип ґрунту потребує додаткового зволоження для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур.

#### *Інші.*

Інші ґрунти - Крім ґрунтів основних зон, на рівнинній частині України формуються болотні та торф'яні ґрунти. У лісостепах і степах солончаки поширені невеликими ділянками багатих на сіль тонких ґрунтів. У південних степових районах утворюються солончаки - неродючі землі з високим вмістом солей по всій товщі. Вирощування рослин на таких землях потребує промивання та гіпсування. Внаслідок інтенсивного промивання водою солончаки, що розливаються в замкнені западини, перетворюються на солоди, де зникає сольовий шар, але з'являється глейовий [12].

### **1.1.2. Хімічний склад ґрунту**

Хімічний склад характеризується двома показниками: елементним і фазовим складом.

Склад і кількісне співвідношення хімічних елементів у ґрунті називають елементним складом ґрунту. Це є основною хімічною характеристикою ґрунту, яка важлива для визначення його властивостей, генезису і родючості. В ґрунтах

містяться майже всі елементи періодичної системи Д.І. Менделєєва. За вмістом елементів та їх кількісним співвідношенням ґрунти відрізняються від живих організмів, мінералів і гірських порід.

У ґрунтах майже всі елементи є обов'язковими і необхідними. Ґрунти містять багато вуглецю і кремнію, що вказує на два фактори ґрунтоутворення – живі організми і ґрунтоутворюючі породи. Особливістю елементного складу є великий діапазон концентрацій. Вміст деяких елементів у ґрунтах (в %) [13]:

– Si - 26-44	– P - 0,02-0,1
– Ti - 0,2-0,5	– Na - 0,2-2
– Al - 1-14	– S - 0,02-0,2
– Mn - 0,01-0,3	– Mg - 0,1-2
– Fe - 0,5-12	– H - 0,04-0,2
– C <sub>орг</sub> - 0,5-4	– F - 0,02-1
– Ca - 0,5-5	
– N - 0,05-0,2	- (F-10мг/кг)
– K - 0,2-3	

Елементний склад ґрунтів залежить від механічного складу, типу ґрунту та природи хімічних елементів. Наприклад, легші ґрунти мають вищу концентрацію кремнію (основна сполука SiO<sub>2</sub>). Ґрунти, сформовані на карбонатних породах, мають високий вміст вуглецю. Червоні ґрунти мають низький вміст кремнію і високий вміст алюмінію та заліза. Біогенні елементи (C, N, P і S) зберігаються в ґрунті разом з гумусом, тоді як скелетні елементи (Si, Al, Fe, Mg, K, Na) успадковуються з ґрунтоутворюючих порід.

Залежно від вмісту в ґрунті елементи класифікують [14]:

- 1) мікроелементи: · Si і O, вміст яких у сумі складає 80-90%; · Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, вміст яких від десятих долей до декількох процентів;
- 2) мікроелементи: вміст 0,01-0,001% (Ti, N, P, S, H);
- 3) ультрамікроелементи: вміст  $n \times 10^{-4}$  – –10%, до них належать (Ba, Sr, B, Rb, Cu, V, Cr, Ni, Co, Li, Mo, Cs, Se та інші).

За геохімічною спорідненістю хімічні елементи поділяють на такі групи:

1) літофільні елементи, споріднені до кисню і в умовах біосфери утворюють мінерали типу оксидів, гідроксидів, солей кисневмісних кислот (Si, Ti, S, P, F, Cl, Al, Se, Na, K, Ca, Mg та інші). Всього 54 елементи;

2) халькофільні, схильні утворювати сполуки з сіркою (Cu, Zn, Pb, Cd, Ag, Mn, Fe);

3) сидерофільні елементи, які розчиняються в залізних сплавах і дають сплави з залізом (Fe, Co, P, C, Pt, Au, Sn, Mo та інші);

4) атмофільні елементи – це елементи земної атмосфери (H, N, C, O, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Cl, Br, I);

5) біофільні елементи (C, H, O, N, P, S, Cl, I, B, Ca, Mg, K, Na, V, Mn, Fe, Cu) [15].

Хімічні елементи у ґрунтах знаходяться у формі різних сполук: первинні та вторинні мінерали (переважна частина: кисень, кремній, алюміній, залізо, кальцій, магній, калії, натрій, марганець, титан, хлор, частково фосфор та сірка). органічні речовини (Гумус і органічні залишки складаються в основному з вуглецю (25-65%), кисню (30-50%), азоту (1-5%), водню (2-5%). У складі молекул органічних сполук завжди присутні сірка, фосфор, а також ряд металів, у тому числі мікроелементів). орґано-мінеральні сполуки (представлена продуктами взаємодії органічних речовин з мінеральною частиною ґрунтів: солями гумусових кислот з іонами металів та глина гумусовими сорбційними комплексами). обмінні (поглинені) форми (їх кількість вимірюється одиницями та десятками мг-екв на 100 г ґрунту (дуже мало).

Оскільки в ґрунтах переважають негативно заряджені колоїди, то в поглиненому (обмінному) стані переважають катіони. Переважними в ППК і грають велику роль у ґрунтових процесах та формуванні фізико-хімічних властивостей ґрунтів є катіони:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{NH}_4^+$ . Присутні також катіони  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , літію, стронцію та ін. У поглиненому стані можуть знаходитися і аніони ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  та ін) на позитивно заряджених ділянках колоїдної міцели [16].



У ґрунтового розчині містяться мінеральні, органічні та органічно-мінеральні речовини у вигляді іонних, молекулярних та колоїдних форм, розчинені гази:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  та ін.). газоподібні форми у складі ґрунтового повітря (Склад ґрунтового повітря аналогічний атмосферному. У ньому містяться  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , а також у невеликих кількостях метан, сірководень, аміак, водень та ін. На відміну від атмосферного, склад ґрунтового повітря більш динамічний як у часі, і у просторі). жива речовина ґрунтів (До складу живої фази ґрунтів входять гриби, водорості, бактерії, актиноміцети, мезо- та мікро фауна.

Основну масу живих організмів складають: кисень (70%), водень (10%), азот, кальцій (1-10%) сірка, фосфор, калій, кремній (0,1-1%), залізо, натрій, хлор, алюміній, магній (0,01-0,1%) [17].

### 1.1.3. Властивості ґрунту

Властивості, що характеризують ґрунт, можна умовно розділити на два види – хімічні та фізичні. Поговоримо про найважливіші з них.

Наведена нижче інформація може здатися надмірною для садівників та городників. Але є серед них і ті, хто розуміє, що вони самі собі агрономи, а тому мають знати властивості ґрунту. Застосування цього знання дозволить довго підтримувати родючість ґрунту на дачній ділянці завдяки правильному застосуванню агротехнічних прийомів.

Вивчення властивостей ґрунту слід розпочати з розгляду такої його особливості, як поглинальна здатність. Під цим терміном розуміється властивість твердих частинок ґрунту поглинати або утримувати різні речовини, що надходять до них ззовні. Так, вони мають здатність зберігати гази, що містяться в розчинах частинки органічного та мінерального походження, суспензії і навіть мікроорганізми. Серед мінералів, що мають велике значення

для життєдіяльності рослин та затриманих ґрунтом, слід згадати насамперед калій, кальцій, магній та фосфор [18].

### **Поглиналина здатність ґрунту**

Прийнято розрізняти механічну, фізичну, хімічну та біологічну поглинальні здібності ґрунту.

#### *Механічна поглинальна здатність*

Механічною поглинальною здатністю вважається така властивість ґрунту, що дозволяє йому зберігати присутні у воді компоненти. Цей параметр безпосередньо залежить від ступеня капілярності та пористості, структури, складу та характеру ґрунту. Шари ґрунту можна порівняти з багаторівневим фільтром. Вони утримують речовини, що проходять через них, розрізняються величиною, діаметром і розташуванням. Ця якість часто використовується у проведенні заходів щодо замулювання ділянок з піщаними ґрунтами та під час очищення стічних вод, що мають технічне та побутове призначення [19].

#### *Фізична поглинальна здатність*

З фізичної точки зору поглинальної здатністю ґрунту слід вважати таку її властивість, при якому відбувається поглинання нею з водних розчинів речовин, що є продуктом розщеплення солей, молекул електролітів та колоїдів. Крім того, в ході цього процесу молекули, що розташовуються на поверхні кордону двох станів (газоподібної та твердої або рідкої та твердої) згущуються.

Показники фізичної поглинальної здатності ґрунту визначаються присутністю на поверхні частинок ґрунту ненасиченої енергії. Причому вона тим більша, чим тоншим виявляється механічний склад. Ось чому вищими показниками фізичної поглинальної здатності мають суглинні ґрунти, а найменшими – піщані.

Завдяки цій властивості у ґрунті зберігаються водорозчинні компоненти. У процесі фізичного поглинання зазвичай спостерігається розшарування колоїдів, що виявляється можливим лише за впливу електролітів. Подібне явище можна спричинити штучним шляхом, застосовуючи методи хімічної меліорації [20].

### *Хімічна поглинальна здатність*

Термін означає властивість ґрунтів утримувати іони в процесі утворення майже нерозчинних або нерозчинних солей. Сутність хімічного поглинання полягає у виділенні осадів з ґрунтового розчину та їх закріпленні в ґрунтовому шарі. Реакції, що відбуваються між середньо розчинними і розчинними солями, призводять до утворення нерозчинних солей, які проникають в ґрунт і стають одним з компонентів твердої фази. У той же час, легкорозчинні солі видаляються в цьому процесі і стають вільними солями.

Розвиток хімічної поглинальної здатності можливий лише за умови вивільнення нерозчинних сполук з аніонів, що знаходяться в розчині, компонентами яких є іони, закріплені в поверхневому шарі твердих фрагментів ґрунту.

Говорячи про хімічну поглинальну здатність ґрунтів, слід також згадати про їхню метаболічну поглинальну здатність. Вона являє собою частковий обмін катіонів і аніонів, які ґрунт отримує з розчину. У цьому випадку бажано говорити про фізико-хімічне поглинання, а не хімічне поглинання в чистому вигляді, і в цьому процесі спостерігається еквівалентний обмін катіонів. При цьому катіони переходять з розчину в шар компенсуючих іонів, якими є колоїдні частинки ґрунту, а з шару компенсуючих іонів катіони переходять в розчин [21].

Впливаючи з допомогою штучних методів на реакцію розчинів, які у ґрунт, можна проводити обсяг поглинання і змінювати показники поглинальної здатності. В результаті створюється можливість переведення катіонів із необмінного стану в обмінний. Для цього потрібно іноді висушувати ґрунт. Цей процес супроводжується утворенням необмінних катіонів, що зумовлено старінням і деякою кристалізацією гелевих компонентів колоїдних систем, що становлять ґрунт.

### *Біологічна поглинальна здатність*

Біологічна поглинальна здатність ґрунтів базується на діяльності мікроорганізмів, що живуть у ґрунті. Мікроорганізми засвоюють і зберігають

речовини в ґрунті, а коли відмирають, повертають їх, збагачуючи ґрунтовий шар. Компоненти в розчинах і сполуках, що утворюються в газоподібній і твердій фазах ґрунту, переробляються мікроорганізмами і набувають нерозчинної структури в їхніх тілах.

В результаті біологічного поглинання в ґрунті накопичуються речовини (переважно зола і азот), необхідні для росту і нормального розвитку рослин. Це особливо важливо для ґрунтів, схильних до змиву. Якість бідних на поживні речовини ґрунтів можна значно покращити, збільшивши їхню здатність до біологічного поглинання [22].

Однією з визначальних характеристик ґрунту є його здатність утримувати бактерії. Суглинкові ґрунти мають високу адсорбційну здатність. Водночас вона залежить від типу мікроорганізмів, які населяють той чи інший шар ґрунту. Добре зволожені ґрунти мають високу біологічну адсорбційну здатність. Однак цьому сприяє не лише оптимальний рівень вологи, а й активізація процесів гумусоутворення та покращення родючості ґрунту [23].

### **Хімічні властивості ґрунту**

Хімічні властивості ґрунтів значною мірою визначаються процесами, що відбуваються на межі розділу між рідкою і твердою фазами. Завдяки закону діючих речовин у ґрунті утворюються і розчиняються різні сполуки. Таким чином, у ґрунті досягається рівновага між ґрунтовим розчином і твердою фракцією. Коли концентрація розчину зменшується, частина утворених компонентів виводиться з твердої фази. І навпаки, коли розчин стає насиченим, матеріал виштовхується з розчину в тверду фазу.

ґрунтові розчини - це підземні води, що містять кислоти та солі. Вони формуються протягом тривалого періоду часу. Цей процес зумовлений рухом води в ґрунті та насиченням її водою. В результаті солі розчиняються кислотою і руйнуються внаслідок гідролізу матеріалів та окислювально-відновних процесів.

Склад ґрунтового розчину безпосередньо залежить від характеру взаємодії між водою, ґрунтом і мікроорганізмами. Його кислотність визначає взаємопроникнення ґрунту і води або сольових розчинів. Останнє залежить від концентрації іонів гідроксилу та водню, які можуть зробити ґрунт лужним, кислим або нейтральним.

Вчені говорять про потенційну кислотність та активну кислотність або актуальну кислотність. Остання формується під дією слабких кислот, мінеральних кислот і кислих солей. Актуальна кислотність визначається характером впливу води на ґрунт [24].

### **Фізичні властивості ґрунту**

Усі фізичні властивості ґрунту можна розділити на дві групи: основні та функціональні. До першої групи належать питома вага, насипна щільність, пластичність, твердість, пористість, зв'язність, зрілість і когезія, а до другої - повітряні, водні та теплові властивості.

Вологісні властивості відображають здатність ґрунтів поглинати, переносити і утримувати воду з атмосферних опадів і зрошувальної води, а також передавати воду з глибинних шарів у поверхневі шари до рослин. Волога має великий вплив на хімічні, фізичні, повітряні та теплові властивості ґрунтів. Фізичні властивості ґрунтів тісно пов'язані з іншими властивостями, визначаються процесами ґрунтоутворення і змінюються залежно від їх основних і функціональних властивостей [25].

### **Об'ємна та питома вага**

Об'ємною вагою ґрунту прийнято називати одиницю об'єму сухого ґрунту в його природному додаванні. Для визначення цього параметра проводиться зважування зразка ґрунту, що має непорушену структуру та певний обсяг.

Питома вага – одиниця ваги твердої маси ґрунту без пір. Це вираз співвідношення ваги твердої фази ґрунту заданого об'єму та ваги води, що має такий самий об'єм і температуру 40 °С.

Фізико-механічні властивості ґрунту (зв'язність, пластичність, набухання та усадка) є важливими під час механічного обробітку, оскільки вони впливають на опір ґрунту до ґрунтообробних знарядь.

*Зв'язність* - це здатність ґрунту чинити опір механічним навантаженням. Вона залежить від сили зчеплення ґрунтових частинок.

*Пластичність* - це здатність ґрунту змінювати і зберігати свою форму у вологому стані. Найвищу пластичність мають глинисті ґрунти, а найнижчу - піщані. Зв'язність - це здатність ґрунту прилипати до ґрунтообробних знарядь. Вона збільшується зі збільшенням вологості ґрунту [26].

*Набухання* - здатність ґрунтів змінювати об'єм при зволоженні або замерзанні. Ґрунти з високим вмістом органічної речовини, насичені натрієм і важкі ґрунти з високим вмістом колоїдів здатні до набухання. Усадка протилежна набуханню, відбувається під час висихання і характерна для безструктурних ґрунтів.

Ґрунти є верхньою частиною кори вивітрювання літосфери і тому майже повністю успадковують її хімічний склад. Як у літосфері, так і в ґрунті, близько половини складу становить кисень, кремній є другим за поширеністю елементом, а на алюміній і залізо припадає близько однієї десятої. Кальцій, магній, натрій і калій складають лише кілька відсотків. Всі інші елементи становлять менше 1%, за винятком вуглецю. Крім елементів, ґрунти містять воду, гази та органічні речовини [27].

Таким чином, у загальному хімічному складі ґрунту переважають кисень і кремній, з невеликою кількістю алюмінію, незначною кількістю заліза, титану, кальцію і натрію, а також незначними кількостями інших елементів. Тому слід зазначити, що вміст окремих елементів визначається їхньою присутністю в ґрунті у складі різних мінеральних і органічних сполук.

Вертикальний розріз типового ґрунту показує три горизонтальні шари (рис. 1.1).

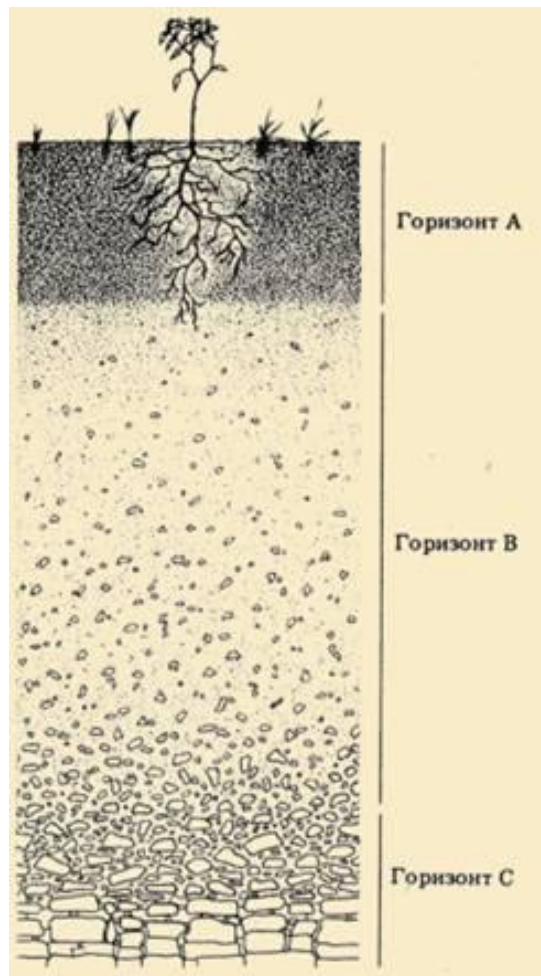


Рисунок 1.1 – Типовий профіль ґрунту

У більшості випадків майже 90% ґрунту є мінеральним, тому загальний хімічний склад ґрунту в основному визначається складом і кількісними співвідношеннями мінералів. З основних мінералів грубозернистий компонент складається з кварцу і польового шпату, тоді як дрібнозернистий компонент складається з глинистих алюмосилікатів [28].

#### 1.1.4. Різноманітність ґрунтів Сумського регіону

Сумська область ділиться на дві природні зони за природно-кліматичними умовами. Перша зона - це полісся, друга - лісостеп. Ґрунтовий покрив цих зон відрізняється. У поліській зоні ґрунтовий покрив складається з дерново-підзолистих ґрунтів, а лісостеп Сумщини може похвалитися

знаменитими чорноземами. Є ще перехідна зона, але тут теж домінують переважно чорноземи.

Виходячи з цього, частка сільськогосподарських угідь становить в області 71,1% загальної площі регіону. З цих територій власне рілля становить 51,9%, сіножаті та пасовища 18,2%, а багаторічні насадження 1%.

Останнім часом в області спостерігається надмірне розширення площі ріллі, особливо за рахунок схильних земель. Це призводить до порушення екологічної збалансованості співвідношення земельних угідь. Ріллі стає дедалі більше, природних кормових угідь дедалі менше. Це негативно впливає на стійкість агроландшафтів і може стати основною причиною поразок природних комплексів.

Родючість ґрунтів Сумщини порівняно з іншими регіонами в Україні вищі за середні. Так звана агрохімічна оцінка сільськогосподарських угідь є однією з найвищих у державі та становить у середньому понад 50 балів [29].

На рис. 1.2 зображена карта ґрунтів Сумської області.

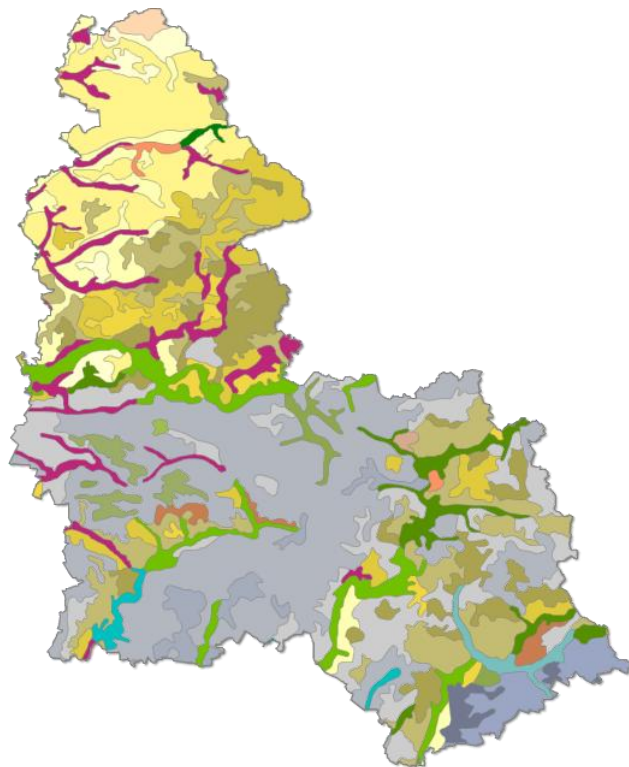



Рисунок 1.2 – Карта ґрунтового різноманіття Сумської області

Умовні позначення:




Опідзолені оглеєні ґрунти переважно на лесових породах

 Ясно-сірі і сірі опідзолені оглеєні ґрунти

Реградовані ґрунти на лесових породах

 Темно-сірі та сірі реградовані ґрунти

 Чорноземи реградовані


Чорноземи

Чорноземи глибокі на лесових породах

 Чорноземи глибокі малогумусні


 Чорноземи глибокі малогумусні вилуговані

 Чорноземи глибокі середньогумусні

 Чорноземи глибокі середньогумусні вилуговані

 Чорноземи глибокі малогумусні карбонатні


Болотні та торфувато-болотні ґрунти на різних породах

 Болотні солонцюваті ґрунти

Торфовища

 Торфовища низинні та торфово-болотні ґрунти

Дернові ґрунти

 Дернові оглеєні ґрунти

 Дернові опідзолені ґрунти та оглеєні їх види

Сучасні способи експлуатації землі в області не відповідають вимогам раціонального використання. Освоєність земель перевищує екологічно допустиму норму, вже багато років вона залишається на одному рівні. А це, у свою чергу, веде до дуже тривалого використання у сільгосп виробництві ґрунтового покриву. Відповідно це впливає вміст гумусу в ґрунті та його якісний склад. Але саме гумус відповідає за родючість, роблячи ґрунти саме ґрунтами, а не ґрунтовими породами.

І хоча запас економічної стабільності гумусової системи на сьогоднішній день ще досить високий, він становить понад 0,3%, подальше його зниження за таких темпів може призвести до непередбачуваних наслідків. А саме, ґрунти можуть втратити здатність до самовідтворення, а це призведе до того, що буде втрачено можливість постачати рослини не лише елементами живлення, а й вологою та повітрям. Іншими словами, загубиться родючість ґрунтів, тобто те, чим ми пишаємось сьогодні, говорячи про український чорнозем.

Дернові, пасовищні, лучно-болотні та болотні ґрунти поширені в заплавах річок. Болотні ґрунти поширені в низинних і позазаплавних частинах Полісся. На перших надзаплавних терасах під сосновими лісами (борами) сформувалися дерново-підзолисті ґрунти легкого механічного складу (супіщані та суглинисті). Внаслідок прогресуючої ерозії ці ґрунти певною мірою змиті зі схилів.

У нижній частині схилу присутні потужні алювіальні ґрунти. Це дерново-підзолисті та сірі лісові ґрунти. На півночі (Середино-Будський, Шосткинський та Ямпільський райони), що є частиною Лівобережного Полісся, розвинені дерново-підзолисті та середньопідзолисті складні ґрунти [30].

На півдні (південь і південний схід Гуляйпільського і Крулевецького районів та північ Петрівського району) до річки Сейм під дубовою рослинністю розвинулися сірі лісові ґрунти, переважно на суглинках. В їх межах досить поширені чорноземи опідзолені (наприклад, між селами Нова Слобода і Вересневе), а також поширені опідзолені дернові ґрунти. Сірі лісові ґрунти в регіоні представлені переважно світло-сірими та сірими лісовими ґрунтами.

За даними обстеження 1991-1995 рр., 563 тис. га орних земель потребували вапнування, зараз це близько 600 тис. га. Результати обстеження 2007 р. показують, що вапнування було проведено на 1,5 000 га, що на 5,7 000 га менше, ніж у попередньому році [30]. Щорічна потреба у вапнуванні становить 120 000 га. Серед категорій сільськогосподарських землекористувачів найбільшу частку підкислених земель займають громадяни, яким надані земельні ділянки для ведення особистого селянського господарства. У фермерських господарствах цей показник майже вдвічі вищий, тоді як для сільськогосподарських підприємств він становить 2-3%. Основною екологічною проблемою сільськогосподарського виробництва є забруднення агроландшафтів хімічними та біологічними компонентами, радіонуклідами, важкими металами, пестицидами та збудниками інфекційних хвороб. Особливо небезпечними є важкі метали, пестициди та радіонукліди.

Особливо небезпечним є забруднення ґрунтів важкими металами, пестицидами та радіонуклідами. Забруднення важкими металами

сільськогосподарських ландшафтів має переважно сільськогосподарське походження і відбувається переважно через атмосферу. Зразки ґрунту часто містять важкі метали в концентраціях, що в п'ять-десять разів перевищують гранично допустимі концентрації. Крім того, забруднення ґрунтів важкими металами впливає на економічні показники сільськогосподарських підприємств.

Забруднення ґрунтів важкими металами також впливає на економічні показники сільськогосподарських підприємств. Наприклад, на територіях, що зазнали впливу промислових підприємств (залежно від відстані до джерела викидів), врожайність зернових культур знижується на 20-30%, соняшнику - на 15-20%, овочів - на 25-30%, кормових культур - на 22-28% і плодових культур - на 15-20% [31].

## **1.2. Основні шляхи забруднення ґрунту фтором**

Останнім часом через нестачу сировини для виробництва фосфорних добрив використовують дешеві місцеві фосфоровмісні поклади і промислові відходи (фосфоритне борошно, металургійні шлаки, кісткове борошно тощо). Вони не розчиняються у воді, повільно розкладаються в ґрунті, використовуються рослинами поступово і не вимиваються ґрунтовими водами. Разом з фосфором разом з фосфоритним борошном у ґрунт потрапляють радіоактивні елементи (уран, радій тощо), важкі метали та фтор. Наприклад, при внесенні суперфосфату, в складі якого міститься близько 1,5% водорозчинного фтору, останній накопичується у великих кількостях і забруднює не тільки ґрунт, але й рослини [32].

У ґрунт фтор потрапляє при вивітрюванні, руйнуванні гірських порід. Середній вміст фтору в гірських породах становить 300 - 800 мг/кг, у ґрунтах - від 30 до 320 мг/кг. У більшості ґрунтів частка фтору збільшується з глибиною. Найбільші концентрації фтору відзначаються у коричневих лісових ґрунтах, а

найменші – у підзолистих. Особливо багато фтору надходить у ґрунт із апатитами та фосфоритами.

Більшість сполук фтору, що зустрічаються в природі, мають низьку розчинність у воді. У природних умовах водорозчинні сполуки фтору виявляються у воді, ґрунті та повітрі у незначних кількостях. Фтор входить до складу нерозчинних у воді біосубстратів.

Підвищений вміст фтору у навколишньому середовищі відзначається лише окремих регіонах земної кулі. Значні кількості фтору надходять на поверхню землі епізодично і зазвичай асоціюються з вулканічною діяльністю. Крім того, на поверхню землі фтор надходить із термальними лужними водами із глибинних шарів земної кори.

На даний час фтор вважають найбільш небезпечним і токсичним забруднювачем повітря, води та продуктів харчування. Навіть при невеликих концентраціях сполуки фтору можуть мати значну токсичну дію на рослини через те, що вони не беруть участі в обміні речовин. Доступність фтору для рослин залежить від типу ґрунту, виду рослини та стадії її розвитку. Найбільшу небезпеку для рослин становлять саме рухомі водорозчинні форми (фториди лужних металів), оскільки вони пасивно і легко переносяться з ґрунту в рослинні тканини. На відміну від природних сполук фтору, які є мало доступними для рослин, бо вони не розчинні у воді, фосфорні добрива містять водорозчинний фтор, який, потрапляючи у ґрунт, накопичується в рослинах [32].

Негативний вплив фтору на обмін речовин в рослинах полягає в наступному:

1. відбувається зменшення поглинання кисню;
2. порушується дихання;
3. уповільнюється утворення поживних речовин;
4. зменшується кількість хлорофілу;
5. уповільнюється синтез крохмалю;
6. послаблюються функції пірофосфатази;

7. змінюється метаболізм різних органел клітини;
8. пошкоджуються клітинні мембрани;
9. руйнуються нуклеїнові кислоти: ДНК і РНК;
10. утворюється фторацетат – найбільш токсична сполука фтору.

Внаслідок надмірного надходження в рослину фтору, в неї послаблюється ріст, знижується врожайність і темпи розмноження, пригнічується дія ферментів, гальмується фотосинтез, порушується білковий обмін, пошкоджуються листя та плоди, з'являється чутливість до різних хвороб, що спричиняються мікроорганізмами [33].

Фтор негативно впливає і на активність ґрунтової мікрофлори. Збільшення кількості фторидів у ґрунтах веде до суттєвої зміни їх властивостей внаслідок хімічної активності фторидної кислоти, яка утворюється з твердих та газоподібних сполук фтору. Також руйнуються глинисті та інші мінерали кремнезему, гумусові мінеральні комплекси. В ґрунтах з надмірною кількістю фторидів знижується ферментативна активність ґрунтових мікроорганізмів.

Найбільшою небезпекою забруднення фтором є те, що рослини стають джерелом надходження фторидів до організму тварин і людей. Наявність фтору в кормових рослинах негативно впливає на продуктивність сільськогосподарських тварин [34].

Потрапляючи в організм людини у вигляді стійких фторид-йонів, відбувається утворення малорозчинних фторидів солей і комплексних сполук із катіонами кальцію, магнію та іншими біогенними елементами, які є активаторами ферментних систем. Внаслідок цього пригнічується дія багатьох ферментів, порушується обмін вуглеводів і жирів, гальмується окиснення жирних кислот. Оскільки фториди мають більшу хімічну активність порівняно з йодидами, вони стають їх конкурентами в синтезі гормонів щитовидної залози, а, отже, впливають на її функції, викликаючи різноманітні хвороби [35].

Допустима концентрація цього елемента коливається у дуже вузьких межах – від 0,7 до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. При вмісті в питній воді фтору понад 2 мг/л в людини пошкоджується емаль зубів, виникають інші захворювання [36].

У великих кількостях (більше 20 мг) фтор виявляє свої токсичні властивості, а при попаданні в організм дози більше за 2 г можливий летальний вихід. До основних симптомів надлишку фтору відносять: сльозотеча, різка слабкість, втрата голосу, болі в животі, блювота, рідкий стілець, подразнення шкіри, крихкість зубів, флюороз емалі зубів, кровоточивість ясен, кальциноз сухожилів і зв'язок, судоми, остеопороз, брадикардія, порушення жирового і вуглеводного обміну, пневмонія, деформація скелету, зниження артеріального тиску, набряк легень, ураження центральної нервової системи [37].

Найбільш чутливими до інтоксикації фтором є діти. У дітей віком від 7 до 15 років при отруєнні фтором гальмується ріст скелету, затримується статевий розвиток, зростає ймовірність враження флюорозом молочних та постійних зубів, та зростає кількість випадків захворювання на ревматизм, сколіоз, енурез та інші захворювання [38].

### **1.3. Нормування вмісту забруднюючих речовин у ґрунті**

Нормативи ГДКг розробляються для речовин, які можуть мігрувати в повітря або ґрунтові води і знижувати врожайність або погіршувати якість сільськогосподарської продукції та рослинної їжі. Забруднюючі речовини в ґрунті регулюються за трьома напрямками:

- регулює вміст небезпечних хімічних речовин у верхньому шарі ґрунту.
- регулює накопичення небезпечних речовин на території підприємства.
- регулює забруднення ґрунту в житлових районах, де зберігаються переважно побутові відходи [39].

Однією з характерних геохімічних особливостей ґрунту є виняткова просторова неоднорідність розподілу хімічних елементів. Зміст більшості хімічних елементів в ґрунті в різних регіонах може варіюватися в сотні і навіть тисячі разів. Найменші варіації в цій геохімічній системі характерні для найбільш поширених елементів, таких як Si, Al. Їх середній вміст в ґрунті

різних регіонів зазвичай варіюється всього в 10 разів. У зв'язку з цим для геохімічних характеристик ґрунту на конкретній території рекомендується використовувати зміст фонових елементів, а при використанні змісту середніх елементів бажано вказувати їх похибка, навіть з певною ймовірністю [40].

Оскільки ґрунти часто забруднені більш ніж одним елементом одночасно, розраховується загальний індекс забруднення ґрунту, який відображає комбінований вплив цілої групи елементів:

$$Z_c = \left( \sum_{i=1}^n K_{C1} \right) - (n - 1) \quad , \quad (1.1)$$

де  $Z_c$  - сумарний показник забрудненості ґрунтів;

$K_c$  – коефіцієнт концентрації ітого хімічного елементу в пробі ґрунту;

$n$ - кількість врахованих хімічних елементів.

Сумарний індекс забруднення може бути визначений як для загальної кількості елементів в одному зразку, так і для ділянок на основі геохімічного відбору проб.

Принцип нормування вмісту хімічних сполук у ґрунті ґрунтується на припущенні, що надходження цих сполук в організм живих організмів, головним чином людей і тварин, відбувається через середовища, що контактують з ґрунтом. Основні поняття та визначення хімічного забруднення ґрунтів визначені в ДЕСТ 17.4.1.03 [41].

Санітарне нормування забруднення ґрунтів є важливим заходом охорони ґрунтів. Для встановлення гранично допустимих рівнів вмісту хімічних речовин у ґрунті розроблені нормативи; крім ГДКг, використовується показник орієнтовно допустимих рівнів (ОДР) хімічних речовин, що забруднюють ґрунт, який визначається розрахунковим методом.

ГДК - це розрахунково допустима кількість речовини, яка забруднює ґрунт. Сфери регулювання кількості забруднюючих речовин у ґрунті:

- забруднення ґрунтів у населених пунктах;
- накопичення небезпечних речовин на території підприємств;

– вміст пестицидів у кореневмісному шарі сільськогосподарських ґрунтів.

Для кореневмісного шару визначено види показників допустимих концентрацій:

– допустимі концентрації речовин у ґрунті. Вміст речовини в харчових продуктах і кормах, що не перевищує допустимого рівня залишків (МДР) або концентрації залишків пестицидів у продуктах харчування (ГДКп);

– (для летких речовин) Допустима концентрація, при якій надходження речовини в повітря не перевищує ГДК, встановленої для повітря (ГДКп);

– допустимі концентрації, при яких надходження речовини в підземні води не перевищує ГДКв для водного об'єкта;

– допустимі концентрації, які не впливають на мікробіологію та самоочищення ґрунту [42].

ГДК водорозчинного фтору у ґрунті – 10 мг/кг та  $0,05 \cdot 10^{-4} \%$  - відповідно. Природними джерелами надходження фтору до довкілля є термальні лужні води з глибинних шарів земної кори, вулканічна діяльність, вивітрювання гірських порід. Однак природні джерела надходження фтору в кількісному співвідношенні значно поступаються штучним, породженим господарською діяльністю людини. Одним із основних джерел надходження фтору у зовнішнє середовище є промислові підприємства з переробки фосфатної сировини.

Про високу забруднюючої здатності свідчать дані, що з виробництва однієї тонни фосфорної кислоти викидається 20 – 40 кг фтору. Важливим джерелом проникнення фтору в об'єкти навколишнього середовища та, відповідно, забруднення ґрунту та природних вод, є фосфатні добрива (в середньому з кожної тонної фосфатів у ґрунт вноситься 160 кг фтору) [43].



## РОЗДІЛ II. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОРОЗЧИННОГО ФТОРУ У ҐРУНТІ.

### 2.1 Відбір проб для агрохімічного аналізу

При відборі зразків для аналізу на пестициди слід враховувати вертикальну структуру землі, неоднорідність ґрунтового покриву, топографію та клімат. Найкращий час для відбору змішаних зразків - навесні, коли поле ще не удобрювали і не засівали; другий період відбору зразків - після збору врожаю, коли основний запас доступних поживних речовин вже використаний рослинами і відсутність посівів не заважає проведенню робіт.

При відборі змішаних зразків ґрунту як правило використовують «метод конверту» (рис. 2.1). Цей метод полягає в тому, що на кожній із ділянок по діагоналі або по «конверту» (чотири точки по кутах і одна в центрі) у його п'яти точках відбирають проби [44].

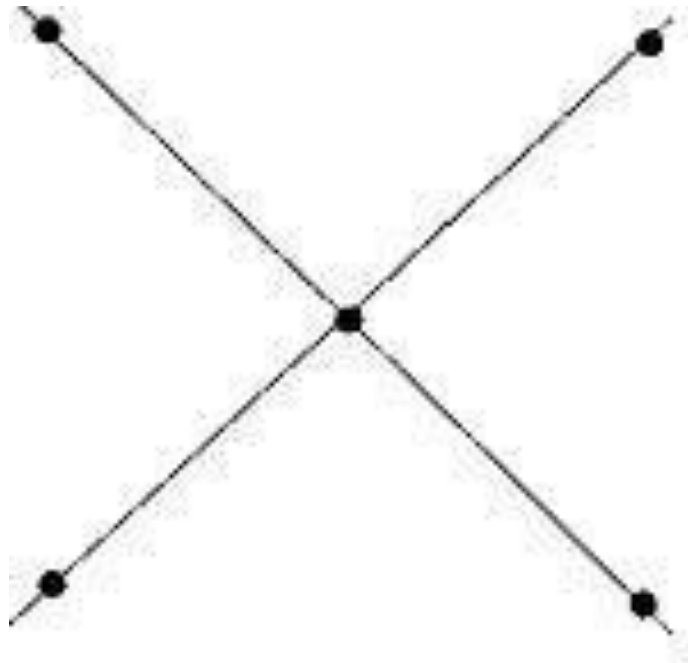


Рисунок 2.1 – Схема «методу конверта»

Якщо площа земельної ділянки менше 10 га, таку ділянку ділять на три елементарні ділянки (найменша площа, яку можна охарактеризувати однею

об'єднаною пробою ґрунту). Розмір елементарних ділянок залежить загальної площі земельної ділянки. Наприклад, якщо земельна ділянка складає 4 га, розмір елементарної ділянки буде 1,33 га (4:3). Такий розрахунок пояснюється тим, що з кожної земельної ділянки малої площі необхідно відібрати не менше трьох змішаних ґрунтових зразків. На площах понад 10 га розмір елементарної ділянки становить 3 га.

Найчастіше точкові проби відбирають з орного горизонту ґрунту, де глибина становить 0-20 см. Змішані зразки ґрунту складають з 20 точкових проб (кожна вагою 200-300 г), 4 проби витягуються по периметру з різних боків, решта по двох діагоналях. інтервали (100-150 м на ділянках з однорідним ґрунтовим покривом (А) та 10-20 м на ділянках з неоднорідним ґрунтовим покривом (Б)), ретельно перемішують і береться середня проба не менше 1 кг.

Точкові проби (проба певного обсягу, взята з ґрунтового горизонту, шару, типова для даного горизонту або шару) відбирають ножем або шпателем із прикопів або ґрунтовим буром [45].

Прикопування ґрунтове - ґрунтовий розріз невеликої глибини (50-75 см), що розкриває тільки верхні горизонти ґрунтового профілю.

Проби, які відібрали для проведення хімічного аналізу, упаковують у ємності виготовлені з матеріалу, який є нейтральним або поліетиленові мішечки та додають до них етикетки. На етикетці мають бути зазначені: область, район, господарство; номер розрізу; горизонт та глибина взяття зразка; дата та прізвище дослідника.

#### *Підготовка ґрунту для аналізу*

Підготовка проби полягає у перемішуванні, подрібненні та скороченні до певної маси. Для скорочення проби використовують метод квартування. Подрібнений матеріал висипають на стерильний щільний аркуш паперу, ретельно перемішують, відкидають коріння, каміння та інші тверді предмети. Потім ґрунт розподіляють на місці рівним тонким шаром (0,5 см) у формі квадрата, ділять на чотири сектори, вміст двох протилежних секторів відкидають, а двох інших - з'єднують разом і знову перемішують (рис. 2.2) [46].

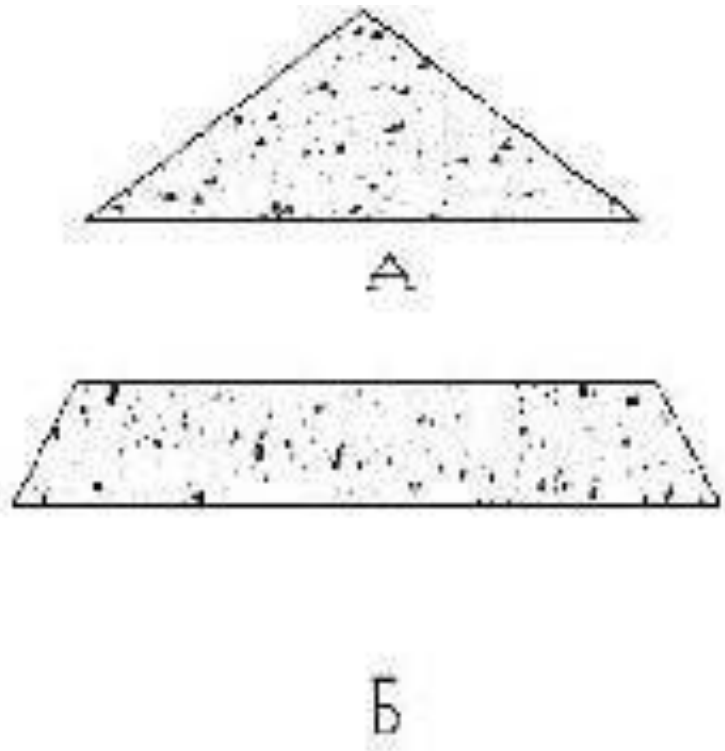


Рисунок 2.2 – Підготовлений ґрунт для проведення аналізу (А - подрібнений і перемішаний матеріал; Б - матеріал, розсипаний тонким шаром у вигляді квадрата або кола)

Ґрунт ділять до тих пір, поки не залишиться близько 300 г і просівають його через сито діаметром 1 мм. Після чого ґрунт зсипають у чисту ємність із притертою пробкою та нумерують її. З отриманого зразка беруть навішування для аналізу.

Якщо відразу зробити аналіз неможливо, то ґрунт можна зберігати в холодильнику: слабо забруднений - при температурі  $0^{\circ}\text{C}$  протягом 72 год, а сильно забруднений - 48 год [47].

Точність досліджень на наявність забруднюючих речовин на сільськогосподарських угіддях значною мірою визначається розміром базової ділянки і кількістю відібраних з неї точних (індивідуальних) зразків (які складають репрезентативний змішаний (комбінований) зразок ґрунту для аналізу на наявність пестицидів).

Базова ділянка - це найменша ділянка, на якій ґрунт може бути ідентифікований за допомогою одного об'єднаного зразка.

Чиста ділянка - це найменша ділянка, яку можна охарактеризувати за допомогою одного змішаного зразка ґрунту. Окрім різноманітності ґрунтового покриву, рельєфу, ступеня еродованості ґрунту, типу сільськогосподарських культур тощо, на розмір базової ділянки також впливає рівень використання мінеральних добрив, особливо фосфорних.

Згідно з українськими національними стандартами, для повного агрохімічного обстеження орних земель рекомендуються такі площі ділянок (табл. 2.1) [48].

Таблиця 2.1 - Максимально допустимі площі елементарних ділянок залежно від зони, ґрунту і норми щорічного внесення фосфорних добрив

№	Зона, основні типи ґрунтів	Максимально допустимі площі елементарних ділянок, га		
		Норма щорічного внесення фосфорних добрив (кг.д.р. на 1 га)		
		< 60	60 – 90	> 90
1	Полісся. Дерновопідзолисті ґрунти	8	5	3
2	Лісостеп. Темно-сірі лісові ґрунти, чорноземи типові, вилуговані, опідзолені	25	15	10
3	Степ. Чорноземи звичайні, південні та каштанові ґрунти	40	25	10

При поділі ділянок на менші ділянки форма повинна бути близькою до прямокутника зі співвідношенням сторін 1:2 або менше, хоча квадрати і ромби також часто є прийнятними. Картографічною основою для відбору проб є план землекористування господарства, який описує елементи управління земельними ресурсами в господарстві. Після рекогносцировки поля ділянки визначеного розміру викладаються у вигляді сітки.

На кожній ділянці вздовж ділянки встановлюється розріз і вздовж розрізу відбираються невеликі зразки. Там, де ґрунт не еродований, траншея закладається в центрі ділянки вздовж її довгих сторін. Якщо еродований ґрунт знаходиться на схилі понад 200 м, траншея прокладається вздовж схилу або поперек схилу на коротких схилах (рис. 2.3) [49].

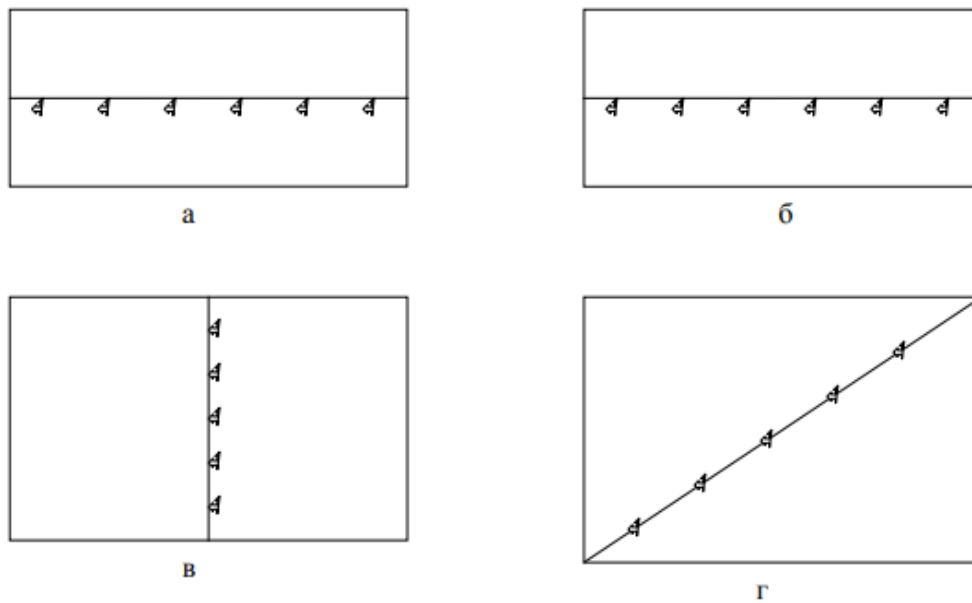


Рисунок 2.3 – Схеми прокладення маршрутних ходів: а) не еродовані ґрунти; б) еродовані ґрунти, довжина схилу 200 м; в) еродовані ґрунти, довжина схилу менше 200 м; г) лісові і плодові розсадники

Після поділу території на невеликі ділянки розпочинається відбір зразків ґрунту. Відбір зразків ґрунту можна проводити протягом усього вегетаційного періоду. Однак.

Відбір зразків ґрунту можна проводити протягом усього вегетаційного періоду, але на ділянках, де внесення кожного виду мінеральних добрив перевищує 90 кг/га діючої речовини, зразки ґрунту можна відбирати протягом двох місяців після внесення.

Зразки ґрунту відбираються через рівні проміжки часу в точках вздовж лінії маршруту. Зразки ґрунту не можна відбирати на дорогах, біля бортів або складів добрив і засобів захисту рослин, на дні культивуваційних траншей або на ділянках, де умови для рослин суттєво відрізняються.

Глибина шурфування зразків на оброблюваних ділянках визначається товщиною верхнього шару ґрунту і глибиною залягання кореневої системи (найчастіше 0-25 см для зернових і 0-30 см для просапних культур).

Комбінація зразків ґрунту складається з 20-30 зразків, зібраних з поля. Вага зразків повинна бути в межах 300-400 г [50].

Для відбору зразків ґрунту використовують бури різної конструкції (рис. 2.4).

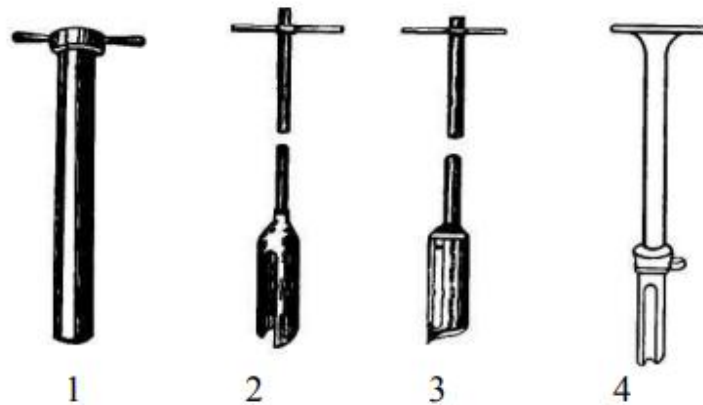


Рисунок 2.4 - Бури для відбору проб ґрунту 1. Качинського; 2. Ізмаїльського; 3 – Некрасова, 4 – БН25-15

## 2.2. Дослідження ґрунтів Сумського регіону

Для отримання об'єктивної інформації про стан ґрунтів на першому етапі виконання роботи було проаналізовано всю сукупність фізико-географічних умов, рельєф, розміщення потенційно-небезпечного підприємства з виробництва фосфорної кислоти та фосфатних добрив ПАТ «СумиХімпром». На основі аналізу були позначені ділянки відбору проб – безпосередньо в зоні розповсюдження викидів заводу та на різній відстані від підприємства у межах міста.

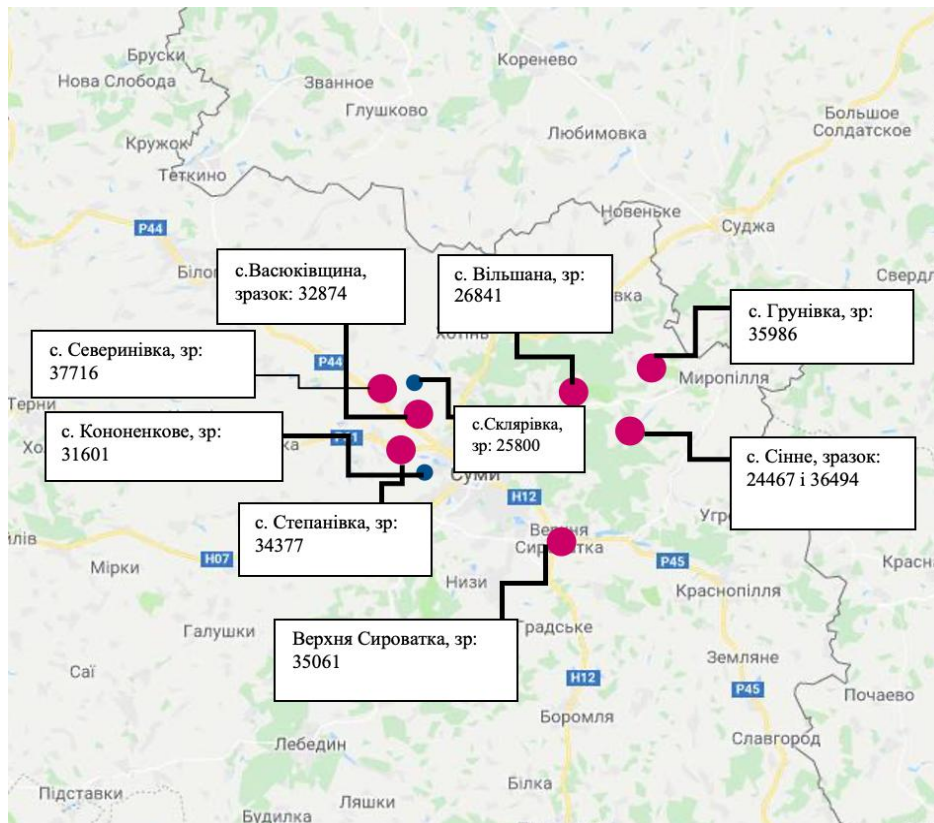


Рисунок 2.1 – Географія відбору проб

Для отримання об'єктивних результатів відбір проб здійснювали не менше ніж з п'яти точок за правилом конверта або прямою лінією на відстані 2-5 метрів одна від одної. [51] Усі досліджувані проби ґрунту, отримані із сільськогосподарських угідь, надані компанією ТОВ "Сейті". Для зручності пробам була присвоєна наступна нумерація:

Географія проби	№ зразка
Сумський район, с.Сінне	1
Сумський район, с. Складівка	2
Сумський район, с. Вільшана	3
Сумський район, с. Кононенкове	4
Сумський район, с. Васюківщина	5
Сумський район, с. Степанівка	6
Сумський район, с. В.Сироватка	7
Сумський район, с. Грунівка	8
Сумський район, с. Сінне	9
Сумський район, с. Северинівка	10
Територія ПАТ СумиХімпром	11
Оз. Олдиш	12

Зразки з усіх точок змішували і для аналізу готували зразок масою 0,35-0,5 кг.



Рисунок: 2.2 – Зразки проб ґрунту

### 2.3. Потенціометричний метод визначення фтору

Для визначення водорозчинного фтору в ґрунті найчастіше використовують потенціометричний метод. Цей метод має велике практичне значення, його часто використовують не тільки в хіміко-аналітичних цілях для визначення концентрації речовини або встановлення точки еквівалентності, а й для дослідження реакцій у розчині, визначення констант рівноваги та різних характеристик речовини. За результатами потенціометричних вимірювань обчислюють константи дисоціації сполук, добуток розчинності, розраховують теплові ефекти та інші термодинамічні характеристики процесів у розчині:

Потенціометричний аналіз поділяється на два види:



1. пряма потенціометрія, або йонометрія;
2. потенціометричне титрування.

Метод прямої потенціометрії базується на залежності потенціалу індикаторного електроду від концентрації досліджуваних йонів в аналізованому розчині, що описується рівнянням Нернста [51]. Оскільки абсолютне значення потенціалу електроду виміряти неможливо, його вимірюють відносно потенціалу іншого електроду – електроду порівняння. Для цього складають електрохімічну комірку з двох електродів і вимірюють різницю потенціалів, що називається електрорушійною силою (ЕРС). Рівняння Нернста встановлює залежність між ЕРС та концентрацією йонів:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ок}}{a_{від.}} = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{f_{ок} C_{ок}}{f_{від} C_{від}}, \quad (2.1)$$

де:  $E$  та  $E_0$  – електродний потенціал та стандартний електродний потенціал, одиниці вимірювання – вольт;

$R$  – універсальна газова стала (8.31 Дж/моль·К);

$T$  – температура розчину, К;

$n$  – кількість електронів, що беруть участь в електрохімічному процесі;

$a$  – активності окиснювальної та відновлювальної форм оксино-відновної реакції;

$F$  – число Фарадея (96500 Кл/моль);

$f$  – коефіцієнти активності;

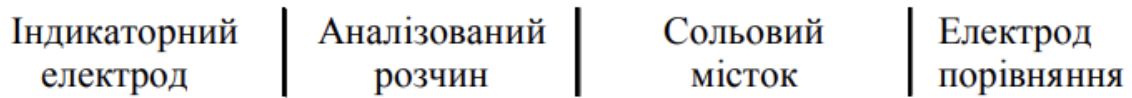
$C$  – молярні концентрації окиснювальної та відновлювальної форм, моль/л.

Шляхом вимірювання ЕРС електрохімічної комірки визначають концентрацію йонів, яка пов'язана з активністю іонів.

Є два типи електрохімічних комірок:

- комірка без переносу – якщо обидва електроди занурені в аналізований розчин
- комірка з переносом – якщо електрод порівняння сполучають з аналізованим розчином через сольовий місток,

Потенціометричний аналіз зазвичай використовує комірку з переносом.  
Схема такої комірки:



Індикаторний електрод – це електрод, потенціал якого залежить від активності (концентрації) досліджуваного йона, відповідно до рівняння Нернста.

Електрод порівняння – електрод з постійним потенціалом, який не залежить від концентрації досліджуваних йонів. Як індикаторні електроди використовують металеві електроди першого роду або йонселективні мембранні електроди. Як електрод порівняння найчастіше використовують електрод другого роду – хлорид срібний.

Сольовий місток запобігає змішуванню досліджуваного розчину та розчину електрода порівняння. В якості сольового містка використовують насичені розчини солей з близькими значеннями рухливості катіона і аніона (наприклад, KCl, KNO<sub>3</sub>).

Для даного електрохімічного ланцюга:

$$E_{PC} = E_{пор} - E_{інд} + E_d,$$

де:  $E_d$  – дифузійний (рідинний) потенціал, В;

$E_{пор}$  – потенціал електрода порівняння, В;

$E_{інд}$  – потенціал індикаторного електрода, В

Пряме потенціометричне визначення концентрацій зводяться до вимірювання електрорушійних сил вимірювальних ланцюгів, які попередньо відкалібровані за стандартними розчинами з відомою концентрацією компонента, що визначається.

Визначення фторидів. Потенціометричне визначення фторидів характеризується більш високою чутливістю (10-20 мкг/л) порівняно з найбільш популярним циркон- або торійалізариновим колориметричним методом, що дозволяє без концентрування визначати до 50-100 мкг/л фторидів [52].

Ця обставина особливо важлива при аналізі прісних та ультрапрісних вод, що містять незначні концентрації фторидів – наприклад, при аналізі дощових та снігових вод. Велике значення має також і те, що при потенціометричному визначенні не потрібно попередньої відгону летких фторидних сполук, так як основним компонентом, що заважає, при даному аналізі є іон  $\text{CO}_3^{2-}$ , оптимальне зміст якого може бути легко встановлено введенням невеликих кількостей  $\text{HCl}$ , або введенням відповідного буферного розчину. У літературі вказувалося, що в області високих значень рН фторидний електрод дає завищені показання через часткову проникність мембрани до гідроксиліонів, тоді як при низьких рН спостерігаються занижені показання внаслідок утворення в розчині комплексів  $\text{CaF}_2$ , що призводять до зниження загального коефіцієнта активності іонів фтору.

Вміст фтору у пробах визначили в лабораторії потенціометричним методом, який широко застосовується при визначенні вмісту фтору у воді та водних витяжках. Визначення полягає в тому, що електродний потенціал фторидного електрода пропорційний концентрації фторид-іонів у розчині. Як фторидселективний електрод застосовувався лантанфторидний електрод.

Вимірювання потенціалу проводили на установці, яка включає потенціометр ЕПП-0,9 і магнітну мішалку ММ-3. За отриманими результатами будували калібрувальний графік координатах  $E, \text{mv} - -\lg \text{CF}^-$ . Потім саме так вимірювали значення потенціалу в досліджуваному розчині (після того, як встановлювалося постійне значення потенціалу) [53].

## РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1. Підготовка проби для аналізу

Аналіз розпочинали з висушування ґрунту до повітряно-сухого стану, після чого його просіювали через сито з осередками 1 мм і розтирали в порцеляновій ступці до стану пудри. Потім 10 г підготовленої проби поміщали у склянку, додавали 50 см<sup>3</sup> дистильованої води і струшували протягом 15 хвилин. Далі склянку залишали на ніч, щоб розчин встиг стабілізуватися. Після цього вміст склянки перемішували круговим рухом і фільтрували. Для аналізу відбирали 10 см<sup>3</sup> аліквоти, до якої додавали 10 см<sup>3</sup> буферного розчину БРОІС рН = 5,5±0,1 (буфер регулювання загальної іонної сили), щоб регулювати іонну силу. Після цього електродний потенціал проби визначали за допомогою фторид-селективного електрода, порівнюючи його з електродом-порівнянням.



Рисунок 3.1 – Колби з пробами ґрунту для аналізу та буферний розчин БРОІС.

### 3.2. Приготування стандартних розчинів та побудова градуувального графіка

З метою визначення водорозчинного фтору в пробах ґрунту попередньо побудували градуувальний графік. Для цього було приготовлено серію стандартних розчинів з концентрацією фторид-іонів від  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup> з 0.1 М розчину NaF. В поліетиленові стаканчики місткістю 50 см<sup>3</sup>, по черзі піпеткою відбирали по 10 см<sup>3</sup> кожного стандартного розчину, додавали по 10 см<sup>3</sup> буферного розчину і вимірювали потенціали розчинів з використанням фторид-селективного електроду, — електроду допоміжного лабораторного хлор-срібного та іонOMETру-мілівольтметра. Вимірювання розпочинали з розчину з найменшою концентрацією [56].



Рисунок 3.2 – Стандартні розчини NaF

Значення молярної концентрації фторид-іонів (моль/дм<sup>3</sup>) у розчинах, що використовуються для побудови градуувальної характеристики та відповідні значення  $C_F$  наведені в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 - Дані для побудови градуувального графіка

$C_F$ , моль/дм <sup>3</sup>	E, mV
$1 \cdot 10^{-5}$	340
$1 \cdot 10^{-4}$	380
$1 \cdot 10^{-3}$	420
$1 \cdot 10^{-2}$	460

Для побудови градуювального графіка по осі абсцис відкладали значення  $C_F$  (моль/дм<sup>3</sup>) стандартних розчинів, а по осі ординат відповідні їм середні з трьох вимірювань значення потенціалів (мВ). Графік залежності електродних потенціалів від концентрації фторид-іонів представлений на рис. 3.3.

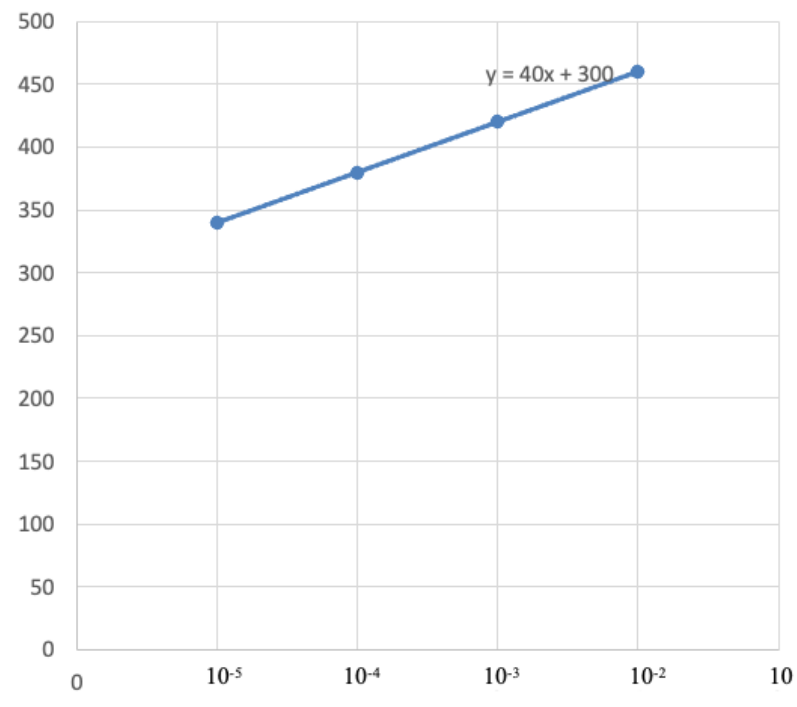


Рисунок 3.3 - Градувальний графік для визначення вмісту фторид-іонів

За градувальним графіком визначали вміст фторид-іонів у досліджуваних пробах. Для цього склянку з аналізованою пробєю

встановлювали на магнітну мішалку і під час перемішування занурювали в розчин електроди. Після стабілізації потенціалу знімали покази приладу, а за градувальним графіком визначали концентрацію фторид-іонів [57].

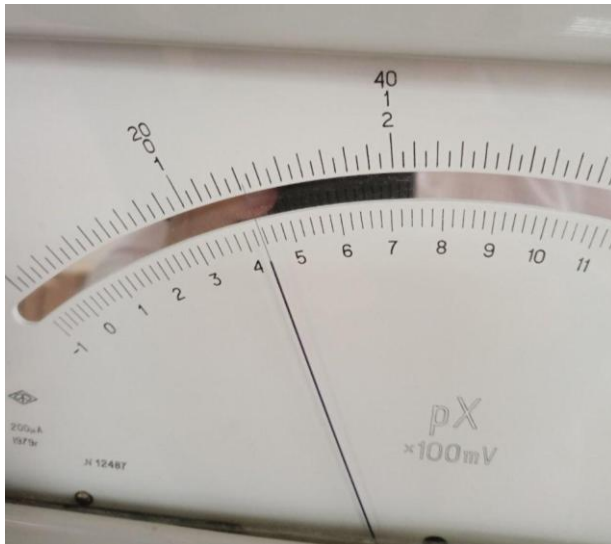


Рисунок 3.4 – Вимірювання електродного потенціалу за допомогою іономера лабораторного.

Щоб визначити концентрацію за градульованим графіком, знаходили точку, яка відповідає виміряному потенціалу на осі ординат (у-вісь), і проводили горизонтальну лінію до перетину з лінією графіка. Від точки перетину проводили вертикальну лінію до осі абсцис (х-вісь), щоб отримати значення концентрації фторид-іонів.

Значення електродних потенціалів та відповідна їм концентрація фторид-іонів представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. – Значення електродних потенціалів та відповідна їм концентрація фторид-іонів, моль/дм<sup>3</sup>:

№ проби	Значення електродного потенціалу, мВ	$C_F$ , моль/дм <sup>3</sup>
1	350	$1,000 \cdot 10^{-4}$
2	340	$1,000 \cdot 10^{-5}$
3	341	$1,003 \cdot 10^{-5}$
4	340	$1,000 \cdot 10^{-5}$
5	340	$1,000 \cdot 10^{-5}$
6	340	$1,000 \cdot 10^{-5}$
7	344	$1,020 \cdot 10^{-5}$
8	340	$1,003 \cdot 10^{-5}$
9	350	$1,000 \cdot 10^{-4}$
10	348	$1,023 \cdot 10^{-4}$
11	460	$1,350 \cdot 10^{-2}$
12	400	$1,111 \cdot 10^{-3}$

### 3.3 Обчислення результатів експерименту

#### 3.3.1. Визначення вологості проби

Для перерахунку маси наважки, у абсолютно сухій пробі визначали вміст гігроскопічної вологи. Для цього брали три наважки проби по 1 г, поміщали у попередньо підготовлені порцелянові чашки і висушували при  $t = (105 \pm 5) ^\circ \text{C}$  в сушильній шафі до постійної маси. Розрахунок вмісту гігроскопічної вологи здійснювали за формулою (3.1)



$$g = \frac{P - P_{\text{сух}}}{P} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де  $g$  – вміст гігроскопічної вологи, %;

$P$  - маса проби, взятої для повного висушування, г;

$P_{\text{сух}}$  - маса повністю висушеної проби, г.

Розрахунок вмісту гігроскопічної вологи:

$$g = \frac{10,00 - 5,00}{10,00} 100 = 5 \%$$

За результатами аналізу вміст гігроскопічної вологи у зразках ґрунту склав 5%.

**Визначення коефіцієнту перерахунку на абсолютно суху пробу проводили за формулою (3.2)**

$$K = \frac{100}{100 + g(\text{ср.})}, \quad (3.2)$$

де -  $g_{\text{ср.}}$  - вміст гігроскопічної вологи, %.

Розрахунок коефіцієнту перерахунку на абсолютно-суху пробу:

$$K = \frac{100}{100 + 5} = 0,95$$

Коефіцієнт перерахунку на абсолютно-суху пробу для всіх проб склав 0,95.

### 3.3.2. Визначення водорозчинного фтору

Масову частку фторид-іонів  $X$  (%) у перерахунку на масу наважки абсолютно-сухого ґрунту обчислювали за формулою (3.3)

$$X = \frac{C \cdot V}{b \cdot K} \quad (3.3)$$

де:  $C$  - вміст фторидів, знайдений за графіком, мг/дм<sup>3</sup>;

$V$  - об'єм розчину проби, см<sup>3</sup>;

$b$  - маса повітряно-сухої наважки проби, взятої для аналізу, г;

$K$  - коефіцієнт перерахунку маси наважки в абсолютно-суху.

Визначення масової частки фторид-іонів для проби №2:

$$X = \frac{1 \cdot 10^{-5} \cdot 100}{9,50 \cdot 0,95} = 0,00011 = 1,10 \cdot 10^{-4} \%$$

Аналогічні розрахунки проводили для всіх проб ґрунту.

Вміст фтору в ґрунті  $D$  в мг/кг розраховували за формулою (3.4)

$$D = \frac{C \cdot V \cdot 100}{b \cdot 1000} * K, \quad (3.4)$$

де  $C$  - вміст фторидів, знайдений за графіком, мкг/дм<sup>3</sup>

$V$  - об'єм розчину проби, см<sup>3</sup>;

$b$  - маса повітряно-сухої наважки проби, взятої для аналізу, г;

$K$  - коефіцієнт перерахунку маси наважки в абсолютно-суху.

Визначення вмісту фторид-іонів (мг/кг) для проби №2:

$$D = \frac{19 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 100}{10 \cdot 1000} \cdot 0,95 = 1,85 \text{ мг/кг}$$

Аналогічні розрахунки проводили для всіх проб ґрунту.

Результати дослідження вмісту водорозчинного фтору в зразках ґрунту представлено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3- Результати дослідження вмісту водорозчинного фтору

	Сумський район, с.Сінне	Сумський район, с.Склярівка	Сумський район, с.Вільшана	Сумський район, с.Кононенкове	Сумський район, с.Васюківщина	Сумський район, с.Степанівка	Сумський район, с.В.Сироватка	Сумський район, с.Грунівка	Сумський район, с.Северинівка	Територія підприємства СумиХімпром	оз.Олдиш
К	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Х, %	$1,20 \cdot 10^{-4}$	$1,10 \cdot 10^{-4}$	$1,15 \cdot 10^{-4}$	$1,10 \cdot 10^{-4}$	$1,10 \cdot 10^{-4}$	$1,11 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-4}$	$1,10 \cdot 10^{-4}$	$1,19 \cdot 10^{-4}$	$9,00 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$
D, мг/кг	1,90	1,85	1,87	1,85	1,85	1,85	1,87	1,85	1,89	150,00	21,00

Як видно із представлених даних, вміст водорозчинного фтору в ґрунтах сільськогосподарських угідь Сумського регіону відповідає санітарним нормам і складає від 1,85 до 1,90 мг/кг, що майже у 5 разів нижче ПДК. Вміст водорозчинного фтору у ґрунтах на території ПАТ «Суміхімпром» і у безпосередній близькості від джерела забруднення (оз. Олдиш) значно перевищує норми (у 15 та 2 разів відповідно).

За літературними джерелами вміст фтору у ґрунті не повинен перевищувати 10 мг/кг, або  $5,00 \cdot 10^{-4}\%$  отже можемо зробити висновок, що всі досліджувані зразки ґрунту мають вміст фтору менше за ПДК, окрім зон у безпосередній близькості від джерела забруднення (ПАТ «Суміхімпром» та Оз.Олдиш).

## ВИСНОВКИ

В роботі проведено аналіз літературних джерел щодо класифікації ґрунтів України за генетичними та субстанційними типами. Розглянуто хімічний склад ґрунту; його властивості (поглинальна здатність, хімічні і фізичні властивості); різноманітність ґрунтів Сумського регіону.

Продемонстровано, що основними шляхами забруднення ґрунтів фтором є використання дешевих фосфоровмісних добрив і промислові підприємства з переробки фосфатної сировини. Розглянуто теоретичні основи потенціометричного методу аналізу.

Вміст водорозчинного фтору у ґрунтах міста відповідає санітарним нормам та значно перевищує санітарні норми у безпосередній близькості від джерела забруднення.

Для визначення вмісту водорозчинного фтору було використано метод прямої потенціометрії. Точність та достовірність отриманих результатів забезпечується за рахунок стандартизованих методик вимірювання та умов проведення експерименту

Основними джерелами проникнення фтору в об'єкти навколишнього середовища та, відповідно забруднення ґрунту є фосфатні добрива і промислові підприємства з видобутку та переробки фосфатної сировини, до яких відноситься ПАТ «Сумхімпром».

Вміст водорозчинного фтору в ґрунтах сільськогосподарських угодь Сумського регіону відповідає санітарним нормам і складає від 1,85 до 1,90 мг/кг, що майже у 5 разів нижче ПДК.

Вміст водорозчинного фтору у ґрунтах на території ПАТ «Сумхімпром» і у безпосередній близькості від джерела забруднення (оз. ОЛДИШ) значно перевищує норми (у 15 та 2 разів відповідно).

Практичне значення одержаних результатів дає змогу порівняти вміст водорозчинного фтору в ґрунтах сільськогосподарських угідь Сумської області та розробити рекомендації щодо норм внесення фосфатних добрив.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hotynenko\_O.Grundy\_Mod.URL:[https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4626/1/Hotynenko\\_O.Grundy\\_Mod\\_1\\_2.pdf](https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4626/1/Hotynenko_O.Grundy_Mod_1_2.pdf) (дата звернення: 08.05.2024).
2. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. І. Кисіль, В. А. Величко; Нац. наук. центр «Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» УААН. — К.: Колобіг, 2005. — 303 с.
3. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України / УААН; Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» / Микола Іванович Полупан (ред.). — К.: Аграрна наука, 2005. — 300с.
4. Ґрунтознавство: Навч. посіб./ М.Ф.Бережняк, Б.Є.Якубенко, А.М.Чурілов, Р.В.Сендзюк. // За заг. ред. Якубенка Б. Є. — К.: Видавництво Ліра-К, 2017. — 612 с. [ISBN 978-617-7507-96-2](#)
5. ДСТУ ISO 4884:2007. Добрива органічні та органо-мінеральні. Терміни та визначення понять. Чинний від 2009-01-01. Київ, 2010. 34 с.
6. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2013. 406 с.
7. Основи агрономії: Навчальний посібник / Левицька Ю. М. та ін. Київ: Аграрна освіта, 2008. 382 с.
8. ETC/ULS Report 2021 Soil monitoring in Europe. Indicators and thresholds for soil quality assessments. Eionet Portal. URL: <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-uls/products/etc-uls-reports/etc-uls-report-2021-soil-monitoring-in-europe-indicators-and-thresholds-for-soil-quality-assessments> (дата звернення: 08.05.2024).
9. Рибалова О.В., Коробкіна К.М. Новий підхід до оцінки забруднення ґрунтів важкими металами. Proceedings of the "II International Scientific and

Practical Conference "Topical problems of modern science" November 18, 2017  
Warsaw, Poland Vol.5 p. 86 -90

10. Vasenko, A., Rybalova, O., Kozlovskaya, O. A study of significant factors affecting the quality of water in the Oskil River (Ukraine) (2016) EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies, 3 (10-81), pp. 48-55. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.72415

11. Добрива мінеральні, органічні та органо-мінеральні. URL: <https://agrovinn.com/ua/udobrenie-mineralnoe-organicheskoe/> (дата звернення 01.04.2023)

12. Лагутенко О. Т. Агроекологія: навчальний посібник. Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2012. 206 с.

13. Якушко С. І., Іванов В. П. Органо-мінеральні добрива: переваги та способи виробництва. *Хімічна промисловість України*. 2008. № 3(86). С.38-43.

14. Ліщук А. М. Етоксикологічна оцінка небезпечності фтору залежно від ґрунтово-кліматичних умов та застосування мінеральних добрив.: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. – К., 2004. – 19 с.

15. Агроекологічна характеристика основних видів мінеральних добрив. URL: <http://www.novaecologia.org/voecos-1611-3.html> (дата звернення 01.04.2023)

16. Тригуб В. І. Фтор у системі «ґрунт-рослини»: екологічні аспекти. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2014. Т. 19, вип. 4. С.77-86.

17. Танделов, Ю. П. Фтор в системе почва–растение. 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск, 2012. 146 с.

18. Назаренко Е. А., Нікозять Ю. Б., Іващенко О. Д. Оцінка екологічної безпеки сільськогосподарських культур при підвищеному вмісті фторидів у ґрунтах Полтавської області. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2015. Випуск 2. С. 159-164.

19. Винявська Г.Ф. Аналіз природних і техногенно-екологічних ризиків при споживанні та кондиціонуванні вод із підвищеним вмістом фтору. *Вісник*

*Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2011. Т. 5, №1. С. 159-163.

20. Вплив фтору і фторовмісних сполук на здоров'я населення. URL: [http://4ua.co.ua/biology/xa2ad78a4c43b88421316c37\\_0.html](http://4ua.co.ua/biology/xa2ad78a4c43b88421316c37_0.html) (дата звернення 01.04.2023)

21. Назаренко Е. А., Нікозяць Ю. Б., Іващенко О. Д. Проблеми забруднення фторидами ґрунтів і вод геохімічної провінції (на прикладі Полтавської області). *Екологічна безпека*. 2014. Випуск 1. С. 59-63.

22. Тригуб В. І. Географічні особливості вмісту фтору в природних водах північно-західного Причорномор'я. *Вісник Львів. ун-ту. Серія географічна*. 2006. Вип. 33. С. 405–411.

23. Аналітична хімія: навч.-метод. посібник для студентів університетів напряму підготовки «Хімія» / М. В. Шевряков та ін. Херсон: Айлант, 2011. 404 с.

24. Інструментальні методи хімічного аналізу. URL: <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/Instrumentalni-metodi-himichnogo-analizu.pdf> (дата звернення 01.04.2023)

25. Іонселективні електроди. URL: [https://vuzlit.com/728508/yonselektivni\\_elektrodi](https://vuzlit.com/728508/yonselektivni_elektrodi) (дата звернення 08.04.2023)

26. Пряма потенціометрія. URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/23901> (дата звернення 08.04.2023)

27. Класифікація іонселективних електродів. URL: <https://studfile.net/preview/1905481/page:66/> (дата звернення 01.04.2023)

28. Визначення фтору потенціометричним методом. URL: [https://chem.teset.sumdu.edu.ua/media/documents/Lab\\_zh\\_OHT.pdf](https://chem.teset.sumdu.edu.ua/media/documents/Lab_zh_OHT.pdf) (дата звернення 10.04.2023)

29. Рибалова О.В., Бригада О.В., Сарапіна М.В., Шароватова О.П. Ризикорієнтована ідентифікація джерел забруднення ґрунтів важкими металами / The 7th International scientific and practical conference “Perspectives of world



science and education” (March 25-27, 2020) CPN Publishing Group, Osaka, Japan. 2020. p. 556-564

30. Стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2007 році [Електронний ресурс]: Доповідь / Державне управління екології та природних ресурсів в Сумській області. – Суми, 2008. – С. 13-14.

31. Лавейкін М.І. Реформування системи землекористування в Україні . – К.: К.: РВПС України НАН України. – С. 41.

32. Тригуб В. І. Фтор у системі «грунт-рослини»: екологічні аспекти.

33. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки.* 2014. Т. 19, вип. 4. С.77-86. Танделов, Ю. П. Фтор в системі ґрунт–рослина. 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск, 2012. 146 с.

34. Назаренко Е. А., Нікозяць Ю. Б., Івашенко О. Д. Оцінка екологічної безпеки сільськогосподарських культур при підвищеному вмісті фторидів у ґрунтах Полтавської області. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського.* 2015. Випуск 2. С. 159-164.

35. Винявська Г.Ф. Аналіз природних і техногенно-екологічних ризиків при споживанні та кондиціонуванні вод із підвищеним вмістом фтору. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.* 2011. Т. 5, №1. С. 159-163.

36. Вплив фтору і фторовмісних сполук на здоров'я населення. URL: [http://4ua.co.ua/biology/xa2ad78a4c43b88421316c37\\_0.html](http://4ua.co.ua/biology/xa2ad78a4c43b88421316c37_0.html) (дата звернення 01.04.2023)

37. Бакка М.Т., Тарасова В.В. Метрологія, стандартизація, сертифікація і акредитація. 4.1. Метрологія. Навчальний посібник з грифом МОН України. - Житомир, ЖІТІ, 2002. - 337с.

38. Бакка М.Т., Тарасова В.В. Метрологія, стандартизація, сертифікація і акредитація. 4.2. Стандартизація, сертифікація і акредитація. Навчальний посібник з грифом МОН України. -Житомир, ЖІТІ, 2002. - 384с.

39. Войцицький А.П. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище. Конспект лекцій, - Житомир: ДАУ, 2005. -132 с.

40. Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яшок Р.А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. Навчальний посібник, - Львів: Афіша, 2004 - 272 с
41. Жиденський В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. - Львів: Афіша, 2002 - 320 с.
42. Клименко М.О., Скрипчук П.М. Стандартизація і сертифікація в екології. Підручник. - Рівне: УДУВГП, 2003 - 202 с
43. Койфман Ю.І., та ін. Міжнародні та європейські системи сертифікації і акредитації: Організація діяльності, норми та правила. Довідник. - Львів-Київ 1995. - 266 с.
44. Константинов М.П., Журбенко О.А. Радіаційна безпека. Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2003 -151 с
45. Сухарев СМ., Чудак С.Ю., Сухарева О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник. - Львів: "Новий світ", 2004. - 256 с.
46. Тарасова В.В., Малиновський А.С., Рибак М.Ф. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище Навчальний посібник. - К: Центр учбової літератури, 2007. – 276 с.
47. Тринько Р.І., Тарасова В.В. Математична статистика. Навчальний посібник з грифом МСГ СРСР. - Львів. Світ, 1992.-264 с
48. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації. Підручник. 3-є вид., перероб. і доп. - К.:Європ. ун-т фінансів, інформсистем, менеджменту і бізнесу, 2000. - 174 с.
49. Аналітична хімія: навч.-метод. посібник для студентів університетів напряму підготовки «Хімія» / М. В. Шевряков та ін. Херсон: Айлант, 2011. 404 с.
50. Інструментальні методи хімічного аналізу. URL: <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/Instrumentalni-metodi-himichnogo-analizu.pdf> (дата звернення 01.04.2023)

51. Ion-Selective Electrodes. Cambridge Core. URL: <https://www.cambridge.org/core/books/ionselective-electrodes/DAF033B21D79F4DBA4F47FEB0D0D5780> (дата звернення: 08.05.2024).
52. Іонселективні електроди. URL: [https://vuzlit.com/728508/yonselektivni\\_elektrodi](https://vuzlit.com/728508/yonselektivni_elektrodi) (дата звернення 08.04.2023)
53. Пряма потенціометрія. URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/23901> (дата звернення 08.04.2023)
54. Класифікація іонселективних електродів. URL: <https://studfile.net/preview/1905481/page:66/> (дата звернення 01.04.2023)
55. Визначення фтору потенціометричним методом. URL: [https://chem.teset.sumdu.edu.ua/media/documents/Lab\\_zh\\_OHT.pdf](https://chem.teset.sumdu.edu.ua/media/documents/Lab_zh_OHT.pdf) (дата звернення 10.04.2023)
56. ПС ЛІГА:ЗАКОН - система пошуку, аналізу та моніторингу нормативно-правової бази. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MOZ4153> (дата звернення: 27.04.2024).
57. Матвійчук В.О., Воробйова І.Г. Оцінювання хімічного забруднення фторидами ґрунтів Сумського регіону. Сучасні технології у промисловому виробництві: зб. матеріалів доп. учасн. XI Всеукр. наук-техн. конф.(м. Суми, 23–26 квітня, 2024.) Суми,2024.С. 47.

## ДОДАТОК А

### ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА РОБОТИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

1. Необхідно дотримувати чистоту, тишу, порядок, а також точність при виконанні роботи.
2. Не пити воду з хімічного посуду, не їсти, не пробувати речовину на смак.
3. Не залишати без догляду прилад, що працює або розпочатий дослід.
4. Не виливати у раковину залишки кислот, лугів, вогнебезпечних та отруйних рідин, а також кидати папір, пісок та інші тверді залишки.
5. Не можна нагрівати закупорені посудини або апарати, крім спеціально призначених для такого процесу.
6. Працювати в лабораторії дозволяється тільки в спеціальному одязі.
7. Необхідно чітко дотримуватися правил роботи і зберігання легкозаймистих, отруйних та шкідливих речовин.
8. Легкозаймісті рідини нагрівати тільки на водяній бані або на плитці із закритою спіраллю.
9. З отруйними та шкідливими речовинами працювати тільки у - ви тяжкій шафі.
10. Якщо відібрано занадто багато реактиву, то його висипають або виливають у новий чистий посуд, роблять на ньому напис і використовують надалі.
11. Не можна плутати корки від посуду з різними реактивами, також берегти реактиви без корків або кришок. Розкривати закритий посуд з реактивами треба обережно, щоб у середину не потрапили парафін і бруд із корка.
12. Не можна брати реактиви руками.

13. Під час роботи з порошкуватими реактивами необхідно використовувати пластмасові або фарфорові ложечки, совочки, лопаточки. Якщо реактив треба помістити у пробірку, то його прямо з банки можна зачерпнути чистою сухою пробіркою. Пересипати порошки можна через лійку, зроблену з чистого листа білого паперу, целофану або пергаменту.

14. Переливати реактиви потрібно дуже акуратно. При переливанні у посудину з вузьким горлом необхідно користуватися лійкою. Набирати реактив піпеткою можна тільки за допомогою гумової груші.

15. Великі шматки сухого реактиву варто брати тигельними щипцями, шматки розтирають у ступці, дотримуючись запобіжних заходів.

16. При використанні реактиву, що зберігається в ампулі, спочатку на її вузькому кінці роблять надріз напилком, а потім, обгорнувши руки рушником, відламують кінець ампули.

17. Особливої обережності варто дотримуватися при розчиненні кислоти у воді. Завжди слід наливати кислоту у воду, а не навпаки.

18. Працюючи з металічним натрієм чи калієм, сухими лугами, а також з вакуумом, обов'язково користуватися захисними окулярами. Металічний натрій або калій брати лише пінцетом або щипцями і працювати з цими речовинами на значній відстані від води. Обрізки цих металів не можна кидати у раковини або ящик для сміття.

19. Після закінчення роботи необхідно вимити та висушити посуд, прибрати робоче місце, провітрити приміщення, відключити всі нагрівальні та освітлювальні прилади, закрутити водопровідні та газові крани.

20. Категорично забороняється працювати в лабораторії одному.

21. Категорично забороняється залишати брудний посуд та неприбране робоче місце.

22. Виходячи з лабораторії, обов'язково перевірте, чи виключені газ, вода, електроенергія.