



**ВАЖКІ МЕТАЛИ
У КОМПОНЕНТАХ НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА М. МАРІУПОЛЬ
(ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ АСПЕКТИ)**





NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF GEOGRAPHY
M.P. SEMENENKO INSTITUTE OF GEOCHEMISTRY,
MINERALOGY AND ORE FORMATION
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY

S.P. KARMAZYNENKO, I.V. KURAEVA,
A.I. SAMCHUK, I.U. VOITIUK, V.I. MANICHEV

HEAVY METALS
IN THE COMPONENTS OF THE
ENVIRONMENT MARIUPOL CITY
(ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASPECTS)

KYIV — 2014

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОГРАФІЇ
ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ, МІНЕРАЛОГІЇ ТА РУДОУТВОРЕННЯ
ІМ. М.П. СЕМЕНЕНКА
ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

С.П. КАРМАЗИНЕНКО, І.В. КУРАЄВА,
А.І. САМЧУК, Ю.Ю. ВОЙТЮК, В.Й. МАНІЧЕВ

ВАЖКІ МЕТАЛИ
У КОМПОНЕНТАХ НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА М. МАРІУПОЛЬ
(ЕКОЛОГО–ГЕОХІМІЧНІ АСПЕКТИ)

КИЇВ — 2014

УДК 504.064.3:(550.4:546.3–34)(477.62)

ББК 20.1

В 12

Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти) / С.П. Кармазиненко, І.В. Курасва, А.І. Самчук, Ю.Ю. Войтюк, В.Й. Манічев. — К.: Інтерсервіс, 2014. — 168 с.: [32] с. кол. іл.: іл.

Монографію присвячено еколого-геохімічним дослідженням окремих компонентів навколишнього природного середовища (грунтів, рослинності, донних відкладів) м. Маріуполь щодо їх забрудненості важкими металами. У науковому виданні: визначено поняття «навколишнє середовище міста», його основні компоненти; розглянуто історію досліджень, поняття, властивості та екотоксикологічний вплив важких металів на окремі компоненти довкілля; проаналізовано основні джерела забруднення навколишнього середовища міста і його екологічні проблеми; схарактеризовано особливості мікоморфологічного, мінералогічного, спектрального, атомно-абсорбційного аналізів, методик визначення форм знаходження важких металів, оцінки аерогенного забруднення та біогеохімічних досліджень; розроблено загальний алгоритм еколого-геохімічних досліджень ґрунтів та відкладів з використанням результатів мікоморфологічного, мінералогічного, спектрального і атомно-абсорбційного аналізів; наведено результати еколого-геохімічних досліджень ґрунтів, рослинності і донних відкладів (мікоморфологічний і мінералогічний аналізи використано для з'ясування і уточнення генезису ґрунтів; отримано дані спектрального, атомно-абсорбційного аналізів та інших методик — визначення вмісту і закономірностей розподілу важких металів); запропоновано заходи щодо зменшення вмісту важких металів у ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища.

Для екологів, геохіміків, геологів, ґрунтознавців, студентів вищих навчальних закладів.

This monograph is devoted to ecological and geochemical studying of individual components of the environment (soil, vegetation, bottom sediments) in Mariupol city from the viewpoint of contamination with heavy metals. In a scientific publication the concepts of «environment of the city» and its main components are determined; the history of scientific research, the main terms, properties and ecotoxicological impact of heavy metals on the individual components of the environment are considered; the main sources of pollution in the city and environmental problems related with it are analyzed; the features of micromorphological, mineralogical, spectral, atomic absorption analysis, methods of determination of the forms of heavy metals, assessment aerogenic pollution and biogeochemical research are characterized; a general algorithm for sequence ecological and geochemical studies of soils and sediments using the results of micromorphological, mineralogical and spectral analysis is created; the results of ecological and geochemical studies of soils, vegetation and bottom sediments are shown (micromorphological and mineralogical analysis were used for definition genesis of soils, results of spectral analysis and atomic absorption spectroscopy were used for estimation of heavy metals concentration and regularities of their spatial distribution); the activity for reducing of heavy metals concentration in soils and other environmental components is proposed.

For environmentalists, geochemists, geologists, soil scientists, students of higher educational institutions.

Відповідальні редактори:

член-кореспондент НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук О.Ю. МИТРОПОЛЬСЬКИЙ,
член-кореспондент НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук Е.Я. ЖОВИНСЬКИЙ

Рецензенти:

доктор геолого-мінералогічних наук, професор Л.С. ГАЛЕЦЬКИЙ,
доктор геолого-мінералогічних наук, академік УЕАН Б.О. ГОРЛИЦЬКИЙ,
доктор географічних наук, професор Ж.М. МАТВІЙШИНА,
доктор геолого-мінералогічних наук, професор Д.М. ХРУЦОВ

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (протокол № 7 від 4 липня 2014 р.)

ISBN 978–966–02–7271–2

Навколишнє середовище (англ. environment, нім. umwelt, тобто зовнішній світ, укр. довкілля) — середовище життя і діяльності людини. Середовище, що оточує людину, середовище її життя і виробничої діяльності, природний і створений людиною матеріальний світ (Екологічна..., 2007). Довкілля охоплює компоненти природи (навколишнє природне середовище), власне людину і наслідки її діяльності. Природа не має сенсу поза людською діяльністю. Відповідно соціальні відносини і спосіб виробництва перетворюють природу на довкілля, продукуючи його різні типи (урбанізований, руризований, техногенний, соціокультурний тощо). Нині, коли світ, створений людиною, стає співрозмірним світові природи, а наслідки її господарської діяльності набувають планетарних масштабів і призводять до його забруднення, виникає потреба у глибшому усвідомленні залежності природи від людини, а людини від природи та постійної гармонізації їхньої взаємодії (Екологічна..., 2006).

Забруднення — 1) надходження до природного середовища або утворення в ньому твердих, рідких, газоподібних речовин, мікроорганізмів або енергій у кількості, що зумовлює зміну складу і властивостей компонентів природи і є шкідливою для людини, флори і фауни; 2) збільшення концентрації фізичних, хімічних, біологічних чи абіотичних агентів у навколишньому середовищі, що може спричинювати негативні наслідки (Екологічна..., 2007).

Забруднення навколишнього середовища є результатом антропогенної діяльності людини і знаходиться в прямій залежності від розвитку певних галузей промисловості та сільського господарства країни. Ґрунти та інші компоненти природного середовища України є забрудненими різними хімічними речовинами, токсикантами, відходами сільського господарства і промислового виробництва, комунально-побутових підприємств та іншими поллютантами. З низки численних забруднювачів пріоритетними вважаються важкі метали (ВМ) техногенне накопичення яких у навколишньому середовищі йде високими темпами. Компоненти довкілля (ґрунти, рослинність, донні відклади) за своїми властивостями є депонуючими середовищами для поллютантів, тому їх катастрофічний стан у зв'язку з накопиченням шкідливих речовин вимагає невідкладних науково-аргументованих за-

ходів, спрямованих на поліпшення їх екологічного стану. Саме тому вирішення проблем забруднення і охорони навколишнього середовища набули на сьогоднішній день особливо важливого, актуального значення.

Місто Маріуполь Донецької області є одним з найбільш забруднених різними поллютантами в Україні і займає одне з перших місць в державі за об'ємами викидів шкідливих речовин промисловими підприємствами, а за рейтингом Держкомстату займає друге місце після м. Кривого Рогу за критичністю екологічного стану довкілля. Навколишнє середовище м. Маріуполь зазнає значного промислового навантаження, що викликає необхідність проведення еколого-геохімічних досліджень з метою оцінки забрудненості довкілля ВМ та розробки пропозицій щодо зменшення їх вмісту у сучасних ґрунтах та інших його компонентах.

Екологічна геохімія як напрямок геохімії досліджує процеси, які відбуваються з хімічними елементами (у тому числі ВМ) та їхніми сполуками у біосфері та в екосистемах, і вплив цих процесів на речовинний склад навколишнього середовища та його якість як середовища існування живих організмів. *Основними завданнями цього напрямку є:* встановлення асоціацій, концентрацій і форм знаходження хімічних елементів у природних об'єктах, відходах господарської і побутової діяльності людини, в засобах хімізації сільського господарства тощо; виявлення ділянок і шляхів надходження хімічних елементів у навколишнє середовище та вибіркового поглинання і концентрації організмами, в тому числі по трофічних ланцюгах; оцінювання рівнів метаболізму; визначення потреб організмів у певних хімічних елементах (мікроелементах) та їхніх сполуках; встановлення ступеня небезпеки для людей і біоти, пов'язаної з хімічним і радіоактивним забрудненням навколишнього середовища та ін. Значна увага при еколого-геохімічних дослідженнях приділяється міграції хімічних елементів, що відбувається у біосфері під впливом антропогенних процесів. Результати еколого-геохімічних досліджень є основою для розробки практичних рекомендацій щодо раціонального природокористування, охорони навколишнього середовища, підвищення екологічної стійкості екосистем і створення екологічно безпечного середовища життєдіяльності

людини (Абалаков, 2007; Алексеенко, 2000; Екологічна..., 2006).

Еколого-геохімічні дослідження сучасних компонентів довкілля (ґрунтів, рослинності, донних відкладів) м. Маріуполь були проведені у рамках виконання Гранту Президента України для обдарованої молоді «Дослідження давніх і сучасних ґрунтів як індикаторів змін екологічного стану навколишнього природного середовища» (2012 р.).

Внаслідок проведених досліджень авторами отримано нові дані щодо вмісту ВМ, закономірностей їх розподілу і форм знаходження у сучасних ґрунтах, донних відкладах, рослинності та інших компонентах навколишнього природного середовища м. Маріуполь, які знаходяться під техногенним навантаженням в основному підприємств чорної металургії (комбінатів «ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь»). Мікроморфологічний аналіз був використаний для з'ясування генезису сучасних ґрунтів і відкладів. Результати еколого-геохімічних досліджень дали змогу оцінити рівень забрудненості ВМ, виділити території з їх аномальними значеннями, виявити їх вплив на навколишнє середовище і на людину та запропонувати заходи щодо зниження вмісту полутантів, захисту і реабілітації компонентів навколишнього природного середовища та довкілля м. Маріуполь загалом.

Монографія складається із чотирьох розділів, в яких детально схарактеризовано:

➤ поняття про «навколишнє середовище міста», його основні компоненти; властивості та екотоксикологічний вплив ВМ на ґрунти, рослини, тварин і людину; історію еколого-геохімічних досліджень; основні джерела забруднення навколишнього середовища м. Маріуполь та його основні екологічні проблеми;

➤ особливості мікроморфологічного, мінералогічного, спектрального, атомно-абсорбційного аналізів, методик визначення форм знаходження ВМ, оцінки аерогенного забруднення та біогеохімічних досліджень; розроблено загальний алгоритм еколого-геохімічних досліджень з використанням результатів мікроморфологічного, мінералогічного, спектрального і атомно-абсорбційного аналізів сучасних міських ґрунтів та відкладів;

➤ результати еколого-геохімічних досліджень для з'ясування генезису ґрунтів і відкладів (мікроморфологічний і мінералогічний аналізи) та оцінки

вмісту і закономірностей розподілу ВМ у компонентах довкілля (ґрунтах, рослинності, донних відкладах) м. Маріуполь (дані спектрального, атомно-абсорбційного аналізів та інших методик);

➤ пропозиції щодо зменшення вмісту ВМ у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь.

Автори монографії висловлюють свою щирю вдячність всім тим, хто сприяв і допомагав у зборі та обробці матеріалів для написання цієї роботи. Відповідальним редакторам членам-кореспондентам НАН України, докторам геолого-мінералогічних наук О.Ю. Митропольському і Е.Я. Жовинському. Рецензентам: докторам геолого-мінералогічних наук, професорам Л.С. Галицькому, Д.М. Хрущову; академіку УЕАН, доктору геолого-мінералогічних наук Б.О. Горлицькому; доктору географічних наук, професору Ж.М. Матвішиній. Співробітникам Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України: відділу пошукової та екологічної геохімії — доктору геологічних наук Н.О. Крюченко (наукові консультації); відділу геохімії техногенних металів та аналітичної хімії — науковому співробітнику О.П. Красюк, провідним інженерам А.Г. Котько, Т.К. Кокот (допомога у виконанні хімічних аналізів); шліфувальної лабораторії відділу геохімії ізотопів і мас-спектрометрії — техніку М.М. Кучериній (виготовлено 48 шліфів для мікроморфологічного і мінералогічного аналізів); лабораторії спектрального аналізу відділу оптичної спектроскопії і люмінесценції мінералів — інженеру II категорії Е.П. Кулішовій, провідному інженеру А.Я. Таращан (оброблено 224 зразки для отримання вмісту 33 хімічних елементів). Колишньому співробітнику Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України, кандидату біологічних наук С.В. Олішевській (проведено мікробіологічні дослідження ґрунтів і відкладів: виділено та ідентифіковано 61 штам, 27 видів і 15 родів мікроскопічних грибів). Співробітнику Інституту географії НАН України молодшому науковому співробітнику відділу палеогеографії, кандидату географічних наук О.В. Маціборі (побудовано 14 картосхем: 12 латерального розподілу ВМ і 2 — сумарного показника забруднення ґрунтового покриву міста). Молодим археологам І. Ткаченко і І. Мурашко (участь у проведенні польових досліджень).

1. ІСТОРІЯ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА НАДХОДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ М. МАРІУПОЛЬ

Проведений огляд літературних даних дав змогу: визначити поняття «навколишнє середовище міста» і схарактеризувати основні його компоненти; проаналізувати властивості та екоотоксикологічний вплив ВМ на ґрунти, рослини, тварин і людину;

висвітлити історію еколого-геохімічних досліджень; описати основні джерела забруднення навколишнього середовища м. Маріуполь і навести його основні екологічні проблеми.

1.1. Визначення поняття «навколишнє середовище міста», його основні компоненти

Місто — складна динамічна система, що характеризується різноманітними внутрішніми і зовнішніми зв'язками природного, технічного, соціального походження. Як складну систему місто можна представити у вигляді динамічного взаємодіючого поєднання двох субсистем — природної і антропогенної, які в свою чергу, підрозділяються на ряд взаємодіючих підсистем: природна — на геосистему, гідросистему, аеросистему і біосистему; антропогенна — на підсистеми виробничу, містобудівельну, інфраструктурну. Міста є предметом вивчення урбоекології — комплекс містобудівельних, медико-біологічних, географічних, соціальних, економічних і технічних наук, які в рамках екології людини вивчають взаємодію виробничої і невиробничої діяльності людей з навколишнім природним середовищем на території населених міст та їх систем (Владимиров, 1999).

Місто, як феномен соціально-економічної активності людини, є разом з тим і специфічним середовищем його проживання. Воно включає всі зовнішні по відношенню до людини чи суспільства об'єкти, що забезпечують умови його існування і мають на нього той чи інший вплив. Термін «навколишнє середовище» прийнято застосовувати тільки по відношенню до людини або людського суспільства. Стосовно до інших організмів використовують поняття «зовнішнє середовище», «середовище проживання» (Екологія..., 2000).

Навколишнє середовище міста (синоніми — *міське середовище, урбанізоване середовище*) — це частина географічної оболонки (глобального середовища проживання людини і всіх інших живих організмів), обмежене територією, зайнятою містом, його передмістями і пов'язаними з ними інженерними та транспортними спорудами. Міське середо-

вище включає в себе природні і штучні компоненти, а також людей та їх соціальні групи (Екологія..., 2000).

Природні компоненти представлені фізичними тілами і полями, які є об'єктами фізичного середовища проживання, і відмінними від людини живими організмами, які є об'єктами біотичного середовища проживання. У свою чергу, *фізичне (абіотичне) середовище проживання* поділяється на повітряне, водне і геологічне (Екологія..., 2000).

Штучні компоненти — це фізичні або духовні об'єкти: предмети, засоби і результати діяльності людини як пізнавальної субстанції. Сюди відносяться не тільки житлові приміщення, виробничі, ділові та культові будівлі, споруди, системи комунікацій і життєзабезпечення, знаряддя виробництва та предмети домашнього вжитку, технічні засоби пересування, енергоносії та харчові продукти, а також відходи виробництва та життєдіяльності (об'єкти *штучного техногенного середовища*), але і об'єкти *духовно-культурного середовища* — результати прояву людського духу, які виражені в матеріальній формі (книги, твори живопису, музики, скульптури, архітектури, драматургії, фото-, кінематографії тощо), так й не існуючі у речовій формі (ідеї, знаки). Всі об'єкти штучного середовища людини, що існують в речовій формі, є результатами перетворення об'єктів природного середовища. Останні, в свою чергу, також взаємодіють з об'єктами штучного середовища проживання людини. Нарешті, *люди*, які об'єднані у статеві, психологічні, соціальні, професійні та етнокультурні групи, також є компонентами міського середовища і складають *соціально-психологічне середовище проживання* (Екологія..., 2000).

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Таким чином, міське середовище поділяється на (1) фізичне (абіотичне), (2) біотичне, (3) штучне технічне, (4) штучне духовно-культурне та (5) соціально-психологічне (рис. 1).

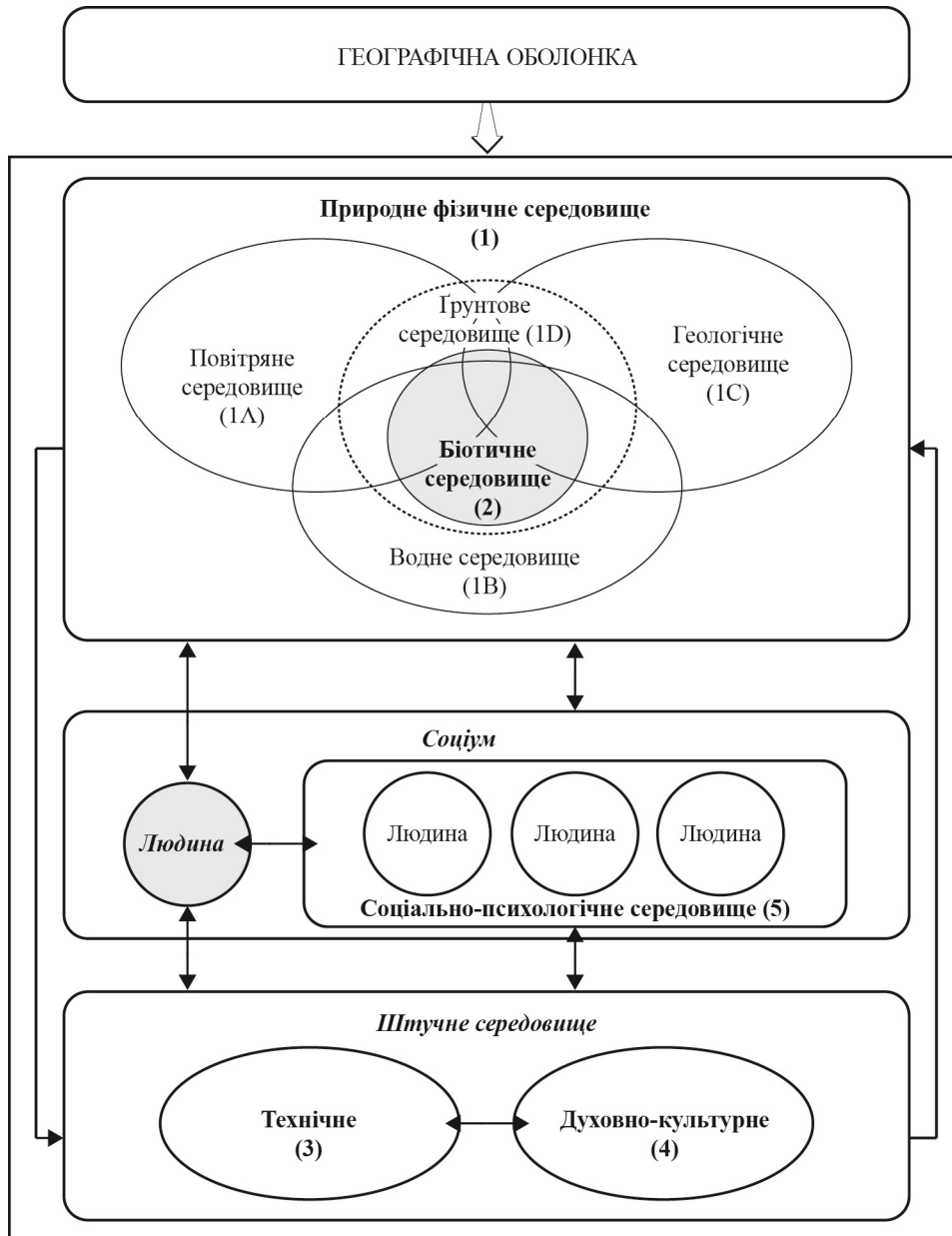


Рис. 1. Навколишнє середовище міста (Екологія..., 2000)

Окремо слід зупинитись на характеристиці міських ґрунтів, які були основним об'єктом наших еколого-геохімічних досліджень на території м. Маріуполь.

Міські ґрунти — це не ґрунти з точки зору класичного докучаєвського ґрунтознавства. Ці відклади є предметом вивчення інженер-геологів. У кращому випадку у місті ґрунти поширені тільки у парках і міських лісах — і тільки там місце для праці ґрунтознавцям. Міські ґрунти — це ґрунти, які не завжди можна визначити з традиційних ґрунтово-генетичних позицій, так як провідним фактором

ґрунтоутворення у населених пунктах, і перш за все у містах, є антропогенний фактор (Герасимова и др., 2003).

Міські ґрунти є біокосною багатофазною системою, яка складається із твердої, рідкої і газової фаз, з обов'язковою участю живої матерії; вони виконують певні екологічні функції (табл. 1, рис. 2). Ґрунти у місті «живуть» і розвиваються під дією таких самих факторів ґрунтоутворення, що і природні, але антропогенний фактор тут є визначальним (Герасимова и др., 2003; Екологія..., 2008).

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

У широкому розумінні *міські ґрунти* — це будь-які ґрунти, що функціонують у навколишньому середовищі міста. У вузькому розумінні — специфічні ґрунти, сформовані діяльністю людини у місті.

Міські ґрунти — це антропогенно-змінені ґрунти, які мають створений у результаті людської дія-

льності поверхневий шар потужністю понад 50 см, отриманий перемішуванням, насипанням, похованням або забрудненням матеріалу урбаногенного походження, у тому числі будівельно-побутовим сміттям (Герасимова и др., 2003).

Таблиця 1

Екологічні функції міських ґрунтів (Добровольський, 1997б)

Вплив на компоненти урбоекосистеми			
Вода	Ґрунт	Повітря	Біота
1. Переведення поверхневих стічних вод у ґрунтові та їх очищення 2. Захисний сорбційний бар'єр від забруднення річкових вод і водойм	1. Захисний бар'єр від вертикального проникнення хімічного і біологічного забруднення 2. Біогеохімічне перетворення ґрунтів, сміття і сміттєзвалищ	1. Газопоглинаючий бар'єр антропогенних газових домішок: від автотранспорту, теплових електроцентралей, заводів 2. Регулювання газового складу атмосфери та її очищення (виділення і поглинання ґрунтом газів)	1. Середовище мешкання макро-, мезо-, мікробіоти 2. Основа біопродуктивності 3. Санітарний бар'єр

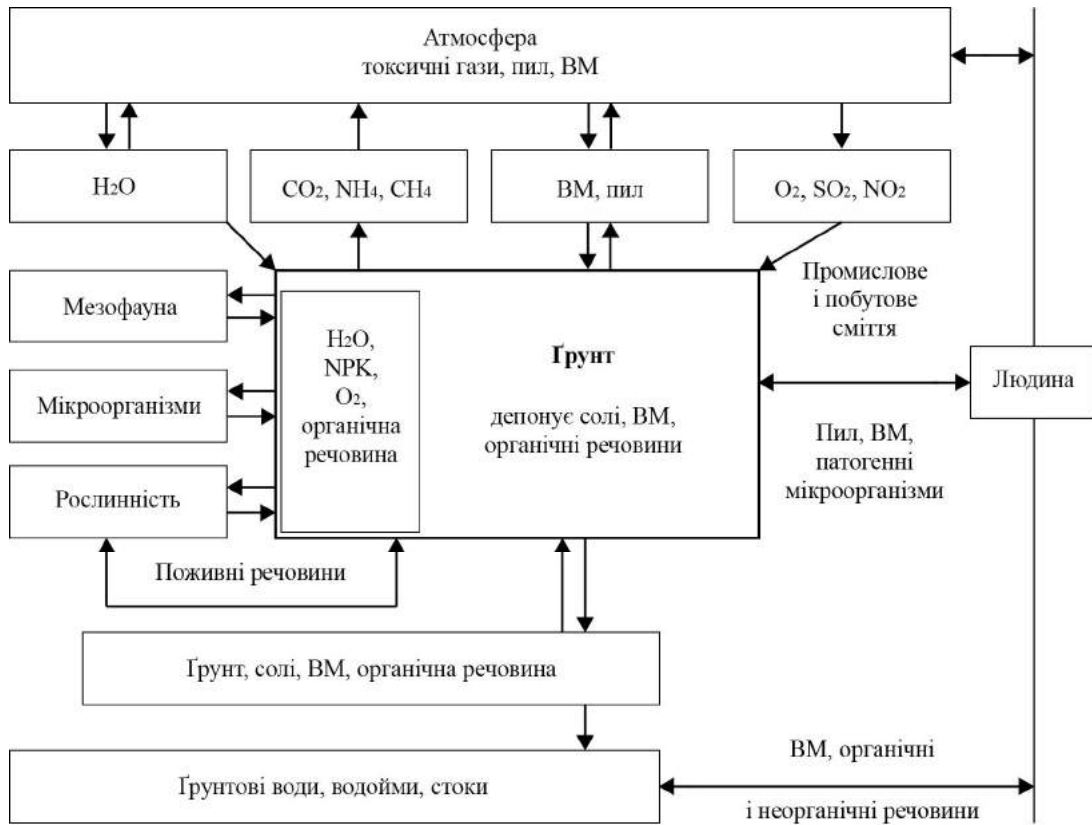


Рис. 2. Значення ґрунтів у міських екосистемах (Добровольський, 1997)

Міські ґрунти, визначаються такими загальними рисами:

- материнська порода — насипні, намівні, або перемішані ґрунти, або культурний шар;
- включення будівельного і побутового сміття у верхніх горизонтах;
- нейтральна або лужна реакція;
- висока забрудненість VM, нафтопродуктами та іншими поллютантами;

➤ особливі фізико-механічні властивості ґрунтів (понижена вологоємність, підвищена об'ємна маса, ущільненість, кам'янистість);

➤ ріст профілю за рахунок постійного привнесення різних матеріалів та інтенсивного еолового напilenня.

Головними функціями міських ґрунтів є (Герасимова и др., 2003):

- продуктивність, тобто придатність для росту зелених насаджень;

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

- здатність сорбувати у товщі забруднюючі речовини;
- здатність утримувати їх від проникнення у ґрунтові води;
- здатність перешкоджати надходженню мулистопилуватих частинок у міське повітря.

Відмінною ознакою міських ґрунтів, є наявність характерного діагностичного горизонту «урбік» (від слова urbanus — місто). Горизонт «урбік» — специфічний, поверхневий органо-мінеральний, насипний, перемішаний горизонт, з урбоантропогенними включеннями (понад 5 % будівельно-побутового сміття, промислових відходів), потужністю понад 5 см (Герасимова и др., 2003).

Територія будь-якого міста представлена: 1) відкритими, частково озелениними територіями і

2) закритими забудованими і заасфальтованими. Поверхневі тіла першого типу територій розділяються на групи ґрунтів природних непорушених, природно-антропогенних поверхнево-перетворених (природних порушених), антропогенних глибоко перетворених ґрунтів — урбаноземів і штучно створених ґрунтоподібних утворень — техноземів, а також на відкритих поверхнях міста залягають неґрунтові утворення — насипні, перемішані, наливні, техногенні і природні ґрунти. На заасфальтованих територіях другого типу під асфальтобетонним або іншим дорожнім покриттям формується особлива група тіл — ґрунти «екраноземи» і запаковані ґрунти. Систематика міських ґрунтів наведена у табл. 2 (Герасимова и др., 2003).

Таблиця 2

Систематика поверхневих тіл міських територій (Герасимова и др., 2003)

<i>Відкриті не запаковані території</i>					
Ґрунти			Ґрунтоподібні тіла		Ґрунти
Природні з ознаками урбогенезу	Антропогенно-перетворені		Штучно створені сконструйовані		
	Поверхнево-перетворені	Глибоко-перетворені			
	Урбо-ґрунти	Урбаноземи		Технозем	
	фізично	хімічно			
Підзолистий, алювіальний, примітивний дерновий на пісках тощо	Уробопідзолистий, урбоалювіальний тощо	Урбанозем, культурозем, некрозем	Інтрузем, індустрізем	Реплантозем, конструкторозем	Ґрунт природний (насипний, наливний, перемішаний і т. д.)
<i>Закриті запаковані території</i>					
Ґрунти і ґрунтоподібні тіла		Ґрунти штучні і природні		Забудовані	
Під асфальтобетонним та іншим дорожнім покриттям					
Екранозем		Запакований ґрунт			
по: природному ґрунту урбо-ґрунту урбанозему технозему		Запаковані абраліти, петроліти, стратоліти, руделіти і т. д.			
Під фундаментами будинків і споруд					

Природні непорушені ґрунти з ознаками урбогенезу зберігають нормальне залягання горизонтів природних ґрунтів (Герасимова и др., 2003). На території м. Маріуполь це переважно малогумусні чорноземи звичайні і приазовські (виділяються у межах чорноземів звичайних (Махов, 1930)) на лесових породах, з урбаногенними ознаками. У місті також поширені й інші типи антропогенно-змінених ґрунтів і ґрунтоподібних тіл. Для цілісності уявлення про міські ґрунти, зробимо їх коротку характеристику.

Антропогенно-поверхнево-перетворені природні ґрунти (урбо-ґрунти) поєднують горизонт «урбік» потужністю менше 50 см і непорушені середню і нижню частини профілю. Ґрунти зберігають типо-

ву назву з приставкою «урбо» (урбодерновий, урбопідзолистий і т. д.).

Антропогенно-глибоко-перетворені ґрунти утворюють групу власне міських ґрунтів — урбаноземів, в яких урбіковий горизонт має потужність більше 50 см. Ґрунти формуються на культурному шарі або на насипних, наливних і перемішаних ґрунтах. Урбаноземи поділяються на дві підгрупи:

1. Механічно (або фізично) перетворені ґрунти, в яких відбулася фізико-хімічна перебудова профілю:

- урбаноземи (власне) — генетично самостійні ґрунти, які володіють як ознаками зональних педогенних процесів, так і специфічними властивостями; ґрунтовий профіль складається із одного або декількох підгоризон-

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

тів урбик U1, U2 і т. д., утворених із своєрідного пилювато-гумусного субстрату різної потужності і якості з домішкою міського сміття; формуються на ґрунтах різного походження і на культурному шарі, інколи урбик підстилається непроникним матеріалом (асфальтом, фундаментом, бетонними плитами, комунікаціями); профіль характеризується відсутністю природних генетичних горизонтів до глибини 50 см і більше; відзначаються підвищеною щербистістю, карбонатністю, безструктурністю, переущільненістю і великою твердістю поверхневих шарів, що негативно впливає на їх водно-фізичні властивості;

➤ *культуроземи* (агроурбаноземи) — міські ґрунти фруктових і ботанічних садів, старих городів; характеризуються великою потужністю гумусового горизонту, наявністю перегнійно-торфо-компостних шарів потужністю понад 50 см, які розвиваються на нижній ілювіальній частині ґрунтового профілю, на культурному шарі або на ґрунтах різного походження;

➤ *некроземи* — ґрунти, які входять в комплекс ґрунтів міських кладовищ; глибина перемішаності профілю понад 200 см.

2. Хімічно перетворені ґрунти, в яких відбулися значні хомогенні зміни властивостей і будови профілю за рахунок інтенсивного хімічного забруднення як повітряним, так і рідинним шляхом:

➤ *індустріземи* — ґрунти промислово-комунальних зон, сильно техногенно-забруднені ВМ та іншими токсичними речовинами, ступінь забруднення досягає величин, надзвичайно небезпечних за прийнятими нормативами; хімічне забруднення змінює властивості ґрунтового-поглинаючого комплексу ґрунтів, максимально скорочує різноманіття ґрунтової біоти, часто робить ґрунт майже абіотичним; ґрунти можуть бути ущільненими, безструктурними, з включеннями токсичного не ґрунтового матеріалу об'ємом понад 20 %;

➤ *інтруземи* — ґрунти формуються у місцях, де в результаті аварій транспортних систем або внаслідок безгосподарської діяльності людини через мостові бензо-заправочні станції і автомобільні стоянки у ґрунти постійно проникають нафтопродукти (масло, мазут, бензин); тобто, це ґрунти, перекриті з поверхні або просочені у профілі органічними масляно-бензиновими рідинами.

Ґрунтоподібні тіла — «Техноземи».

Техноземи розрізняються за якісним складом, потужністю і властивостям насипного органічно-гумусованого, перегнійного, торфо-компостного) шару, складу і властивостями насипних одношарових або багатшарових ґрунтів. Вони підрозділяються на:

➤ *реплантоземи* — ґрунти, які складаються із малопотужного гумусового шару, шару торфо-компостної

суміші або шару органічно-мінеральної речовини, нанесених на поверхню рекультивованої породи із суміші насипних або інших природних і техногенних ґрунтів; формуються в основному у районах міських промислових і селітебних новобудов, на нових газонах;

➤ *конструктоземи* — штучно цілеспрямовано створювані ґрунти—ґрунти шляхом конструювання (створення) профілю подібного до природного ґрунту; складаються із серії шарів ґрунту різного гранулометричного складу та походження, а також родючого гумусованого шару.

Крім цих ґрунтоподібних поверхневих утворень, у містах поширені ділянки з безгумусовими *природними* (насипні, перемішані, намивні, кар'єрні виїмки і т. д.) і *техногенними* (шлаки, золи, промислові відходи та ін.) *відкритими ґрунтами*, а також території муніципальних сміттєвих звалищ із слабкогумусованими або негумусованими мінеральними ґрунтами, які частково задерновані.

Техногенні ґрунти промислового і міського походження, які не зустрічаються в природі, представлені інертними і токсичними відходами промислового виробництва (шлаки, золи, горіла земля, мулісті відклади зі станцій аерації і т. д.) і твердими побутовими відходами міських звалищ.

При сучасному містобудівництві до 70—90 % території міст закрито асфальтобетоном та іншим дорожнім покриттям, а також спорудами і забудовами. Виділяється окрема група ґрунтів, запованих під дорожніми асфальтобетонним і кам'яним покриттями, — *екраноземи, екрановані ґрунти*. Ґрунти суттєво ущільнені, у них змінюється водний, тепловий і газовий режими; мікробіота функціонує в основному за анаеробним типом; не відбувається надходження речовин ззовні (у звичайних умовах міський ґрунт «росте вгору» із-за підсіпки ґрунту і осадження пилу із атмосфери); при укладці покриття може бути зруйнована верхня частина профілю.

При дорожньому будівництві часто відбувається зрізання ґрунтового профілю до ґрунтів і/або наступне накладання нового матеріалу і дорожнього покриття. В цьому випадку виділяється група *«заповані ґрунти»*.

Отже, на території кожного міста поширені наступні ґрунтові утворення:

- природні ґрунти з урбаногенними ознаками;
- ембріоземи — молоді слабкорозвинуті ґрунти з профілем АС;

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

- природні поверхнево–перетворені ґрунти — урбо–ґрунти, які пройшли складну природно-антропогенну еволюцію і в різній степені порушені урбопедогенезом;
 - ґрунти глибоко–перетворені у результаті механічних або хімічних порушень, в тому числі і хімічно перетворені — урбаноземи;
 - штучно створені, сконструйовані із насипних або намивних ґрунтів ґрунтоподібні тіла — техноземи;
 - на відкритих територіях міста залягають неґрунтові утворення — насипні, перемішані, намивні, техногенні і природні ґрунти.
 - на заасфальтованих територіях під асфальтобетоном або іншим дорожнім покриттям формується особлива група тіл — «екраноземи» і запаковані ґрунти.
- Отже, на території великих міст і зокрема м. Маріуполь переважають урбаноземи, а в районах

новобудов і будівельних площадок урботехноземи, але поряд з ними у місті виділяються і природні ґрунти з ознаками урбопедогенезу. *Ці міські ґрунти і були об'єктами наших досліджень.*

Таким чином, у містах антропогенний фактор ґрунтоутворення переважає над природним, що призводить до формування специфічних типів ґрунтів і ґрунтоподібних тіл. Міські ґрунти створені постійно протікаючими процесами перемішування, насипання, поховання і/або забруднення ґрунтів і відкладів урбаногенним матеріалом (Герасимова и др., 2003).

1.2. Важкі метали: поняття, властивості, екотоксикологія

Не дивлячись на те, що термін «*важкі метали*» (ВМ) широко використовується в науковій літературі, чіткого його визначення немає, тому спершу розглянемо які метали відносяться до цієї категорії. В якості критеріїв належності хімічних елементів до ВМ використовують багаточисельні характеристики: атомну вагу, густину, токсичність, розповсюдженість в природному середовищі, ступінь залучення в природні і техногенні цикли. При цьому не менш важливим показником при характеристиці ВМ є їх висока токсичність для живих організмів навіть у відносно низьких концентраціях.

За класифікацією М.Ф. Реймерса (1980), ВМ слід вважати хімічні елементи з густиною більше 8 г/см^3 : Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg. За Д.С. Орловим (1985, 2005) до ВМ відносяться хімічні елементи з атомною масою більше 50 (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi та ін.). У своїй роботі він приводить список із найбільш типових металів–забруднювачів: Pb, Cd, Hg, Zn, Mo, Ni, Co, Sn, Ti, Cu, W.

Важкі метали є основним об'єктом *екологічної геохімії* — наукової дисципліни, що досліджує поведінку (надходження, розсіювання, міграцію, концентрацію, трансформацію, біопоглинання) хімічних елементів в навколишньому середовищі (біосфері) у зв'язку з діяльністю (у самому широкому розумінні) людини (внаслідок прояву біогеохімічної функції людства) (Янин, 1999).

Основний об'єкт дослідження екологічної геохімії — хімічні елементи, специфіка поведінки яких визначається діяльністю людини або міграція яких здійснюється у середовищі, перетвореним діяльністю людини (Рябухін, 2001). *Предметом пізнання екологічної геохімії* є геохімічні процеси і взаємодія в навколишньому середовищі, обумовлені складним поєднанням природних, природно-техногенних і техногенних факторів, а також еколого-геохімічні наслідки таких процесів і взаємодій (Янин, 1999).

Важкі метали відносяться до пріоритетних забруднюючих речовин навколишнього середовища, спостереження за якими є обов'язковим у всіх його середовищах. За ступенем небезпеки ВМ поділяються на три класи (табл. 3) і на даний час займають друге місце, поступаючись пестицидам і значно випереджаючи такі широко відомі забруднювачі, як двоокис вуглецю і сірки. Біогеохімічні властивості ВМ та їх вміст різних об'єктах біосфери відображено у табл. 4, 5.

Важкі метали, як особлива група хімічних елементів, в геохімії виділяються через їх *токсичний (екотоксикологічний) вплив* на живі організми при високій їх концентрації. Серед ВМ багато мікроелементів, що є необхідними і незамінними компонентами біокатализаторів і біорегуляторів найважливіших фізіологічних процесів. Проте надмірний вміст ВМ у різних об'єктах біосфери чинить приг-

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

нічуючу і навіть токсичну дію на живі організми (Вальков и др., 2004а).

Таблиця 3

Класи забруднюючих речовин за ступенем їх небезпеки (Вальков и др., 2004а; Охрана..., 1983)

№	Класи	Хімічні елементи
I	Високо небезпечні	Hg, Cd, Pb, Zn, As, Se, F
II	Помірно небезпечні	Cu, Co, Ni, Mo, Cr, B, Sb
III	Мало небезпечні	V, W, Mn, Sr, Ba

Таблиця 4

Біогеохімічні властивості ВМ (Алексеев, 1987б, 2008; Бычинский, Вашукевич, 2007; Водяницкий 2005, 2008, 2009, 2012)

Властивості	ВМ						
	Cd	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Біохімічна активність	В	В	В	В	В	В	В
Токсичність	В	П	П	В	П	В	П
Канцерогенність (здатність до мутацій)	—	В	—	—	В	—	—
Збагачення аерозолів	В	Н	В	В	Н	В	В
Мінеральна форма поширення	В	В	Н	В	Н	В	Н
Органічна форма поширення	В	В	В	В	В	В	В
Рухомість	В	Н	П	В	Н	В	П
Тенденція до біоконцентрування	В	В	П	В	В	В	П
Ефективність накопичення	В	П	В	В	П	В	В
Комплексоутворююча здатність	П	Н	В	П	Н	Н	В
Схильність до гідролізу	П	Н	В	П	П	П	В
Розчинність сполук	В	Н	В	В	Н	В	В
Час життя	В	В	В	Н	В	Н	В

Примітка: В — висока, П — помірна, Н — низька

Таблиця 5

Вміст ВМ у різних об'єктах біосфери, мг/кг сухої маси (Вальков и др., 2004а)

Хімічні елементи	Ґрунти	Прісні води	Морські води	Рослини	Тварини (м'язова тканина)
Mn	1000 (20—10000)	0,008	0,0002	0,3—1000	0,2—0,3
Zn	90 (1—900)	0,015	0,0049	1,4—600	240
Cu	30 (2—250)	0,003	0,00025	4—25	10
Co	8 (0,05—65)	0,0002	0,00002	0,01—4,6	0,005—1
Pb	35 (2—300)	0,003	0,00003	0,2—20	0,23—3,3
Cd	0,35 (0,01—2)	0,0001	—	0,05—0,9	0,14—3,2
Hg	0,06	0,0001	0,00003	0,005—0,02	0,02—0,7
As	6	0,0005	0,0037	0,02—7	0,007—0,09
Se	0,4 (0,01—12)	0,0002	0,0002	0,001—0,5	0,42—1,9
F	200	0,1	1,3	0,02—24	0,05
B	20 (2—270)	0,15	4,44	8—200	0,33—1
Mo	1,2 (0,1—40)	0,0005	0,01	0,03—5	0,02—0,07
Cr	70 (5—1500)	0,001	0,0003	0,016—14	0,002—0,84
Ni	50 (2—750)	0,0005	0,00058	0,02—4	1—2

Розглянемо екотоксикологічний вплив ВМ на ґрунти, їх мікробний ценоз, а також рослини, тварини і людину.

Вплив ВМ на ґрунти. Ґрунти виконують найважливіші функції у всіх наземних екосистемах, тому еколого-геохімічний стан ґрунтового покриву визначає стійкість біосфери Землі — необхідної умови виживання людства. Оскільки техногенне навантаження на ґрунти призводить до їх деградації та зниження бонітету (показників якості і продуктивності: гранулометричний склад, наявність гумусу, елементів живлення рослин, водний і тепловий ре-

жими; ступінь еродованості, засоленості, кислотності, солонцюватості, забрудненості та ін.), тому для збереження біосфери надзвичайно важливим є зберегти ґрунтовий покрив у задовільному стані. Особливо це стосується урбанізованих територій, де техногенне навантаження на ґрунти давно вже перевищило всі допустимі межі, що створює загрозу для здоров'я та життя населення.

Ґрунти є основним середовищем, у яке потрапляють ВМ, у тому числі із атмосфери, з поверхневим стоком, з підґрунтових порід і підземних вод. Вони служать джерелом вторинного забруднення

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

приземного повітря і водного середовища. Із ґрунтів ВМ засвоюються рослинами, які потім потрапляють у їжу більш високоорганізованим тваринам і людині. На поверхню ґрунтів ВМ поступають у різних формах. Це і оксиди, і різні солі, як розчинні, так і практично нерозчинні у воді (Вальков и др., 2004а).

Загалом, джерела надходження ВМ у ґрунти, поділяють на природні (вивітрювання гірських порід і мінералів, ерозійні процеси, вулканічна діяльність тощо) і техногенні (видобуток і переробка корисних копалин, спалювання палива, вплив автотранспорту, сільського господарства і т. д.). Такі території, де концентрація хімічних елементів вища

або нижча оптимального для живих організмів рівня, називають природними і техногенними аномаліями або біогеохімічними провінціями (Вальков и др., 2004а).

У нашому випадку ми маємо справу з техногенним впливом в основному підприємств чорної металургії м. Маріуполь на ґрунти та інші компоненти довкілля.

Важливим фактором, що впливає на властивості міських ґрунтів (табл. 6), є забрудненість їх ВМ, пестицидами, хлорорганічними сполуками та іншими токсикантами (Герасимова и др., 2003).

Таблиця 6

Можлива трансформація і деградація екологічних функцій міських ґрунтів (Герасимова и др., 2003; Добровольский, 1997б)

Природний ґрунт	Міський ґрунт
<i>Ґрунт — вода</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Переводить поверхневі стічні води у ґрунтові і очищає їх. 2. Створює захисний сорбційний бар'єр від забруднення річкових вод і водойм. 3. Змінює хімічний склад води. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вода минає ґрунт по асфальту або по ущільненій поверхні ґрунту, безпосередньо потрапляючи у річкову сітку. 2. Вода забруднюється, проходячи через ґрунт; виходить іншого складу (ВМ, токсичні речовини). 3. Сильно забруднений ґрунт не служить бар'єром від подальшого забруднення (заповнена сорбційна ємність). 4. Проходить додатковий приток води із водопровідної сітки (підтоплення, заболочування ґрунту).
<i>Ґрунт — ґрунт</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Є біогеохімічним бар'єром при вертикальній міграції хімічних речовин (хімічного і біологічного забруднення). 2. Здійснює біогеохімічне перетворення невеликих надходжень чужорідних матеріалів. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. У результаті надлишкового забруднення ґрунт перестає бути біогеохімічним бар'єром. 2. Геохімічний зв'язок (ґрунт — ґрунт) може бути відсутнім (ґрунт на комунікаційній сітці). 3. Ґрунт може бути джерелом біологічного і хімічного забруднення. 4. Може бути малоефективним як захисний бар'єр (насіпні піски з малородючим малопотужним шаром).
<i>Ґрунт — повітря</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Є газопоглинаючим бар'єром для антропогенних газових домішок, в тому числі від автотранспорту, теплових електростанцій, заводів. 2. Регулює газовий склад атмосфери та її очищення (виділяє і поглинає гази). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поглинає газові домішки, у тому числі від автотранспорту, заводів, теплових електростанцій. 2. Є джерелом пилових суспензій, забруднених ВМ. 3. При ущільненні ґрунту газообмін з атмосферою ускладнений. 4. Під асфальтом або щільною кіркою ґрунту утворюють ефект парника. 5. Можливий додатковий приток газів із комунікацій.
<i>Ґрунт — біота</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Представляє собою середовище мешкання макро-, мезо- і мікробіоти. 2. Служить основою біопродуктивності. 3. Є санітарним бар'єром. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Збіднюється середовище мешкання і відбувається послаблення складу, структури, функцій біоти. 2. Падає біопродуктивність. 3. З'являються інтродуковані види. 4. З'являються патогенні мікроорганізми. 5. Послаблюються санітарні функції ґрунту. 6. Змінюється співвідношення анаеробних і аеробних мікроорганізмів.

Включення антропогенних матеріалів надзвичайно сильно впливають на всі ґрунтові властивості, обмежуючи площу можливого проникнення коренів і поширення мікроорганізмів, зменшуючи водоутримуючу здатність ґрунтів. Будівельне сміття, що містить Са, а також пил, цементна кірка і подібні матеріали сприяють підлужненню, а розклад інших субстратів (пластика і т. п.) веде до виві-

льнення токсичних речовин і газів (Герасимова и др., 2003).

Ґрунти, на відміну від інших компонентів довкілля, не тільки геохімічно акумулюють поллютанти, але й виступають у ролі природного буферу і контролюють перенесення хімічних елементів та їх сполук в атмосферу, гідросферу і живу речовину (Вальков и др., 2004а).

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Виконуючи санітарні і рекреаційні функції, ґрунти визначають умови життя людини в місті. Санітарно-гігієнічні функції ґрунтів дуже важливі для міста, оскільки вони є гарними антисептиками, що сприяють знищенню патогенних мікроорганізмів, розкладають органічні рештки і продукти обміну живих організмів (Герасимова і др., 2003).

Одна із основних вимог до ґрунтів у містах — забезпечення оптимальних умов росту зелених рослин. При достатній забезпеченості міських ґрунтів основними поживними елементами, лімітуючим фактором ґрунтової родючості та існування рослин слід вважати високе значення рН (> 7,0), переуцільнення і забруднення ВМ, вуглеводнями та іншими токсичними речовинами (Герасимова і др., 2003).

Екологічні наслідки забруднення ґрунтів ВМ залежать від параметрів забруднення, геохімічного стану і стійкості ґрунтів. До параметрів забруднення відносяться природа металу, тобто його хімічні і токсичні властивості, вміст його в ґрунтах, форма хімічної сполуки, термін від моменту забруднення і т. д. Стійкість ґрунтів до забруднення залежить від гранулометричного складу, вмісту органічної речо-

вини, кислотно-лужних і окисно-відновних умов, активності мікробіологічних і біогеохімічних процесів і т. д. (Вальков і др., 2004а).

Стійкість живих організмів, передусім рослин, до підвищених концентрацій ВМ та їх здатність накопичувати високі концентрації металів можуть представляти велику небезпеку для здоров'я людей, оскільки допускають проникнення забруднюючих речовин в харчові ланцюги (Вальков і др., 2004а).

Дуже складне питання — нормування ВМ у ґрунтах. В основі його рішення повинно лежати визнання поліфункціональності ґрунтів. У процесі нормування ґрунт може розглядатися з різних позицій: як природне тіло, як середовище мешкання і субстрат для рослин, тварин і мікроорганізмів, як об'єкт і засіб сільськогосподарського і промислового виробництва, як природний резервуар, що містить патогенні мікроорганізми. Нормування вмісту ВМ у ґрунті необхідно проводити на основі ґрунтово-екологічних принципів (табл. 7), які відкидають можливість знаходження поодиноких значень для всіх ґрунтів (Вальков і др., 2004а).

Таблиця 7

Нормативи оцінок забруднення ґрунтів ВМ (Коробкин, Передельський, 2003; Некос та ін., 2005)

Типи екологічних ситуацій	Відносно кларків валової форми у ґрунтах	Відносно ГДК ¹		
		Валові форми у:		Рухомі форми у ґрунтах
		ґрунтах	Рослинах	
Благополучна	1—2	< 0,5	< 1	< 1
Задовільна	2—4	0,5—1,5	< 1	< 1
Передкризова	4—5	1,5—2,0	< 1	1,1—2,0
Кризова	5—6	2,0—2,5	1,1—1,5	2,0—10,0
Катастрофічна	> 6	> 2,5	> 1,5	> 1,0

Примітка: ¹ГДК — гранично допустима концентрація

При забрудненості ВМ ґрунтів, дуже важливим є питання їх *санації*. При цьому існує два основних підходи. Перший спрямований на очищення ґрунту від ВМ, яке може здійснюватися шляхом: промивання; виведення ВМ із ґрунту за допомогою рослин; видалення верхнього забрудненого шару тощо. Другий підхід заснований на закріпленні ВМ у ґрунті, переведення їх у нерозчинні у воді і недоступні живим організмам форми. Для цього пропонується внесення у ґрунт органічних речовин, фосфорних мінеральних добрив, іонообмінних смол, природних цеолітів, бурого вугілля, вапнування і т. д. Але будь-який спосіб закріплення ВМ у ґрунті має свій термін дії. Рано або пізно частина ВМ знову почне

надходити у ґрунтовий розчин, а звідти у живі організми (Вальков і др., 2004а).

Більша частина ВМ, що потрапили на поверхню ґрунту, закріплюються у верхніх гумусових горизонтах. Важкі метали сорбуються на поверхні ґрунтових частинок, зв'язуються з органічною речовиною ґрунту, зокрема у вигляді елементно-органічних сполук, акумулюються у гідроксидах заліза, входять у склад кристалічних решіток глинистих мінералів, формують власні мінерали у результаті ізоморфного заміщення, знаходяться у розчиненому стані у ґрунтовій волозі і газоподібному стані у ґрунтовому повітрі, є складовою частиною ґрунтової біоти (Вальков і др., 2004а).

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Ступінь рухомості ВМ залежить від геохімічного стану і рівня техногенного впливу. Важкий гранулометричний склад і високий вміст органічної речовини призводять до зв'язування ВМ ґрунтом. Ріст значень рН посилює сорбованість катіоноутворюючих металів (Cu, Zn, Ni, Hg, Pb тощо) і збільшує рухомість аніоноутворюючих (Mo, Cr, V тощо). Посилення окисних умов збільшує міграційну здатність металів. В результаті за здатністю зв'язувати більшість ВМ, ґрунти утворюють наступний ряд: сірозем > чорнозем > дерново-підзолистий ґрунт (Вальков и др., 2004а).

Забруднення ґрунтів ВМ має відразу дві негативні сторони. По-перше, надходячи по харчовим ланцюгам із ґрунту в рослини, а звідти в організм тварин і людини, ВМ викликають у них серйозні хвороби (табл. 8). Зростає захворюваність населен-

ня і скорочується тривалість життя, а також знижується кількість і якість врожаїв сільськогосподарських рослин і тваринної продукції. По-друге, накопичуючись у ґрунті у великих кількостях, ВМ здатні змінювати багато його властивостей. Перш за все, зміни стосуються біологічних властивостей ґрунту: знижується загальна чисельність мікроорганізмів, звужується їх видовий склад (різноманіття), змінюється структура мікробіоценозів, падає інтенсивність основних мікробіологічних процесів і активність ґрунтових ферментів і т. д. Сильне забруднення ВМ призводить до зміни і більш консервативних ознак ґрунту, таких як гумусний стан, структура, рН середовища та ін. Результатом цього є часткова, а в ряді випадків і повна втрата ґрунтової родючості (Вальков и др., 2004а).

Таблиця 8

Орієнтована шкала оцінки небезпеки забруднення ґрунтів за сумарним показником забруднення (Z_c) (Авессаламова, 1992; Блінова та ін., 2009; Бычинский, Вакушевич, 2008; Муравьев и др., 2008) і класифікація ґрунтів Донецької області за ступенню небезпечності для здоров'я людини (Грищенко и др., 2001)

Категорія забруднення ґрунтів (R)	Величина (Z_c)	Зміни показників здоров'я населення у вогнищах забруднення	Перелік міст і сільських районів
Допустима	< 16	Найбільш низький рівень захворюваності дітей і мінімальна частота функціональних відхилень	мм Сніжне, Торез; Краснолиманський, Слов'янський, Олександрівський, Великоновосільський, Тельманівський, Новоазовський і Шахтгорський райони
Помірно небезпечна	16—32	Збільшення загальної захворюваності	мм Слав'янськ, Артемівськ, Красноармійськ, Шахтгорськ, Селідово, Добропілля, Дебальцеве, Харцизьк; Амвросіївський, Ясинуватський, Волновахський, Маріїнський і Старобешівський райони
Небезпечна	32—132	Збільшення загальної захворюваності, числа дітей, які часто хворіють, дітей із хронічними захворюваннями, порушеннями функціонального стану серцево-судинної системи	мм Дзержинськ, Краматорськ, Дружківка, Донецьк, Макіївка, Маріуполь; Первомайський і Володарський райони
Надзвичайно небезпечна	> 128	Збільшення захворюваності дитячого населення порушення репродуктивної функції жінок (збільшення токсикозу вагітності, числа передчасних пологів, мертвонароджуваності, гіпотрофій немовлят)	мм Горлівка, Єнакієве, Константинівка

Вплив ВМ на мікробний ценоз ґрунтів. Одним з найбільш ефективно діагностуючих індикаторів забруднення ґрунтів є його біологічний стан, який можна оцінити за життєздатністю ґрунтових мікроорганізмів, які його населяють (Геохімічна..., 2008; Звягинцев и др., 1980).

Мікроорганізми відіграють велику роль в міграції ВМ у ґрунтах. У процесі життєдіяльності вони виступають в ролі продуцентів, споживачів і транспортуючих агентів в ґрунтовій екосистемі. Багато ґрунтових грибів виявляють здатність до іммобілі-

зації ВМ, закріплюючи їх в міцелії і тимчасово включаючи з кругообігу. Крім того, гриби, виділяючи органічні кислоти, нейтралізують дію цих елементів, утворюючи з ними компоненти, менш токсичні і доступні для рослин, ніж вільні іони.

Під впливом підвищених концентрацій ВМ спостерігається різке зниження активності ферментів: амілази, дегідрогенази, уреази, інвертази, каталази, а також чисельності окремих агрономічно цінних груп мікроорганізмів. Важкі метали інгібують процеси мінералізації і синтезу різних речовин у ґрун-

тах, пригнічують дихання ґрунтових мікроорганізмів, викликають мікробостатичний ефект, можуть виступати як мутагенний фактор. При надмірному вмісті ВМ у ґрунті знижується активність метаболічних процесів, відбуваються морфологічні трансформації у будові репродуктивних органів та інші зміни ґрунтової біоти. Важкі метали у значній мірі можуть пригнічувати біохімічну активність і викликати зміни загальної чисельності ґрунтових мікроорганізмів (Булавко, Наплекова, 1982; Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989; Панникова, Перцовская, 1982).

Забруднення ґрунтів ВМ викликає певні зміни у видовому складі комплексу ґрунтових мікроорганізмів, відбувається значне скорочення видового багатства і різноманітності комплексу ґрунтових мікроміцетів. У мікробних угрупованнях забруднених ґрунтів з'являються незвичайні для нормальних умов, стійкі до ВМ види мікроміцетів. Толерантність мікроорганізмів до забруднення ґрунтів залежить від їх приналежності до різних систематичних груп. Дуже чутливі до високих концентрацій ВМ види роду *Bacillus*, нітрифікуючі мікроорганізми, дещо більш стійкі — псевдомонади, стрептоміцети і багато видів целлюлоруйнівних мікроорганізмів, найбільш ж стійкі — гриби і актиноміцети (Булавко, Наплекова, 1982).

При низьких концентраціях ВМ спостерігається деяка стимуляція розвитку мікробних угруповань, потім у міру зростання концентрацій відбувається часткове інгібування і, нарешті, повне його пригнічення. Достовірні зміни видового складу фіксуються при концентраціях ВМ в 50—300 разів вище фонових.

В той же час відомо, що мікробні угруповання мають потенційну здатність до саморегуляції і пристосування до змін навколишнього середовища. Доведено адаптаційний характер розвитку мікроорганізмів у ґрунтах з підвищеним вмістом ВМ. Культури, виділені з природних субстратів, багатих на метали, виявляли до них резистентність: вони росли при більш високих граничних концентраціях, ніж штами, ізолювані з субстратів з низьким вмістом цих елементів. При поступовому збільшенні концентрації ВМ може відбуватися адаптація мікроорганізмів, при якій з метаболізму клітини вилучається чутлива до даного метаболізму ланка або відбува-

ються зміни в клітинній оболонці (Андреюк и др., 1988).

Ступінь пригнічення життєдіяльності мікробценозу залежить також від фізіолого-біохімічних властивостей конкретних металів, які забруднюють ґрунти. Наприклад, Pb негативно впливає на біотичну діяльність в ґрунті, інгібуючи активність ферментів зменшенням інтенсивності виділення двоокису вуглецю і чисельності мікроорганізмів, викликає порушення метаболізму мікроорганізмів, особливо процесів дихання і клітинного поділу. Надлишок Zn у ґрунтах ускладнює ферментацію розкладання целюлози, дихання мікроорганізмів, дію уреазі і т. д., внаслідок чого порушуються процеси перетворення органічної речовини в ґрунтах. Крім того, токсичний вплив ВМ залежить від набору металів та їх взаємного впливу (антагоністичного, синергічного або сумарного) на мікробіоту (Рзуце, Кырстя, 1986).

Таким чином, під впливом забруднення ґрунтів ВМ відбуваються зміни у комплексі ґрунтових мікроорганізмів. Це виражається у зниженні кількості видів їх різноманітності та збільшення частки толерантних до забруднення мікроорганізмів. Рівень забруднення ґрунтів ВМ впливає на показники біохімічної активності ґрунтів, видову структуру і загальну чисельність мікробценозів (табл. 9). Від активності ґрунтових процесів і життєдіяльності мікроорганізмів що його населяють залежить інтенсивність самоочищення ґрунту від забруднювачів.

Вплив ВМ на рослини. Рослинна їжа є основним джерелом надходження ВМ в організм людини і тварин. За різними даними (Ильин, Сысо, 2001), з неї надходить від 40 до 80 % ВМ, і лише 20—40 % — з повітрям і водою. Тому від рівня накопичення ВМ у рослинах, що використовуються в їжу, в значній мірі залежить здоров'я населення.

Хімічний склад рослин, як відомо, відображає елементний склад ґрунтів. Тому надмірне накопичення ВМ рослинами обумовлено, перш за все, їх високими концентраціями у ґрунтах. У своїй життєдіяльності рослини контактують тільки з доступними формами ВМ, кількість яких, в свою чергу, тісно пов'язано з буферністю ґрунтів. Однак, здатність ґрунтів зв'язувати та інактивувати ВМ має свої межі, і коли вони вже не справляються з

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

потоком металів що надходять, важливе значення набуває наявність у самих рослин фізіолого-біохімічних механізмів, які перешкоджають їх надходженню. Під впливом токсичних концентрацій (надлишку або недостачі) ВМ у рослинах відбуваються фізіологічні порушення (табл. 10, 11).

Таблиця 9

Вплив концентрацій ВМ на показники біохімічної активності ґрунтів, видову структуру і загальну чисельність мікроocenозів (Панникова, Перцовская, 1982)

Рівень забруднення ВМ ґрунтів, що перевищує фоновий вміст на	Показники біохімічної активності ґрунтів, видова структура і загальна чисельність мікроocenозів
2 порядки	Скорочується кількість видів ґрунтових мікроміцетів, і найбільш стійкі види (амілолітичні мікробні угруповання) до забруднення починають абсолютно домінувати; зниження окремих показників біохімічної і ферментативної активності ґрунтових мікроорганізмів
3 порядки	Різкі зміни практично всіх мікробіологічних показників; відбувається інгібування і загибель нормальної для незабрудненого ґрунту мікробіоти; водночас активно розвивається і навіть абсолютно домінує дуже обмежене число мікроорганізмів, резистентних до ВМ, переважно мікроміцетів
4 порядки	Проявляється катастрофічне зниження мікробіологічної активності ґрунтів, на межі повної загибелі мікроорганізмів

Таблиця 10

Вплив токсичних концентрацій деяких ВМ на рослини (Ільїн, Сысо, 2001; Кабата–Пендіас, Пендіас, 1989; Рэуце, Кырстя, 1986)

Хімічні елементи	Концентрація в ґрунті, мг/кг	Реакція рослин на підвищені концентрації ВМ
Pb	100—500	Інгібування дихання і пригнічення процесу фотосинтезу, іноді збільшення вмісту Cd і зниження надходження Zn, Ca, P, S, зниження врожайності, погіршення якості рослинницької продукції; зовнішні симптоми — поява темно-зеленого листя, скручування старого листя, чахла листя
Cd	1—13	Порушення активності ферментів, процесів транспірації і фіксації CO ₂ , гальмування фотосинтезу, інгібування біологічного відновлення NO ₂ до NO, ускладнення надходження і метаболізму в рослинах ряду хімічних елементів живлення; зовнішні симптоми — затримка росту, пошкодження кореневої системи, хлороз листя
Zn	140—250	Хлороз молодих листків
Cr	200—500	Погіршення росту і розвитку рослин, в'янення надземної частини, пошкодження кореневої системи, хлороз молодого листя, різке зниження вмісту в рослинах більшості незамінних макро- і мікроелементів (K, P, Fe, Mn, Cu, B та ін.)
Ni	30—100 ¹	Пригнічення процесів фотосинтезу і транспірації, поява ознак хлорозу

Примітка: ¹ — рухома форма, за даними: Рэуце, Кырстя, 1986; Кабата–Пендіас, Пендіас, 1989; Ільїн, Сысо, 2002

Таблиця 11

Фізіологічні порушення у рослинах при надлишку і недостачі вмісту в них ВМ (Вальков и др., 2004а; Кабата–Пендіас, Пендіас, 1989)

Хімічні елементи	Фізіологічні порушення	
	При недостачі	При надлишку
Cu	Хлороз, вилт, меланізм, білі скручені верхівки, послаблене утворення волоті, порушення одеревеніння, суховершинність дерев	Темно-зелені листки, як при Fe — індукованому хлорозі; товсті, короткі або схожі на колючий дріт корені, пригнічене утворення пагонів
Zn	Міжжилковий хлороз (в основному у однодольних), зупинка росту, розетність листків дерев, фіолетово-червоні цятки на листках	Хлороз і некроз кінців листків, міжжилковий хлороз молодих листків, затримка росту рослини вцілому, пошкоджені корені, схожі на колючий дріт
Cd	—	Бурі краї листків, хлороз, червонуваті жилки і черешки, скручені листки і бурі недорозвинені корені
Hg	—	Деяке пригнічення пагонів і коренів, хлороз листків і бурі цятки на них
Pb	—	Зниження інтенсивності фотосинтезу, темно-зелені листки, скручування старих листків, чахла листя, бурі короткі корені

Механізми стійкості рослин до надлишку ВМ здатні накопичувати високі концентрації ВМ, але можуть проявлятися у різних напрямках: одні види виявляти до них толерантність; інші прагнуть

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

знизити їх надходження шляхом максимального використання своїх бар'єрних функцій. Для більшості рослин першим бар'єрним рівнем є корені, де затримується найбільша кількість ВМ, наступний — стебла і листя, і, нарешті, останній — органи і частини рослин, що відповідають за відтворювальні функції (найчастіше насіння і плоди, а також корені і бульбоплоди та ін.). Тобто, корені рослин — це перший шлях надходження ВМ у рослини (Алексеев, 1987а; Гармаш 1985; Ильин, Сысо, 2001; Тяжелые..., 1997).

Інший шлях надходження ВМ до рослин — некоренева поглинання з повітряних потоків. Воно має місце при значному випаданні металів з атмосфери на листовий апарат, найчастіше поблизу великих промислових підприємств. Надходження хімічних елементів до рослин через листя (фоліарне поглинання) відбувається, головним чином, шляхом неметаболічного проникнення через кутикулу. Важкі метали, поглинені листям, можуть переноситися в інші органи, тканини і включатися в обмін речовин. Не становлять небезпеки для людини ВМ, які осідають з пиловими викидами на листках і стеблах, якщо перед вживанням в їжу рослини ретельно промиваються. Однак тварини, що поїдають таку рослинність, можуть отримати велику кількість ВМ. Незважаючи на суттєву мінливість різних рослин до накопичення ВМ,

біоаккумуляція хімічних елементів має певну тенденцію, що дозволяє впорядкувати їх у кілька груп (Тяжелые..., 1997):

- Cd, Cs, Rb — елементи інтенсивного поглинання;
- Zn, Mo, Cu, Pb, As, Co — середнього ступеня поглинання;
- Mn, Ni, Cr — слабого поглинання;
- Se, Fe, Ba, Te — елементи, важкодоступні рослинам.

По мірі росту рослин хімічні елементи перерозподіляються по їх органам. При цьому для Cu і Zn встановлюється наступна закономірність у їх вмісті: коріння > зерно > солома. Для Pb, Cd та Sr вона має інший вигляд: коріння > солома > зерно (Тяжелые..., 1997). Відомо, що поряд з видовою специфічністю рослин у відношенні накопичення ВМ існують і певні загальні закономірності. Наприклад, найбільш високий вміст ВМ виявлено в листових овочах і силосних культурах, а найменше — у бобових, злакових і технічних культурах.

Вплив ВМ на організми тварин і людини. Важкі метали, які знаходяться в організмі людини (табл. 12) викликають серйозні фізіологічні порушення, токсикоз, алергію, онкологічні захворювання, негативно впливають на зародок і генетичну спадковість (табл. 13—15).

Таблиця 12

Важкі метали у їжі людини (в розрахунку на масу 70 кг) (Вальков и др., 2004а)

Хімічні елементи	Надходження в організм			
	Дефіцитне	Нормальне	Токсичне	Летальне
Mn	—	0,4—10	—	—
Zn	5	5—40	150—600	6
Cu	0,3	0,5—6	—	0,175—0,25
Pb	—	0,06—0,5	—	10
Cd	—	0,07—0,3	3-330	1,5—9
Co	0,0002	0,005—1,8	500	—
Hg	—	0,004—0,02	0,4	0,15-0,3
Ni	0,0006	0,3—0,5	—	—
Cr	0,005	0,01—1,2	200	3—8
Mo	—	0,05—0,35	—	—
Sn	—	0,2—3,5	2000	—
V	—	0,14	18	—
W	0,001—0,015	—	—	—
As(III)	0,07	0,04—1,4	5-50	0,05—0,34
Se	0,006	0,006—0,2	5	—
F	—	0,3—5	20	2
B	—	1—3	4000	—

Особлива небезпечність ВМ пояснюється тим, що вони мають здатність накопичуватися у живих організмах, включатися в метаболічний цикл, утво-

рювати високотоксичні металоорганічні сполуки (наприклад, метил-ртуть, алкіл свинцю), змінювати форми знаходження при переході від одного приро-

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

дного середовища в інше, не піддаючись біологічному розкладанню. До організму людини ВМ можуть потрапити через: атмосферне повітря з токсичним пилом, харчові продукти, питну воду. Най-

більш серйозна токсична дія іонів ВМ виникає під час вдихання пилу, особливо на території промислових зон та автострад.

Таблиця 13

Вплив надлишку (+) та нестачі (-) мікроелементів у живленні тварин і людини (Ковда, 1985; Фоновий..., 2003)

Хімічні елементи	Наслідки, симптоми
-Co, -I	Ендемічний зуб у людини
-Fe, -Cu, -Zn, -Co	Анемія (особливо у дітей)
-Cu	Безпліддя, поганий ріст у тварин, низька якість вовни овець, легкість кісток (при дефіциті P)
-Cu, -I, (-Zn, -I)	Ендемічний зуб у людини
+Mo	Ендемічна подагра, порушення кровообігу, шлунково-кишкових функцій, безпліддя
+Pb	Невралгія
+Sr	Рахіт, остео- та хандродистрофія
+B	Ентерит
+Ni	Захворювання шкіри
+Cu	Гепатити, хвороба Вільсона
+Mn	Карієс, безпліддя, викидні, нервові розлади
+Mn, -I	Зобні захворювання
+F	Флюорієз зубів, кульгавість, отруєння, порушення фотосинтезу рослин
+Hg	Хвороба Мінамата
+Cd	Канцер, хвороба Ітаї-Ітаї
-Zn	Посилення діабету, зниження діяльності статевих залоз
+Zn, +Co	Канцер, дерматити, захворювання крові
+Se	«Лужна хвороба» тварин, шлункові та легеневі захворювання
-Se	Авітаміноз, нервові, м'язові розлади, гепатити, канцер, множинний склероз

Таблиця 14

Дія ВМ на організм людини (Вальков и др., 2004a)

Хімічні елементи	Фізіологічні відхилення	
	При нестачі	При надлишку
Mn	Захворювання кісткової системи	Лихоманка, пневмонія, ураження центральної нервової системи (мангановий паркінсонізм), ендемічна подагра, порушення кровообігу, шлунково-кишкових функцій, безпліддя
Cu	Слабкість, анемія, білокрів'я, захворювання кісткової системи, порушення координації рухів	Професійні хвороби, гепатит, хвороба Вільсона. Вражає нирки, печінки, мізки, очі
Zn	Погіршення апетиту, деформація кісток, карликовий ріст, довге заживання ран і опіків, слабкий зір, короткозорість	Зменшення канцеростійкості, анемія, пригнічення окисних процесів, дерматити
Pb	—	Свинцева енцефало-нейропатія, враження центральної нервової системи, статевих органів, порушення обміну речовин, інгібування ферментативних реакцій, авітаміноз, анемія, розсіяний склероз; канцерогенна, тератогенна і мутагенна дія на організм; входить у склад кісткової системи замість Са
Cd	—	Гастро-інтестинальні розлади, порушення органів дихання, анемії, підвищення кров'яного тиску, враження нирок, хвороба Ітаї-Ітаї, протеїнурія, остеопороз, рак передміхурової залози, мутагенна і канцерогенна дія
Hg	—	Враження центральної нервової системи і периферійних нервів, гибель нервової системи, лейкоцитів, інфантілізм, порушення репродуктивних функцій, стоматит, хвороба Мінамата, завчасне старіння, олігофренія новонароджених
Co	Ендемічний зуб	—
Ni	—	Дерматити, порушення кровотворення, канцерогенність, ембріотоксикоз, підгостра мієлооптиконейропатія
Cr	—	Дерматити, канцерогенність
V	—	Захворювання серцево-судинної системи

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Таблиця 15

Вплив забруднення навколишнього середовища ВМ на здоров'я людини і тварин (Авцын и др., 1991)

Хімічні елементи	Характерні захворювання при високих концентраціях ВМ в організмі
Pb	При хронічному отруєнні Pb спостерігається загальна слабкість, біль у животі, анемія, порушення функціонування нирок; підвищення смертності від серцево-судинних захворювань, зростання загальної захворюваності, зміни в легенях дітей, ураження органів кровотворення, нервової і серцево-судинної системи, печінки, нирок, порушення перебігу вагітності, пологів, менструального циклу, мертвонароджуваності, вроджених каліцтв, пригнічення активності багатьох ферментів, порушення процесів метаболізму; хронічна інтоксикація настає при вживанні 1—8 мг Pb на добу; Pb, подібно до Hg, має кумулятивні властивості (накопичується в кістках у вигляді нерозчинних трьохосновних фосфатів і не спричинює отруйної дії, але під впливом певних умов запаси його в кістках стають мобільними, він переходить у кров і може викликати отруєння навіть у загостреній формі)
Cd	Порушення функцій нирок, інгібування синтезу ДНК, білків і нуклеїнових кислот, зниження активності ферментів, уповільнення надходження та обміну інших мікроелементів (Zn, Cu, Se, Fe), що може викликати їх дефіцит в організмі; вражає печінку, нирки, підшлункову залозу, здатен викликати емфізему, рак легенів; солі кадмію характеризуються мутагенними та канцерогенними властивостями і становлять потенційну генетичну небезпеку; шкідливість Cd посилюється його кумулятивністю (здатністю накопичуватися)
Zn	Зміна морфологічного складу крові, злоякісні утворення, променеві хвороби; у тварин — зниження приросту живої маси, депресія в поведінці, можливість абортів
Cu	Збільшення смертності від раку органів дихання
Cr	Отруєння супроводжується головним болем, схудненням, враженням нирок; призводить до зміни імунологічної реакції організму, зниження репаративних процесів в клітинах, інгібування ферментів, ураження печінки; організм набуває схильності до запальних процесів (катаральне запалення легенів)
Ni	Накопичується в печінці, підшлунковій, щитовидній залозах та інших тканинах; при інтоксикації відбувається порушення синтезу білка, РНК і ДНК, розвиток виражених пошкоджень у багатьох органах і тканинах; виникають алергії, дерматити, бронхіальна астма, риніти; є ризик розвитку новоутворень
Hg	При інтоксикації блокується синтез білка; накопичується в нирках, достатньо велика її кількість проникає до головного мозку та інших тканин, що збагачені ліпідами
Ca	При регулярному вживанні більш ніж 2,5 г на добу починає проявлятися негативна дія (стенокардія, нефрокальциноз, підвищення зсідання крові та ін.)
K	Добова потреба 2 г, токсична доза — 6 г; основні прояви організму, спричинені надлишком K: аритмія, нейроциркуляторна дистонія, схильність до розвитку цукрового діабету та ін.
Br	При хронічному отруєнні Br розвиваються неврологічний синдром, бромодерма; Br, заміщуючи йод у процесі синтезу гормонів щитовидною залозою, може стати причиною відносного гіпотеріозу
Rb	При надлишку в організмі хронічне запалення верхніх дихальних шляхів, аритмія, протеїнурія та ін.
Sr	За механізмами всмоктування, розміщення та виведення Sr подібний до Ca; тому він здатний замінювати Ca у кістках, хрящовій тканині, призводячи до розвитку остеопорозу, остеохондрозу; при надлишку розвивається стронцієвий рахіт

Екологічна ситуація в Донецькій області і м. Маріуполь негативно впливає на діяльність та здоров'я людей викликаючи при цьому цілу низку

хвороб (табл. 16, 17), якими обумовлено 84,1% смертності жителів Донецької області (Говта, 2007).

Таблиця 16

Питома вага основних класів хвороб (за X Міжнародною класифікацією хвороб) у структурі частоти виникнення і поширення хвороб, а також смертності від них населення Донецької області (Говта, 2007)

Хвороби	Показники здоров'я		
	Частота виникнення, %	Поширення, %	Смертність, %
Крові і кровотворних органів	0,40 ± 0,02	0,50 ± 0,01	0,10 ± 0,01
Ендокринної системи	1,10 ± 0,01	3,00 ± 0,02	0,40 ± 0,01
Нервової системи	1,90 ± 0,01	2,90 ± 0,02	0,70 ± 0,03
Органів дихання	47,20 ± 1,20	22,70 ± 0,80	4,10 ± 0,30
Органів травлення	3,50 ± 0,30	9,30 ± 0,70	3,10 ± 0,20
Кістково-м'язової системи	5,10 ± 0,40	6,20 ± 0,50	0,10 ± 0,02
Сечостатевої системи	5,70 ± 0,80	5,20 ± 0,60	0,70 ± 0,06
Злоякісні новоутворення	1,20 ± 0,20	2,30 ± 0,10	13,70 ± 0,50
Вроджені аномалії розвитку	0,10 ± 0,04	0,30 ± 0,05	0,30 ± 0,06
Питома вага основних класів хвороб	69,40 ± 2,30	77,60 ± 3,60	84,10 ± 3,10

Найбільш висока частота виникнення захворювань протягом 26-річного періоду спостереження були зареєстровані у жителів м. Маріуполь, Константинівки, Донецька, а найбільш низькі — серед

сільського населення Олександрівського і Краснелиманського районів. Міста Слов'янськ, Артемівськ і Маріїнський сільський район утворюють групу територій із середнім рівнем захворюваності насе-

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

лення від середнього обласного показника (Грищенко и др., 2004, 2006).

Таблиця 17

Частота виникнення хвороб населення міст і районів Донецької області (Говта, 2007)

Назва класу хвороб	Ранг хвороб									
	Місто					Район				
	Донецьк	Маріуполь	Константинівка	Слов'янськ	Артемівськ	Володарський	Первомайський	Маріїнський	Олександрівський	Краснолиманський
Кровоносної системи	2	1	3	5	4	6	8	7	10	9
Ендокринної системи	1	2	3	4	10	6	5	8	7	9
Нервової системи	1	2	3	6	9	5	7	4	10	8
Органів дихання	1	2	3	7	9	4	5	7	8	10
Органів травлення	5	4	1	7	8	3	2	6	10	9
Кістково-м'язової системи	2	4	1	8	7	5	3	6	9	10
Сечостатевої системи	1	5	2	7	8	4	3	6	9	10
Рейтинговий ранг	1	3	2	7	8	5	4	6	9	10

1.3. Історія еколого-геохімічних досліджень

Особливу роль для розуміння процесів міграції та концентрації хімічних елементів у життєво важливих для людини біокосних системах (грунтах, рослинності, донних відкладах, природних водах тощо) відіграє сучасна **екологічна геохімія**. Оскільки встановлення закономірностей зміни хімічного складу навколишнього середовища в цілому та його компонентів зокрема в умовах техногенного впливу представляє собою важливе завдання природознавства, вирішенням якого і займається екологічна геохімія (Абалаков, 2007).

Екологічна геохімія є одним із напрямків геохімії, що тісно пов'язаний з екологією (досліджує закономірності взаємовідносин людини, тварин, рослин, мікроорганізмів між собою і навколишнім середовищем) (Алексеев, 1987а). До цих напрямків крім *екологічної геохімії* (Алексеев, 2000; Бычинский, Вашукевич, 2008; Еколого-геохімічні..., 2012; Рябухин, 2001; Экогеохимия..., 1995; Экологическая..., 2005; Янин, 1999) також належать: *екологічна геологія* (Абалаков, 2007; Адаменко, Рудько, 1998; Экогеология..., 2011; Екологічна..., 2005; Трофимов, Зилинг, 2002; Экологическая..., 2005; Яковлев, 2001), *екологічна геофізика* (Вахромеев, 1995), *екологічне ґрунтознавство* (Вальков и др., 2004а; Добровольский, Никитин, 1986, 1990, 2000, 2006; Карпачевский, 2005; Почвы..., 2012; Решетов, 2005), *геогеологія* (Егоренков, Кочуров, 2005; Карлович, 2005; Петров, 2004; Рудько, Адаменко, 2008;

Смирнов, Христоков, 2001; Топчиев, 1996; Экзарьян, 1997; Ясаманов, 2003), *фізична і радіаційна екологія* (Долін та ін., 2004; Геохимия..., 2002; Коваленко, 2008), *медичинська екологія* (Рудько, 2012), *урбогеологія* (Алексеев, 1990; Владимиров, 1999; Кучерявий, 2001; Чайка, 1999), *екологія міста* (Экология..., 2000, 2004, 2008; Яницький, 1984) та багато інших.

В даний час відомі спроби окремих дослідників, дати визначення екологічної геохімії як новій науковій дисципліні (Абалаков, 2007; Алексеенко, 2000; Гавриленко, 1999; Иванов и др., 2001; Теория..., 1997; Рябухин, 2001; Янин, 1999).

Згідно В.В. Иванову та ін. (2001), **екологічна геохімія** (у широкому розумінні) повинна розглядатися як «комплексна галузь знань про поведінку хімічних елементів, їх природних і техногенних поєднань у геогеологічних системах Землі любого масштабу і типу, які впливають на біосферу і людину..., повинна мати дві сторони, як звичну, негативну, токсикологічну, так і подвійну, негативно-позитивну фізіологічну і мікробіологічну». При цьому підкреслюється, що «перша переважно розвивається екологічною геохімією; друга — геохімічною екологією» (Абалаков, 2007).

У роботі «Екогеологія України» за редакцією В.М. Шестопалова (2011) зазначено, що *екологічна геохімія* вивчає абіогенні, біогенні, біокосні та техногенні системи на атомарному рівні. Вона дослі-

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

джує взаємовідносини організмів з геологічним середовищем і на сьогодні є одним з найефективніших функціональних розділів прикладної геохімії.

Екологічна геохімія має за головну мету встановлення закономірностей зміни хімічного складу біосфери та її частин з проявом біогеохімічної функції людства. Основними завданнями дослідження є так звані «чисто наукові», що визначають фундаментальну сторону еколого-геохімічних досліджень, спрямованих на встановлення законів поведінки хімічних елементів в умовах техногенезу; а також завдання, пов'язані у більшій мірі з прикладними дослідженнями, направлені на оцінку стану (якості) навколишнього середовища, виявлення масштабів і наслідків геохімічного перетворення біосфери у зв'язку з діяльністю людини, на використання отриманих знань у практичних цілях (на розробку рекомендацій і заходів по запобіганню, зниженню і ліквідації негативних наслідків людської діяльності).

Велика роль у становленні сучасної екологічної геохімії належить засновнику геохімічної науки — В.І. Вернадському (1913, 1960, 1967, 1980), який перший розкрив геохімічний зміст перетворення природи діяльністю людини і відзначив його глобальний характер. Завдяки науковій діяльності В.І. Вернадського і його учнів, передусім, О.С. Ферсмана (1959, 1977) і О.П. Виноградова (1950) були закладені перші уявлення про міграцію хімічних елементів у біосферних системах.

Аналіз літератури показує, що в екологічній геохімії все більше приділяється уваги різним питанням і особливостям поведінки ВМ та інших хімічних елементів у навколишньому середовищі (В.О. Алексеєнко (1990, 2000, 2003), О.О. Беус та ін. (1976), В.І. Вернадський (1913, 1960, 1967, 1980), О.П. Виноградов (1950), Г.О. Гармаш (1985), М.А. Глазовська (1989, 1990, 1997, 1998), Г.В. Добровольський та ін. (1985, 1986, 1990, 1997, 2000, 2006), М.Г. Зирін (1964, 1974, 1977, 1979), В.Б. Льїн (1990, 1991, 1995, 1997, 2001), В.В. Ковальський (1970, 1974), В.А. Ковда (1973, 1985), В.О. Кузнецов, Г.А. Шимко (1990), Д.В. Ладонін (1995, 1997, 2002), К.І. Лукашов і В.К. Лукашов (1967, 1970, 1972), Т.М. Мінкіна та ін. (2008), Г.В. Мотузова та ін. (1988, 1996, 2001, 2006, 2007), О.І. Перельман (1975, 1987; 1989, 1999), І.О. Плеханова, В.О. Бамбушева (2010), Б.Б. Полинов (1934, 1953), Ф.Я. Саприкін (1984), Ю.Ю. Саєт та ін. (1990), Н.П. Солнцева (2000), О.С. Ферсман (1959, 1977), Дж. Фортескью (1985),

В.М. Шестопапов (Екогеологія..., 2011), S. Baron et al (2006), A. Kabata-Pendias, H. Pendias (1989, 2001), A. Tissier et al (1979), C. Whalley, A. Grant (1994) та ін.).

Особливо слід згадати праці, що присвячені оцінці вмісту хімічних елементів (у тому числі ВМ) у ґрунтах, рослинах та інших компонентах навколишнього природного середовища, зонах впливу промислових міст, методам та їх екотоксикологічній дії на довкілля та розробці заходів по їх знешкодженню тощо (Алексеев, 1987б, 2008; Анитипов, Голицын, 2002; Бычинский, Вашукевич, 2007, 2008; Важкі..., 2005; Важкі..., 2006; Водяницкий, 1985; Водяницкий, Добровольский, 1998; Водяницкий, 2005, 2008, 2009; Водяницкий и др., 2012; Гуральчук, 2006; Дабахов и др., 2005; Добровольский, 1983а, 1997а, 1999; Давыдова, Тагасов, 2002; Импактное..., 1986; Козьякова, 2002; Колесников и др., 2000; Майстренко и др., 1996; Некоторые..., 1993; Огар, 2008; Рихванов и др., 1993; Сафонов, 2004; Соколов, Черников, 1999; Титова и др., 2001; Тяжелье..., 1997; Федоренко, Медведева, 2009; Химия..., 1985; Шильцова и др., 2008 та ін.).

Значний внесок у еколого-геохімічні дослідження компонентів довкілля внесли праці українських вчених — Е.В. Соботовича (1991; Геохимия..., 2002), В.М. Шестопапова (2011; Екогеологія..., 2011), Л.Г. Руденка (Національний..., 2007), Е.Я. Жовинського (1976, 1979, 1980, 1981, 1991, 1992, 1993а, 1993б, 1996, 2002, 2004; Важкі..., 2005, 2012), О.Ю. Митропольського (Геоэкология..., 2004; 2006), Г.М. Бондаренка (2000; Геохимия..., 2002; 2004), Г.В. Лисиченка (Мониторинг..., 2009), В.О. Ємельянова (Геоэкология..., 2004), Б.Ф. Міцкевича (1971, 1981), А.І. Самчука (1982, 1993, 1998, 2002, 2004; Важкі..., 2005, Важкі..., 2006, Еколого-геохімічні..., 2012), В.В. Долина (2004, 2011а, 2011б; Техногенно-экологическая..., 2011), Н.О. Крюченко (2008; Жовинський та ін., 2012), І.В. Кураєвої (1996, 1997а—в, 2014; Жовинский, Кураева, 2002; Кураева та ін., 2010а, б, 2011, 2012; Кураева и др., 2010а, б, 2011а—в; 2013а, б), П.А. Власюка (1969) та ін.

Багато публікацій присвячено особливостям накопичення і міграції ВМ у міських ґрунтах: Ковеля (Волошинська, 2012), Львова (Геник, 1994; Пелипещ, 2000), Житомира (Мислива, 2012), Жовтих Вод (Грушка, 2009), Дніпродзержинська (Цветкова, Клименко, 2005, Клименко, Кармазина, <http://eco.com.ua>; Клименко, 2007), Києва (Кураева и др., 2011в, г; Огар, 2009), Дніпропетровська (Сердюк, Пасічний, 2002; Сердюк, 2004), Кривого Рогу (Гришко, 2012), Харкова (Ричак, Тітенко, <http://eco.com.ua>), Луганська (Ситіна, 2010) та с. В. Горбаші Житомирської області (Герасимчук, 2012). Є статті у яких наведено дані локального фонового вмісту ВМ у ґрунтах Криворізького залізорудного басейну

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

(Савосько, 2009; 2010), Харківської області (Распопіна, Ворон, 2006), о-ву Зміїний (Коцаренко, Якуба, 2011), Передкарпаття (Дмитрук, 2004), Горган (Дмитрук та ін., 2005), території Бурштинської ТЕС (Довганич, 2011), заповідника «Асканія–Нова» (Моргун, 2009), природного парку «Зачарований край» (Симканич, Сухарев, 2012) та іншим заповідним територіям (Важкі..., 2005), забрудненості ґрунтів і донних відкладів Одеського регіону (Сафронів та ін., <http://eco.com.ua>), відходах вугледобувної промисловості Західного Донбасу (Атовка, Кроїк, 2011).

Деякі статті присвячені:

- оцінці токсичної дії ВМ (Самохвалова, Фатеев, 2004), фоновому рівню вмісту різних форм мікроелементів ґрунту (Самохвалова та ін., 2011), екологічного стану ґрунтів за вмістом ВМ (Гордієнко та ін., <http://eco.com.ua>), токсикологічного стану ґрунтів (Корсун, Бонюк, <http://eco.com.ua>), небезпечних явищ у ґрунтового покриві України (Медведев та ін., 2004);

- вмісту ВМ у фазах і компонентах чорнозему звичайного (Воротынцева, Ладных, 2011), механізмам поглинання Cu, Pb і Zn чорноземом південним сушіщаним (Гапонова и др., 2010);

- прискореній методиці хроматографічного визначення ВМ у ґрунтах (Чмиленко и др., 2010);

- нормуванню вмісту ВМ в системі «ґрунт—рослина» на основі вегетаційних експериментів (Дмитраков, Дмитракова, 2010), біологічній складовій ґрунту при післядії імпаکتного забруднення ВМ (Самохвалова, Фатеев, 2010);

- аналізу еколого-геохімічного статусу ґрунтів різних типів (Дмитрук, 2006, 2008), співвідношенню екологічних функцій ґрунтів та їх екологічних властивостей (Горбань, 2008);

- переліку заходів детоксикації і біологічним методам ремедіації ґрунтів, забруднених ВМ (Бреславець, Юрченко, 2009; Клименко та ін., 2011; Самохвалова, 2006, 2014; Шматков, Яковишина, 2012; Яковишина, 2006).

Побудовані карти щодо вмісту і забрудненості ВМ сучасних ґрунтів (Барановський, 2006; Національний..., 2007).

Актуальними напрямками розвитку сучасної екологічної геохімії в Україні є *геохімія ландшафтів*, *геохімія ґрунтів*, *урбогеохімія*, *біогеохімія* та ін. (Кураєва, 2014).

Ґрунтуючись на фундаментальних роботах Б.Б. Полинова (1934, 1953) дослідження *геохімії ландшафтів* України проведено Б.Ф. Міцкевичем (1971, 1981, 1984). Під його керівництвом були здійснені літохімічні, гідрохімічні та біогеохімічні дослідження ландшафтів Українського щита. В роботах Б.Ф. Міцкевича «Геохимические ландшафты

Украинского щита» (1971) та «Основы ландшафтно-геохимического районирования» (1981) узагальнено дані про вміст хімічних елементів у кристалічних та осадових породах, ґрунтах і золі рослин. Вперше наведено схему ландшафтно-геохімічного районування території Українського щита, яка стала теоретичною основою підвищення ефективності пошуків рудних родовищ, пов'язаних з кристалічними породами за їх вторинними ореолами і потоками розсіювання. Згідно фізико-географічної зональності на Українському щиті виділено п'ять ландшафтно-геохімічних районів, які відображають умови перебігу геохімічних процесів. Розглянуто фізико-хімічні умови гіпергенної міграції металів і ступінь участі хімічних елементів порід докембрійського фундаменту в процесах сучасного гіпергенезу. Отримана інформація має велике значення для вирішення завдань пошукової і екологічної геохімії.

Надалі отримана інформація про закономірності розподілу хімічних елементів у ландшафтах України дозволила побудувати ландшафтно-геохімічну карту усєї території України (Геологія..., 2001) з урахуванням умов гіпергенної міграції мікроелементів у біосферних системах різних природних і техногенних ландшафтів.

На підставі великого фактичного матеріалу були створені атласи «Геологія и Корисні копалини України» (ред. Л.С. Галецький, 2001), «Національний атлас України» (гол. редактор Л.Г. Руденко, 2007). У ці атласи були включені ландшафтно-геохімічна карта України, карти екологічного стану компонентів природи (атмосфери, гідросфери, ґрунту, рослинного і тваринного світу); антропогенного впливу на природне середовище; запобігання погіршення екологічного стану природного середовища (Геологія..., 2001; Національний..., 2007).

Значна частина досліджень українських вчених-геохіміків спрямована на дослідження *геохімії ґрунтів*. На думку М.С. Касимова і О.І. Перельмана (1992) цей напрямок включає в себе кілька основних концепцій, що лежать на стику хімії ґрунтів, агрохімії, ґрунтознавства, геохімії ландшафту і біогеохімії: 1) поширеність мікроелементів, тобто питання щодо кларкового їх вмісту; 2) геохімія процесів ґрунтоутворення; 3) латерально-міграційна диференціація; 4) техногенне забруднення та техногенна геохімічна трансформація ґрунтів та ін.

Дослідження геохімії ґрунтів у Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України в даний час проводиться під керівництвом Е.Я. Жовинського. Ним вперше було встановлено кларки вмісту F в ґрунтах України (1976, 1979, 1980). На основі цих даних було побудовано карти закономірностей розподілу F та інших мікроелементів, а також встановлено особливості їх міграції в різних ландшафтно-геохімічних зонах України. На підставі детального дослідження фізико-хімічних властивостей ґрунтів (окисно-відновних, лужно-кислотних умов, а також мінералогічних особливостей ґрунтових відкладів) Е.Я. Жовинський встановив особливості фізико-хімічної міграції мікроелементів у ґрунтовому покриві України (1979). Ці відомості стали основою не тільки для проведення літолого-геохімічних пошуків корисних копалин, але і для еколого-геохімічних досліджень ґрунтів на території України.

Е.Я. Жовинський є ініціатором регіональних еколого-геохімічних досліджень ґрунтів України в рамках міжнародного проекту з геохімічного картування сільськогосподарських і пасовищних земель Європи (Клос та ін., 2012). Для визначення фонових вмісту хімічних елементів у ґрунтах різних регіонів України враховувалися ландшафтно-геохімічні умови території. Такий підхід дозволив визначити геохімічні параметри ґрунтів у межах 13 класів геохімічних ландшафтів України.

Особливе значення в даний час як для хімії ґрунтів, так і для екологічної геохімії набуває дослідження форм знаходження мікроелементів у ґрунтах. Як відзначає Г.М. Бондаренко (2004), біля витоків геохімічної концепції формування екологічної ситуації в зонах техногенного забруднення стояв Е.Я. Жовинський, що обґрунтував пріоритет рухомих форм ВМ, а не їх валового вмісту в ґрунтах. На підставі великого обсягу фактичного матеріалу, а також дослідно-методичних робіт ним було встановлено значне перевищення вмісту рухомих форм ВМ у техногенно-забруднених ґрунтах по відношенню до ґрунтів так званих умовно чистих територій.

Слід зазначити, що за останні десятиліття дослідження форм знаходження мікроелементів у ґрунтах вийшло на новий науковий рівень. Так як, змінилися підходи при дослідженні ґрунтів.

Важливий внесок у дослідження форм знаходження ВМ у ґрунтах України внесли А.І. Самчук, Г.М. Бондаренко, В.В. Долін та ін. У публікації «Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах» (1998) представлено результати дослідження впливу фізико-хімічних властивостей ґрунтово-поглинаючого комплексу, комплексоутворення та сорбції на мобільні форми хімічних елементів. На основі досліджень та апробації більш ніж тридцяти екстрагентів з різними хімічними властивостями в широкому діапазоні рН, авторами було розроблено молекулярно-колоїдну модель утворення мобільних форм токсичних хімічних елементів у ґрунтах.

У монографії Е.Я. Жовинського і І.В. Кураєвої «Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины» (2002) представлено результати дослідження рухомості елементів у ґрунтах України, яка обумовлена властивостями ґрунтових відкладів зв'язувати хімічні елементи в малорухомі сполуки. Показником рухомості хімічних елементів є потенційна буферна здатність ґрунтів. Результати експериментальних робіт дозволили розрахувати потенційну буферну здатність ґрунтів до забруднення токсичними елементами. Встановлено залежність потенційної буферної здатності ґрунтів від фізико-хімічних властивостей (вміст глини, гумусу, ємності катіонного обміну, рН ґрунтового розчину).

Особлива увага приділяється еколого-геохімічним дослідженням окремих хімічних елементів у ґрунтах України:

➤ розглянуто закономірності міграції Be у різних ландшафтно-геохімічних ландшафтах України. Експериментальними методами досліджено комплексоутворення Be у водних розчинах, визначено склад і стійкість комплексних сполук як з органічними, так і з неорганічними лігандами. Встановлено закономірності накопичення Be на сорбційних бар'єрах (Мицкевич и др., 1984).

➤ встановлено особливості розподілу Hg в системі «ґрунтоутворююча порода—ґрунт—розчин». Також, встановлено вміст Hg на умовно чистих і забруднених територіях Криму. Дано оцінку впливу Hg на геологічне середовище. На основі літолого-геохімічного опробування побудовано карти вмісту Hg у ґрунтах і ґрунтоутворюючих породах, які можна використовувати при оцінці еколого-геохімічного стану ландшафтів Криму (Радченко, 1999).

➤ вперше встановлено закономірності розподілу Se у ґрунтах та рослинності різних регіонів України. Для різних типів ґрунтів встановлені асоціації Se з ВМ при-

родного і техногенного походження. Встановлено форми знаходження Se у природних і техногенних ґрунтах різних ландшафтно-геохімічних зон України (Попенко та ін., 2012).

Особливе значення для визначення фонових вмістів хімічних елементів у ґрунтах мають еколого-геохімічні дослідження заповідного фонду України. Цьому питанню присвячена монографія «Геохімія об'єктів довкілля Карпатського біосферного заповідника» (Жовинський и др., 2012). В монографії представлені результати дослідження закономірностей розподілу хімічних елементів та їх рухомих форм у об'єктах навколишнього середовища Карпатського біосферного заповідника.

Урбогеохімія — новий напрямок в екологічній геохімії. Еколого-геохімічні дослідження великих міських агломерацій в Україні були розпочаті Е.Я. Жовинським. Під його керівництвом співробітниками Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України був складений екологічний паспорт Святошинського району м. Києва. Роботи виконані з застосуванням сучасних методів досліджень. Отримані результати дали інформацію про характер і ступінь забруднення території м. Києва, дозволили виділити ділянки з аномальним вмістом токсичних елементів і розробити заходи з охорони навколишнього середовища міста (Жовинський и др., 1991).

Також були досліджені урбанізовані території Східної України під впливом промислових підприємств. Накопичено великий фактичний матеріал по закономірностям розподілу хімічних елементів у ґрунтах техногенних ландшафтів України. Техногенно-забруднені об'єкти навколишнього середовища досліджувалися в Луганській, Дніпропетровській, Донецькій, Кіровоградській, Черкаській, Київській областях (Жовинський, Кураєва, 2002).

Продовжуючи дослідження в цій області учнями школи Е.Я. Жовинського встановлено особливості геохімічного розподілу та визначено геохімічні асоціації ВМ у об'єктах довкілля під впливом підприємств чорної металургії (на прикладі м. Маріуполя, Дніпродзержинська, Алчевська). Побудовано карти моно- і поліелементного забруднення ґрунтів досліджуваних територій. Встановлено кількісні критерії виділення техногенних геохімічних аномалій ВМ на основі визначення форм їх знаходження та показників рухливості у ґрунтах і донних відкладах. Визначено якісні та кількісні зміни біогеохімічних

показників ґрунтів на основі дослідження мікробіологічних угруповань в зоні впливу підприємств чорної металургії у порівнянні з фоновими ділянками (Войтюк та ін., 2012а; Войтюк, 2013).

В результаті комплексного еколого-геохімічного опробування зони аерації техногенно-забруднених ландшафтів під вплив підприємств кольорової та хімічної промисловості досліджено основні закономірності розподілу Cd та інших ВМ в об'єктах довкілля з використанням ГІС-технологій. Досліджено міграційну здатність Cd в системі «ґрунт—рослина». Досліджено вплив агрохімічних засобів на еколого-геохімічний стан ґрунтів сільськогосподарських агломерацій (Кураєва та ін., 2010б; Яковенко та ін., 2011).

У рамках міжнародної концепції про сталий екологічний розвиток країн світової спільноти з ініціативи та під керівництвом Е.Я. Жовинського вперше в Україні в кінці 1980–х рр. були розпочаті та тривають до теперішнього часу масштабні дослідження еколого-геохімічного стану ґрунтів об'єктів заповідного фонду України, включаючи біосферні заповідники і національні парки, та створення на цій основі комплексної системи моніторингу заповідних і прилеглих до них територій з різним антропогенним навантаженням (Важкі..., 2005; Е.Я. Жовинський, 2000, 2013).

Одним з напрямків екологічної геохімії є *біогеохімія*, основні положення якої були закладені В.І. Вернадським (1980).

Для територій зон впливу підприємств кольорової металургії та хімічної промисловості визначені специфічні мікоміцети в ґрунтах *Aspergillus niger* і *Paecilomyces variotti*, індекс меланізації яких в три рази більший, ніж в ґрунтах умовно чистих територій (Яковенко та ін., 2011). Також, проведено ряд досліджень видового різноманіття мікроскопічних грибів у ґрунтах промислових агломерацій України. Встановлено, що в ґрунтах поблизу підприємств чорної металургії домінують не типові для фонових ділянок мікроскопічні гриби: *Mucor plumbeus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Rhizopus stolonifer* і *Aspergillus niger* (Войтюк, 2013). Були також проведені дослідження мікроскопічних грибів в зразках питної води з бюветних свердловин сеноманського і юрського водоносних горизонтів на території м. Києва (Злобіна та ін., 2011).

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Визначено вміст Se в асоціації з ВМ в болетальних грибах Українського Полісся та встановлено особливості міграції в трофічному ланцюзі «грунт—рослина—людина». Отримано дані про вміст Se і геохімічні умови надходження Se в різні види водоростей. Розраховано коефіцієнти біологічного поглинання Se і ВМ металів водоростями в акваторії Чорного моря (Попенко та ін., 2012).

Отже, екологічна геохімія являє собою один з нових та актуальних напрямків розвитку сучасної геохімії, в основі якого лежать ідеї і розробки перерахованих вище вчених в області геохімії ландшафтів, пошукової геохімії, біогеохімії, геохімії ґрунтів, геохімії техногенезу і в мікроелементології (Кураєва, 2014).

Як підсумок, слід відзначити, що огляд наукових робіт (Водяницький, 2009; Жовинський, Кураєва, 2002; Куриленко, 2004; Трофімов, 2009) за основними напрямками розвитку екологічної геохімії дозволив виділити такі її проблеми:

- відсутність систематичних еколого-геохімічних досліджень територій;
- брак знань про умови міграції та накопичення хімічних елементів у природних і природно-техногенних умовах;

- відсутність єдиної системи отримання та аналізу еколого-геохімічних даних;
- брак знань про вплив хімічних елементів на біологічні види, індивіди, біоту в цілому;
- відсутність знань про вплив природних і техногенних геохімічних полів на виникнення і розвиток мікроелементозів у населення, та їх особливостей.

Більш детально потрібно зупинитись на еколого-геохімічних дослідженнях компонентів навколишнього природного середовища Донецького регіону і безпосередньо м. Маріуполь, як території з найбільш екологічно несприятливою ситуацією. Оскільки за останні роки з'явилася низка робіт українських вчених присвячених цим питанням (Агарков и др. (2001), Волкова та ін. (2005а, б), Грищенко и др. (2001, 2004, 2006, 2009), Петрова (2010), Поживанов (1995, 2014), Сафонов, 2004, та ін.).

Аналіз впливу промислових підприємств на забруднення ґрунтів Донецької області проводила Т.П. Волкова (2005), де особлива увага була приділена характеристиці вмісту хімічних елементів у ґрунтах м. Маріуполь (табл. 18). Зокрема було визначено коефіцієнти концентрації і виділено асоціацію ВМ (Hg, Pb, Mn, Be, Sc, Ge) у ґрунтах міста.

Таблиця 18

Статистичні характеристики вмісту хімічних елементів у ґрунтах м. Маріуполь (Волкова та ін., 2005а)

Хімічні елементи	Середні значення вмісту хімічних елементів, $X_{сер}$, мг/кг	Стандартне відхилення по $X_{сер}$	Середні значення коефіцієнта концентрації хімічних елементів, K_c	Стандартне відхилення по K_c	Коефіцієнт варіації, V	ГПК, мг/кг
Pb	53,0	69,87	2,95	3,88	1,32	18,0
Zn	110,0	92,15	4,78	4,01	0,84	23,0
Mo	2,0	1,86	1,46	1,33	0,93	1,4
Ni	13,7	3,08	0,96	0,16	0,23	49,0
Pl	0,7	0,01	1,39	0,56	0,40	0,5
Cu	21,1	17,37	1,15	0,75	0,65	30,0
Ba	596,4	34,30	1,99	0,56	0,28	300,0
As	2,8	1,26	1,4	0,67	0,48	2,0
Ga	13,7	5,63	1,19	0,53	0,16	11,5
Li	26,0	49,84	1,08	0,25	0,23	24,0
Ti	2573	116,7	5,3	5,8	1,10	480,0
Mn	1260	129,3	1,8	2,0	1,10	700,0
Cr	108	8,2	1,2	0,85	0,70	90,0
Co	14,6	0,42	0,8	0,24	0,30	19,0

Примітка: ¹ГПК — гранично припустима концентрація

С.В. Грищенко із співавторами (2001, 2009) зробили гігієнічну оцінку забруднення ґрунтів міст Донецької області (табл. 19) і на основі цих досліджень видали «Атлас гигиенических характеристик экологической среды Донецкой области» (Агарков и др., 2001). Автори відзначають, що для м. Маріуполь характерний небезпечний рівень за-

бруднення ґрунтів, хоча конкретний сумарний показник забруднення не наводиться.

Дослідженню закономірностей розподілу ВМ у зоні аерації Південно-Східного Донбасу присвячені дослідження Л.О. Петрової (2010). Автором було встановлено спеціалізацію геохімічних аномалій, що пов'язані з відходами хімічної, металургійної

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

промисловості та вугледобутку: Cd, W, Sr, Mo; форм ВМ у техногенних геохімічних аномаліях, встановлено співвідношення рухомих і стійких виділено геохімічні бар'єри.

Таблиця 19

Середній вміст ВМ у компонентах навколишнього середовища досліджуваних міст Донецької області (М ± Т) (Грищенко, Іщейкіна, 2009)

Компонент довкілля	Групи порівняння за вмістом ВМ	Середній вміст ВМ*							
		Pb	Hg	Zn	Cu	Ni	Mn	Cr	Cd
Атмосферне повітря	Група 1. Максимальний вміст (мм Маріуполь, Костянтинівка)	0,00077± 0,00003 2,51	0,0002± 0,00004 0,71	0,0719± 0,0006 1,39	0,00164± 0,0005 0,82	0,00081± 0,00006 0,81	0,0071± 0,0007 7,1	0,00511± 0,0005 3,3	0,00037± 0,00006 1,21
	Група 2. Мінімальний вміст (мм Слов'янськ, Червоний Лиман)	0,00035± 0,00002 1,17	—	—	—	—	0,00062± 0,00001 0,62	—	—
Питна вода	Група 1. Максимальний вміст (мм Маріуполь, Костянтинівка)	0,049± 0,005 2,2	0,0034± 0,0005 0,67	0,71± 0,01 0,71	0,78± 0,02 0,78	0,0721± 0,006 0,72	0,193± 0,008 1,93	0,68± 0,02 1,31	0,0183± 0,0009 0,183
	Група 2. Мінімальний вміст (мм Слов'янськ, Червоний Лиман)	0,0075± 0,0004 0,25	—	0,32± 0,01 0,32	0,19± 0,006 0,19	0,011± 0,0005 0,11	0,032± 0,003 0,32	—	—
Ґрунт	Група 1. Максимальний вміст (мм Маріуполь, Костянтинівка)	453,1± 9,5 14,21	2,8± 0,12 1,32	850,0± 25,8 23,0	132,3± 10,1 1,32	102,1± 5,6 2,30	5438,2± 102,3 3,59	1012,6± 14,9 10,50	3,01 0,06 6,0
	Група 2. Мінімальний вміст (мм Слов'янськ, Червоний Лиман)	46,0± 2,1 1,42	0,30± 0,02 0,10	77,9± 3,7 2,11	48,5± 4,2 0,49	51,01± 1,9 1,10	1120,5± 15,1 0,69	110,8± 6,2 1,10	0,321± 0,02 0,60

Примітка: 1. * — у мг/м³ (атмосферне повітря), у мг/л (питна вода), у мг/кг (ґрунт); 2. в чисельнику — середня концентрація металу, у знаменнику — кратність її перевищення ГДК (гранично допустимої концентрації) або середньо фонові концентрації; 3. «—» — відсутність металу у компоненті довкілля

У монографії «Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України» (2012, за редакцією Е.Я. Жовинського, І.В. Кураєвої): викладено результати еколого-геохімічних досліджень об'єктів довкілля природних та техногенних ландшафтів України; наведені дані про закономірності розподілу мікроелементів та їх форм у ґрунтах, поверхневих та підземних водах, рослинності та їх поведінка у трофічному ланцюгу «ґрунт—розчин—рослина». Одна із статей у цій збірці присвячена попередньому оцінюванню впливу діяльності підприємств чорної металургії на навколишнє середовище м. Маріуполя за геохімічними показниками (Кураєва та ін., 2012).

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь також неодноразово висвітлювалися у спільних публікаціях авторів монографії (Войтюк,

2011, 2012, 2013; Войтюк, Кураєва, 2011; Войтюк, Любчик, 2012; Войтюк та ін., 2010, 2011а, б, 2012а, б, 2013, 2014а—в; Кармазиненко, 2008а—в, 2009, 2010а—в, 2011а, б, 2012, 2013а—г; Кармазиненко, Войтюк, 2013а, б; Кармазиненко, Манічев, 2012; Кармазиненко и др., 2011, 2013; Кармазиненко та ін., 2012, 2013а—г; Кураєва та ін., 2010а, б, 2011, 2012; Кураєва и др., 2010а, б, 2011а—в; 2013а, б; Karmazinenko, Voytyuk, 2013; та ін.).

Значну увагу питанням екологічної безпеки довкілля у м. Маріуполь і Донецькій області приділяють державні організації:

➤ *Державне управління охорони навколишнього природного середовища у Донецькій області* (м. Донецьк) постійно проводить моніторингові дослідження за рівнем забруднення ґрунтів, поверхневих вод, атмосферного повітря та інших компонентів довкілля різними забруднювачами; на основі цих даних щороку укладаються Екологічні паспорти Донецької області (2008—2012), друкуються доповіді (Доклад..., 2007; Регіональна..., 2007—2012), випускаються книги «Земля тревоги на-

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

шей» (2003, 2009, 2010) і атласи («Екологічний атлас Донецької області», 2011) у яких наведені узагальнюючі дані про екологічну ситуацію, яка склалася у цьому регіоні;

➤ *Центральна геофізична обсерваторія* (м. Київ) проводить свої спостереження за рівнем забруднення компонентів довкілля (в тому числі і на території м. Маріуполь) і щороку за даними спостережень гідрометслужби випускає щорічники забруднення ґрунтів (2007—2011), атмосферного повітря (2007—2012), атмосферних опадів та снігового покриву (2008—2012), поверхневих вод суші (2008—2012). На основі даних, що вміщені у цих щорічниках виходять загальні доповіді

Центральної геофізичної обсерваторії про стан забруднення природного середовища на території України (Гірій та ін., 2007—2010, 2012; Косовець, Колісник, 2010);

➤ *Міністерство екології та природних ресурсів України* (м. Київ) збирає і аналізує дані про екологічний стан компонентів довкілля Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області, Центральної геофізичної обсерваторії та інших природоохоронних структур областей України і щороку випускає річні звіти у формі Національних доповідей про стан навколишнього природного середовища в Україні по кожній області (2002, 2003, 2005, 2007, 2011а, б).

1.4. Джерела забруднення навколишнього середовища міста, його основні екологічні проблеми

Матеріальними носіями забруднення є забруднюючі речовини — хімічні елементи та їх сполуки (у тому числі ВМ), які в свою чергу пов'язані з наявністю *джерел забруднення*. Даний термін має не дуже визначене формулювання. Так, під джерелом забруднення може бути як вид людської діяльності (металургійне виробництво, сільське господарство та ін.), так і конкретні об'єкти діяльності (завод, звалище, автомобільний транспорт та ін.), а також матеріальні носії забруднюючих речовин (засоби хімізації, відходи виробництва) (Саєт и др., 1990).

У нашому випадку ми маємо справу з *техногенним* (антропогенним, хімічним) забрудненням довкілля, під яким слід розуміти зміну хімічних властивостей навколишнього середовища, що проявляється у збільшенні вмісту хімічних елементів (сполук), не пов'язаних з природними процесами (Аммосова и др., 1989).

Донецька область займає головне місце в економічному потенціалі України. На її території створена потужна техносфера, що включає понад 1100 значних промислових підприємств гірничодобувної, металургійної, хімічної промисловості, енергетики, важкого машинобудування та будівельних матеріалів, експлуатується близько 300 родовищ корисних копалин. Висока концентрація промислового, сільськогосподарського виробництва, транспортної інфраструктури в поєднанні із значною щільністю населення створили величезне навантаження на біосферу — найбільшу в Україні і Європі (Регіональна..., 2012).

Суттєво впливають на навколишнє природне середовище гірничодобувні підприємства, агломераційні фабрики (викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря), відходи видобутку та збагачення (шлами, забруднення навколишнього середовища і тиск на земну поверхню), масові вибухи в кар'єрах (викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря та сейсмічне навантаження), шахтні води (забруднення водних об'єктів) (Регіональна..., 2012).

Сьогодні на території Донецької області, яка становить лише 4,4 % від загальної площі України, зосереджена п'ята частина промислового потенціалу нашої держави, 78 % якого припадає на екологічно небезпечні виробництва металургійної та видобувної галузей, виробництво електроенергії й виробництво коксу. Підприємства саме цих галузей найнегативніше впливають на довкілля області (Регіональна..., 2012).

Підприємства чорної металургії Донецької області є основними забруднювачами довкілля. На підприємствах цієї металургійної галузі більше 80 % шкідливих викидів в атмосферу припадає на агломераційне та доменне виробництво (Регіональна..., 2012).

Сучасну екологічну ситуацію в Донецькій області, особливо у промислових районах і центрах, для яких характерна надмірна концентрація підприємств важкої індустрії, можна охарактеризувати як складну. Високий ступінь зношення основних фондів і відставання технічного рівня металургійної

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

галузі від кращих світових досягнень призводить до надмірно високої енергоємності продукції, збільшення утворення відходів виробництва та надмірного забруднення навколишнього природного середовища у місцях розташування підприємств. Граничні рівні забруднення доквілля перевищують норми якості у декілька, та навіть десятки, разів (Регіональна..., 2012).

Зростання забруднення доквілля промисловими підприємствами, тривала інтенсифікація індустріального і сільськогосподарського виробництва на фоні недостатніх капітальних вкладень в охорону навколишнього середовища і низька ефективність використання поточних і миттєвих витрат призво-

дять до подальшої екологічної катастрофи у Донецькій області. Якщо в середньому по Україні кількість шкідливих речовин за 1988 р., що надходять в атмосферу, — 915 кг на людину, то в Донецькій області — 2299. У розрахунку на 1 м² території щорічні викиди тут у 6 раз більші, ніж у середньому по країні (Поляков и др., 1992).

У табл. 20 наведено шкідливі речовини, які постійно присутні в біосфері і цей список можна продовжувати й далі. Перелік цих речовин росте з кожним днем, як і з кожним роком загострюється екологічна ситуація у Донбасі, Україні і світі (Говта, 2007; Дорогунцов та ін., 2005).

Таблиця 20

Перелік екологічно шкідливих речовин, які найбільш часто зустрічаються на території України (Говта, 2007; Дорогунцов та ін., 2005)

Середовище	Речовини
Повітря	Вуглекислий газ, вуглець та його сполуки, фтор, бенз(а)пірен, сірководень, двоокис азоту, аміак, кремній і його сполуки, азотисті пари, соляна кислота, метан, пари бензину, альдегіди, свинець і його сполуки, ангідриди, феноли
Вода	Залізо, хлориди, сульфати, солі кальцію, магнію, миш'як, берилій, молібден, стронцій, нітрати, уран
Ґрунт	Двоокиси сірки, скандій, ванадій, миш'як, свинець, цинк, манган, мідь, стронцій, ртуть, рубідій, діоксин

Найгострішою екологічною проблемою Донецького регіону, яка вимагає як найшвидшого вирішення, є забруднення повітряного басейну (Регіональна..., 2012). За інформацією управління Державної служби статистики України викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферу від стаціонарних джерел забруднення за 2011 р. становили 1525,9 тис. тон (без урахування викидів діоксиду вуглецю), що на 147,8 тис. тон або на 10,7 % більше, ніж за 2010 р. У середньому на одне підприємство припало по 1538,2 тон забруднюючих речовин. Крім того, обсяги викидів діоксиду вуглецю склали 63,6 млн. тон. Від пересувних джерел цей показник склав 203,398 тис. тон. Загальні викиди в атмосферне повітря області склали 1729,298 тис. тон. (табл. 21).

Зростання обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Донецької області в 2005—2007 рр. та зменшення викидів в 2008—2010 рр. пов'язано з відповідним зростанням та спадом обсягів виробництва. Збільшення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне пові-

тря на 147,8 тис. тон у 2011 р. по відношенню до 2010 р. є наслідком підйому виробництва.

На рис. 3 (див. вклейку) показано обсяг викидів (тис. тон) забруднюючих речовин в атмосферне повітря в містах і районах Донецької області від стаціонарних та пересувних джерел забруднення. Динаміку викидів забруднюючих речовин протягом 2000—2010 рр. в атмосферне повітря Донецької області від стаціонарних джерел забруднення у порівнянні з Україною відображено на рис. 4 (Екологічний..., 2011).

Основними забруднювачами атмосферного повітря в регіоні залишаються підприємства чорної металургії, теплові електростанції та підприємства вугільної промисловості. На виробничі об'єкти, цих підприємств припадає майже 92,9 % викидів всіх шкідливих речовин. Обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря підприємства добувної промисловості складають 421,272 тис. тон, або 27,61 %, чорної металургії — 4445,95 тис. тон, або 29,23 %, енергетики — 574,612 тис. тон, або 37,66 % (табл. 22).

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Таблиця 21

Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними та пересувними джерелами забруднення за 1990—2010 рр. у межах України (Національна..., 2011), Донецької області (Екологічний..., 2008—2012; Регіональна..., 2012) і м. Маріуполь (Національна..., 2011)

Роки	Обсяг викидів забруднюючих речовин						
	Україна, тис. тон			Донецька обл., тис. тон			м. Маріуполь
	Всього	Стаціонарними джерелами	Пересувними джерелами ¹	Всього	Стаціонарними джерелами	Пересувними джерелами	Стаціонарними джерелами
1990	15549,4	9439,1	6130,3	—	—	—	—
1991	14315,4	8774,6	5540,8	—	—	—	—
1992	12269,7	8632,9	3636,8	—	—	—	—
1993	10015,0	7308,3	2706,7	—	—	—	—
1994	8347,4	6201,4	2146,0	—	—	—	—
1995	7483,5	5687,0	1796,5	—	—	—	—
1996	6342,3	4763,8	1578,5	—	—	—	—
1997	5966,2	4533,2	1433,0	—	—	—	—
1998	6040,8	4156,3	1884,5	—	—	—	—
1999	5853,4	4106,4	1747,0	—	—	—	—
2000	5908,6	3959,4	1949,2	889,7	684,4	205,3	340,4
2001	6049,5	4054,8	1994,7	—	—	—	—
2002	6101,9	4075,0	2026,9	—	—	—	—
2003	6191,3	4087,8	2103,5	—	—	—	—
2004	6325,9	4151,9	2174,0	1835,4	1598,3	237,1	—
2005	6615,6	4464,1	2151,5	1862,9	1638,1	224,8	425,7
2006	7027,6	4822,2	2205,4	1895,2	1659,7	235,5	397,3
2007	7380,0	4813,3	2566,7	1871,2	1653,4	217,8	421,1
2008	7210,3	4524,9	2685,4	1762,2	1533,4	233,7	359,3
2009	6442,9	3928,1	2514,8	1512,7	1299,8	213,5	283,9
2010	6678,0	4131,6	2546,4	1589,9	1378,1	211,7	364,3
2011	—	—	—	1729,3	1525,9	203,4	382,4

Примітка: ¹За 1990—2002 рр. відображено дані стосовно автомобільного транспорту; з 2003 р. — стосовно автомобільного, залізничного, авіаційного, водного транспорту; з 2007 р. — стосовно автомобільного, залізничного, авіаційного, водного транспорту та виробничої техніки

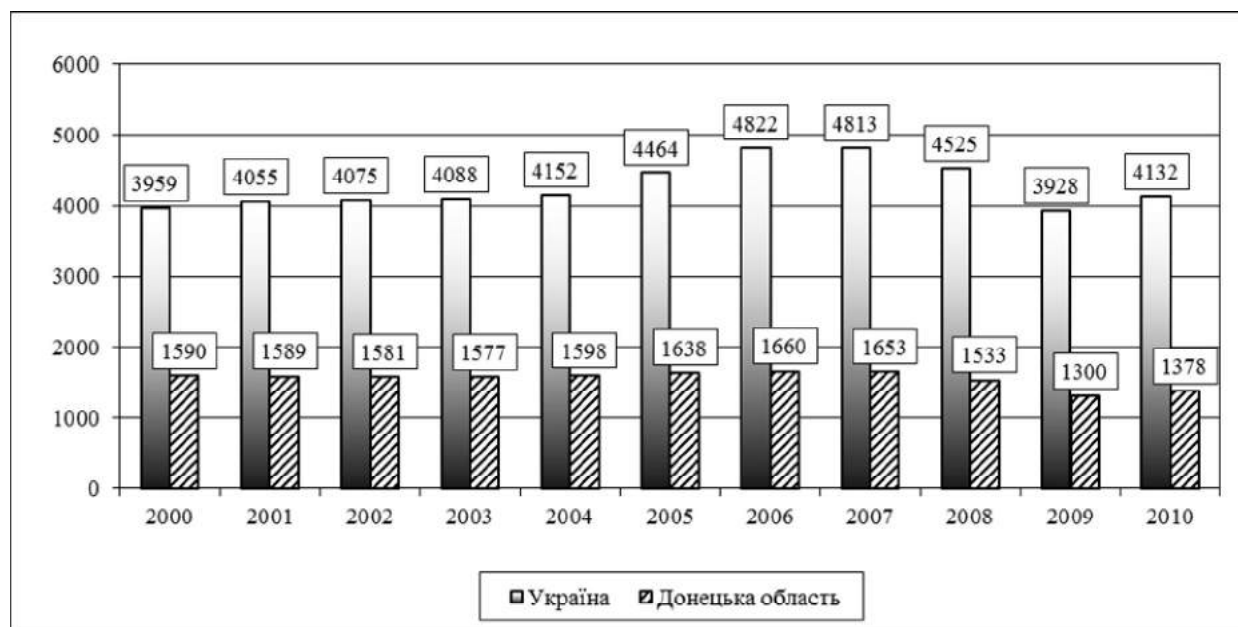


Рис. 4. Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Донецької області від стаціонарних джерел забруднення у порівнянні з Україною (Екологічний..., 2011)

Суттєвим джерелом забруднення атмосферного повітря області є транспортні засоби, на які припадає 11,8 % об'єму викинутих в атмосферу забруднюючих речовин — 203,4 тис. тон (дані за 2011 р.) (Регіональна..., 2012).

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Таблиця 22

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря за видами економічної діяльності (Екологічний..., 2012)

Види економічної діяльності	Обсяги викидів по Донецькій області	
	тис. тон	у % до підсумку
Усі види економічної діяльності	1524,864	100
У тому числі:		
Добувна промисловість	421,122	27,6
Переробна промисловість, у тому числі:	501,571	32,9
Виробництво коксу, продуктів нафтопереробки та ядерних матеріалів	40,2	2,6
Металургійне виробництво	444,952	29,2
Виробництво та розподілення електроенергії, газу та води	573,890	37,6
Діяльність транспорту та зв'язку	6,865	0,5

Місто **Маріуполь** — найбільший індустріальний центр південно-сходу України, з майже 500-тисячним (486,3 тис. чоловік) населенням. Територія міста складає 243,9 км² (Екологічний..., 2012; Мариуполь..., 2008). Близькість Донецького кам'яновугільного басейну, зручний морський та залізничний зв'язок з сировинно-видобувними та паливо-видобувними районами обумовили розвиток міста як з одного з найбільших металургійних центрів країни. Поряд з металургією отримали розвиток машинобудування, промисловість будівельних матеріалів, виробництво товарів народного споживання. На частку металургійних комбінатів припадає близько 90 % продукції, що виробляється у місті. Найбільшими промисловими підприємствами у місті є металургійні комбінати (Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча («ММК ім. Ілліча») і металургійний комбінат Азовсталь («МК Азовсталь»)), коксохімічний завод «Маркохім», машинобудівне підприємство «Азов». Важливе значення в промисловій інфраструктурі міста займає Маріупольський торговельний порт. В теперішній час це найбільший порт в Азовському морі. П'ятнадцять причалів порту приймають до вантажопереробки вугілля, метали, зерно, продовольчі та хімічні вантажі. Загалом у селітебній зоні міста розташовано більше 50 великих підприємств, у тому числі два металургійних комбінати з повним металургійним циклом, коксохімічний завод, великий машинобудівний концерн та інші, на яких представлено приблизно 5000 стаціонарних джерел викидів шкідливих речовин (Фондові..., 2010).

Серед різних джерел, що забруднюють повітря, ґрунти, рослини, поверхневі і підземні води ВМ у м. Маріуполі, головними вважаються підприємства чорної металургії. Саме тому вирішення питання забруднення компонентів навколишнього середо-

вища ВМ та іншими поллютантами є дуже актуальним (Говта, 2007).

У грудні 2000 р. на загальноміській конференції учасники проекту «Маріупольська екологічна ініціатива» почали процес ідентифікації й оцінки екологічних проблем, що тривав до кінця квітня 2001 р. Для того, щоб успішно вирішувати екологічні проблеми необхідно їх чітко сформулювати. Необхідно також визначити, які з проблем є найбільш важливими, які із загроз становлять найбільшу небезпеку і чинять найбільш сильний вплив на здоров'я жителів міста, навколишнє середовище і якість життя населення. Перелік виявлених **основних екологічних проблем м. Маріуполь**:

- атмосферні викиди промислових підприємств (оксиди сірки й азоту, ВМ);
- викиди в атмосферу у результаті спалювання сміття в приватному секторі;
- викиди автотранспорту;
- високий рівень забруднення морської води (каналізаційні стоки, витоки з промислових відстійників, розташованих поблизу моря);
- високий рівень іонізуючої радіації на пляжі;
- нелегальні смітники побутових відходів;
- забруднення від смітників промислових відходів;
- забруднення піску на пляжі (пил, тверді частки, сміття);
- забруднення парків, дитячих площадок собаками;
- поховання померлих домашніх тварин, не відповідають санітарним нормам;
- забруднення ґрунту;
- неочищені побутові і промислові стічні води;
- скидання баластових вод;
- алергійні фактори рослинного походження (амброзія, тополіний пух);
- шум у житловій зоні;
- погана якість питної води (неочищена питна вода, наднормативна твердість);

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

- сірка і вугілля, що висипаються на залізничну полотнину;
- глобальне потепління;
- відсутність зон відпочинку;
- екологічна безграмотність населення.

Для м. Маріуполь характерний «український» тип забруднення, коли в періоди з температурною інверсією і циклональною погодою в приземному шарі повітря зосереджується основна маса промислових і транспортних забруднювачів атмосфери. Шкідливий вплив загазованості і запиленості повітря на рослини та інші компоненти довкілля, підсилюється частими ґрунтовими й атмосферними посухами (Поляков и др., 1992).

Найбільш гострою екологічною проблемою м. Маріуполь є високе забруднення *атмосферного повітря* викидами промислових підприємств. Оскільки надходження ВМ в навколишнє середовище відбувається в основному через атмосферу. Від стану повітряного середовища прямо залежить здоров'я населення. Повітря, яким дихають жителі Маріуполя, містить: пил, до складу якого входять оксиди кремнію і заліза, сірка, вугілля, кокс, ВМ; бенз(а)пірен; органічні речовини (фенол, толуол, формальдегід, ксилол); аміак; оксид вуглецю; оксиди азоту; діоксид сірки; фтористий водень; сірчистий ангідрид (табл. 23).

Таблиця 23

Зміна середнього рівня ($q_{\text{ср}}$) забруднення атмосферного повітря за 5 років (2003—2007 рр.) по м. Маріуполь (Регіональна..., 2008)

Домішки	Характеристики	Роки					Тенденція, Т
		2003	2004	2005	2006	2007	
Пил	$q_{\text{ср}}$	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	-0,2000
	n	1632	2321	2651	2719	2700	
Діоксид сірки	$q_{\text{ср}}$	0,018	0,017	0,015	0,008	0,009	-0,0027
	n	3166	3012	2941	2983	3007	
Оксид вуглецю	$q_{\text{ср}}$	1	2	2	1	2	0,1000
	n	2883	2726	2680	2723	2734	
Діоксид азоту	$q_{\text{ср}}$	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,0010
	n	3166	3012	2941	2983	3040	
Фенол	$q_{\text{ср}}$	0,005	0,004	0,005	0,004	0,003	-0,0004
	n	1643	1594	1584	1649	1591	
Формальдегід	$q_{\text{ср}}$	0,008	0,007	0,005	0,013	0,017	0,0024
	n	1380	1336	1657	1971	2134	
Кадмій	$q_{\text{ср}}$	0,010	0,007	0,020	0,020	0,020	0,0033
	n	25	24	33	30	33	
Залізо	$q_{\text{с}}$	2,47	2,19	3,19	2,87	3,53	0,2800
	n	25	24	33	30	33	
Манган	$q_{\text{ср}}$	0,100	0,100	0,120	0,130	0,160	0,0150
	n	25	24	33	30	33	
Мідь	$q_{\text{ср}}$	0,08	0,08	0,07	0,27	0,17	0,0370
	n	25	24	33	30	33	
Нікель	$q_{\text{ср}}$	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	-0,0020
	n	25	24	33	30	33	
Свинець	$q_{\text{ср}}$	0,06	0,06	0,08	0,09	0,07	0,0050
	n	25	24	33	30	33	
Хром	$q_{\text{ср}}$	0,050	0,010	0,010	0,010	0,010	-0,0080
	n	25	24	33	30	33	
Цинк	$q_{\text{ср}}$	0,30	0,29	0,26	0,35	0,30	0,0060
	n	25	24	33	30	33	
Бенз(а)пірен	$q_{\text{ср}}$	1,20	1,30	1,77	1,50	1,40	0,0600
	n	33	39	26	28	28	

У табл. 24 показана динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря у найбільш забруднених містах України впродовж 2000, 2005—2010 рр. За індексом забруднення атмосфери (ІЗА) у 2010 р. м. Маріуполь відзначається найбільшим

показником (17,7) в Україні, потім ідуть м. Макіївка (16), Дніпродзержинськ (14,8), Лисичанськ (14,5), Донецьк (14,6) (рис. 5), у 2009 р. ці показники були більшими (табл. 25).

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Таблиця 24

Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря у розрізі міст України (Національна..., 2011)

Назва населеного пункту	Викиди забруднюючих речовин, тис. тон						
	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Бурштин	118,9	176,5	238,5	246,1	218,3	191,2	146,8
Дебальцеве	108,6	95,5	120,1	101,9	114,9	119,2	112,8
Дніпропетровськ	97,3	128,8	127,1	122,8	120,3	105,6	110,0
Дніпродзержинськ	105,0	126,1	128,1	120,7	110,3	110,8	108,5
Запоріжжя	135,5	153,9	149,5	147,5	130,4	94,3	109,6
Зеленодольськ	79,4	108,6	150,4	142,6	146,0	133,6	173,4
Енергодар	80,8	98,4	98,1	75,5	80,6	79,2	100,3
Комсомольське	95,2	104,4	123,6	98,8	115,5	95,1	108,1
Кривий Ріг	443,4	523,9	577,5	608,5	449,4	321,6	395,0
Курахово	117,2	103,4	139,1	160,2	162,8	121,9	123,9
Луганськ	144,2	118,8	140,8	150,6	175,8	150,4	160,7
Маріуполь	340,4	425,7	397,3	421,1	359,3	283,9	364,4
Новий Світ	121,8	123,7	117,1	108,6	98,1	104,8	109,9

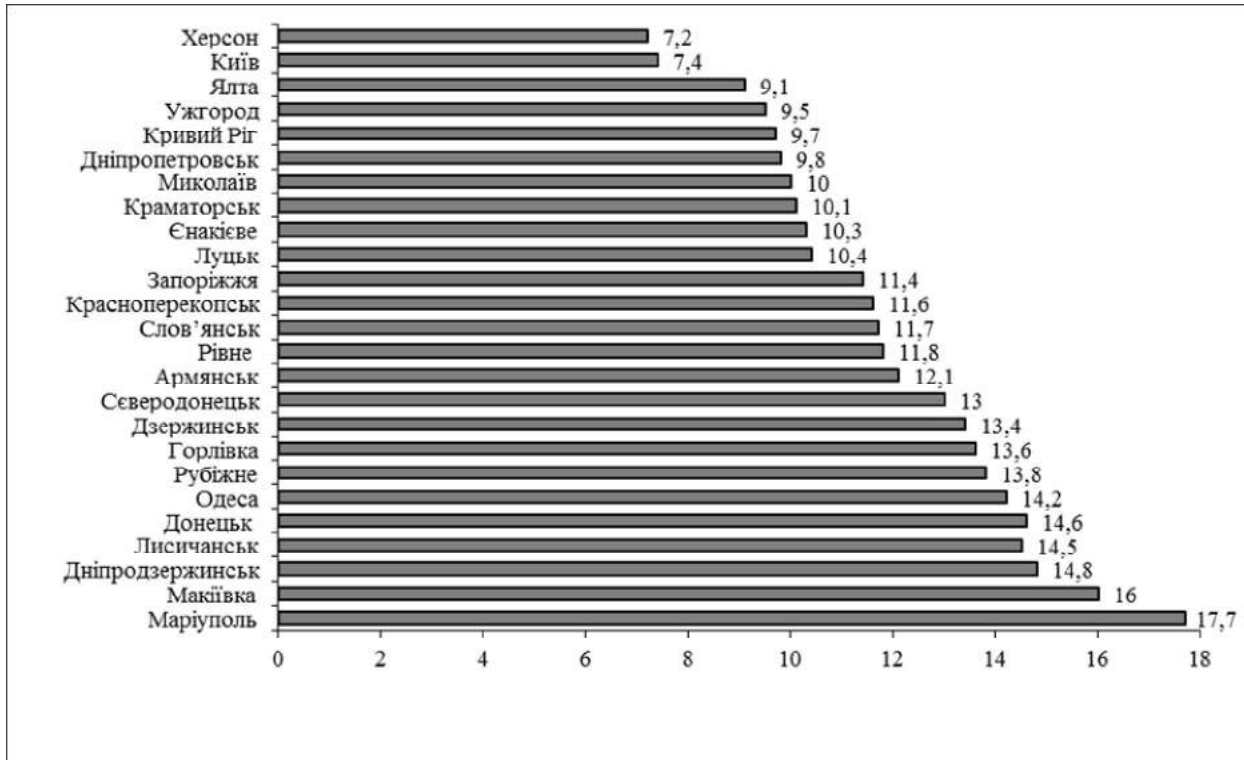


Рис. 5. Значення індексу забруднення атмосфери (ІЗА, ум. од.) у розрізі міст України (Національна..., 2011)

У структурі викидів забруднюючих речовин Донецької області за 2011 р. найбільшу питому вагу займають діоксид та інші сполуки сірки (449 тис. тон або 29,4 % загального обсягу). Обсяги викидів оксиду вуглецю становили 404 тис. тон (26,5 %), метану 357 тис. тон (23,4 %), речовини у вигляді суспендованих твердих частинок 209,8 тис. тон (13,7 %), сполук азоту — 87,9 тис. тон (5,8 %). Це

спричинено тим, що на території Донецької області створена потужна техносфера, що включає промислові підприємства гірничо-видобувної, металургійної, хімічної промисловості, енергетики та ін. Обсяги викидів від стаціонарних джерел забруднення за видами забруднюючих речовин у містах Донецької області за 2011 рік можна прослідити у табл. 26 (Регіональна..., 2012).

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Таблиця 25

Рівень забруднення атмосферного повітря за значенням ІЗА (Регіональна..., 2010)

Міста, (значення ІЗА)	Забруднюючі речовини, які визначають високий рівень забруднення атмосферного повітря
Донецьк, 22,15	Формальдегід, діоксид азоту, бенз(а)пірен, фенол, пил
Макіївка, 13,72	Бенз(а)пірен, формальдегід, діоксид азоту, фенол, пил
Єнакієве, 10,98	Формальдегід, діоксид азоту, фенол, пил, оксид вуглецю
Маріуполь, 20,71	Формальдегід, бенз(а)пірен, діоксид азоту, фенол, пил
Краматорськ, 8,28	Формальдегід, фтористий водень, оксид вуглецю, діоксид азоту, фенол
Слов'янськ, 9,81	Формальдегід, бенз(а)пірен, оксид вуглецю, фтористий водень, фенол
Горлівка, 11,07	Формальдегід, аміак, пил, діоксид азоту, оксид вуглецю
Дзержинськ, 15,74	Формальдегід, діоксид азоту, пил, фенол, оксид вуглецю

Таблиця 26

Обсяги викидів від стаціонарних джерел забруднення за видами забруднюючих речовин у деяких містах Донецької області, тис. тон (Регіональна..., 2012)

Місто, район	Всього викидів	У тому числі				
		Метан	Оксид вуглецю	Діоксид та інші сполуки сірки	Пил	Сполуки азоту
Донецьк	71,128	32,415	21,36	8,664	4,22	3,296
Дебальцеве	126,9	0,065	1,448	108,408	7,36	9,634
Макіївка	53,2	33,474	3,772	7,960	4,301	3,439
Маріуполь	382,4	0,410	305,415	21,560	23,142	19,079
Харцизьк	103,1	2,591	1,293	80,573	7,012	11,261
Всього по області	1525,9	7,802	403,953	448,987	209,761	87,9

Основними забруднювачами атмосферного повітря в області залишаються підприємства вугільної промисловості, металургії та підприємства — виробники електроенергії. Їх частка у загальному обсязі викидів складає 92,9 %. Отже найбільше забруднення атмосферного повітря спостерігається саме в тих містах, де розташовані підприємства цих видів діяльності. Зокрема за 2011 р. (табл. 27) у

м. Маріуполь всього викинуто 382,4 тис. тон. забруднюючих речовин (чверть усіх викидів по області); м. Дебальцеве — 127 тис. тон (8,3 % обласного обсягу викидів); м. Донецьк — 71,1 тис. тон (4,7 %); м. Харцизьк — 103,1 тис. тон (6,8 %). Значне місце серед забруднюючих речовин займають оксид вуглецю, діоксиди сірки і азоту, пил та інші сполуки (табл. 28).

Таблиця 27

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у регіоні по окремих населених пунктах Донецької області, тис. тон (Регіональна..., 2010—2012)

Місто, район	Роки									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Донецьк	161,1	197,5	168,9	139,9	125,9	101,7	80,3	80,2	71,1	
Дебальцеве	117,8	98,9	95,5	120,1	101,9	114,9	119,2	112,8	126,9	
Макіївка	112,3	119,4	124,8	123,5	131,5	110,1	64,8	58,1	53,2	
Маріуполь	401,6	418,9	425,7	397,3	421,1	359,3	283,9	364,3	382,4	
Харцизьк	67,6	43,3	68,9	84,3	93,4	73,3	72,97	75,4	103,1	
Всього по області	1580,5	1598,3	1638,1	1659,7	1653,4	1533,4	1299,8	1378,1	1525,9	

Значний внесок у загальне забруднення міста вносять підприємства чорної металургії — «ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь» та завод «Маркохім», викиди яких складають 98 % від загальноміських. Металургійні комбінати входять до 100 найбільших забруднювачів довкілля (табл. 29). Основними джерелами забруднення є аглофабрики, доменні та мартенівські цехи, коксові батареї, відділення хімкарила коксохімічного заводу, механоскладальні цехи ме-

талургійних комбінатів. За забрудненням повітряного басейну Маріуполь відноситься до самих неблагополучних міст Донецької області і всієї України. Положення ускладнює невдале розміщення металургійних підприємств на території міста. Більшість вітрів у напрямку міста збільшують його забруднення викидами «ММК ім. Ілліча», а «МК Азовсталь» і завод «Маркохім» розміщені у центральній густонаселеній частині міста.

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Таблиця 28

Динаміка викидів стаціонарними джерелами в атмосферне повітря, в тому числі по найпоширенішим речовинам (пил, діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю) в цілому по Донецькій області та в розрізі населених пунктів, тис. тон (Регіональна..., 2012)

Роки	Забруднюючі речовини	Міста					Всього по області
		Донецьк	Дебальцеве	Макіївка	Маріуполь	Харцизьк	
2007	Разом, у тому числі:	125,9	101,9	131,5	421,1	93,4	1653,4
	Пил	5,2	8,5	21,2	14,96	8,4	218,2
	Діоксид та інші сполуки сірки	6,8	83,6	11,4	23,0	68,2	404,3
	Діоксид азоту	5,2	8,6	8,8	25,2	7,3	97,5
	Оксид вуглецю	14,4	1,0	46,6	336,5	1,3	472,4
2008	Разом, у тому числі:	101,7	114,9	110,1	359,3	73,3	1533,4
	Пил	4,9	7,1	16,2	13,6	7,1	213,0
	Діоксид та інші сполуки сірки	7,98	96,8	10,0	19,7	52,9	381,5
	Діоксид азоту	5,1	9,9	7,0	19,3	6,9	94,6
	Оксид вуглецю	18,3	1,1	32,8	289,0	1,0	408,0
2009	Разом, у тому числі:	80,3	119,2	64,8	283,9	72,97	1299,8
	Пил	5,5	6,5	4,8	16,8	6,0	178,1
	Діоксид та інші сполуки сірки	6,95	102,6	10,5	16,1	55,4	367,5
	Діоксид азоту	3,7	8,7	3,1	14,2	6,7	74,3
	Оксид вуглецю	17,1	1,3	4,7	226,3	1,0	313,3
2010	Разом, у тому числі:	35,65	103,23	18,65	333,08	62,62	954,21
	Пил	4,22	7,05	4,69	22,71	6,36	194,25
	Діоксид та інші сполуки сірки	8,89	94,66	9,83	20,81	55,23	375,65
	Діоксид азоту	0,57	0,14	0,13	0,02	0,13	1,84
	Оксид вуглецю	21,97	1,37	4,0	289,55	0,92	382,46
2011	Разом, у тому числі:	37,54	126,85	19,47	369,2	27,62	1205,39
	Пил	4,22	7,36	4,30	23,14	7,01	209,76
	Діоксид та інші сполуки сірки	8,66	108,41	7,96	21,56	8,06	448,99
	Діоксид азоту	3,30	9,63	3,44	19,08	11,26	87,92
	Оксид вуглецю	21,36	1,45	3,77	305,42	1,29	403,95

Таблиця 29

Перелік підприємств металургійної промисловості, які входять до 100 найбільших забруднювачів в Україні (Національна..., 2011)

Найменування підприємств	Вплив на довкілля
Дніпропетровська область	
ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат імені Дзержинського» (м. Дніпродзержинськ)	Викиди, відходи
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (м. Кривий Ріг)	
ПАТ «Євраз — Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського» (м. Дніпропетровськ)	
Донецька область	
ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» (м. Маріуполь)	Викиди, скиди, відходи
ПАТ «Металургійний комбінат Азовсталь» (м. Маріуполь)	Викиди, відходи
Запорізька область	
ВАТ «Запоріжсталь» (м. Запоріжжя)	Викиди, скиди, відходи
ВАТ «Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат» (м. Запоріжжя)	
ПАТ «Запорізький завод феросплавів» (м. Запоріжжя)	Викиди, відходи
ВАТ «Дніпроспецсталь» (м. Запоріжжя)	Відходи
Кіровоградська область	
ТОВ «Побузький феронікелевий комбінат» (смт Побузьке, Голованівський район)	Викиди
Луганська область	
ПАТ «Алчевський металургійний комбінат» (м. Алчевськ)	Викиди, скиди, відходи
Миколаївська область	
ТОВ «Миколаївський глиноземний завод» (м. Миколаїв)	Викиди, відходи

Примітка: ПАТ — публічне акціонерне товариство, ВАТ — відкрите акціонерне товариство, ТОВ — товариство з обмеженою відповідальністю

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферу від усіх підприємств м. Маріуполь становила у: 1989 р. — 752,9 тис. тон в рік (5 215 джерел забруднення із них близько 98 % — на металургійні

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

комбінати «ММК ім. Ілліча» та «МК Азовсталь» й завод «Маркохім»); 1990 р. — 610 тис. тон в рік; 1996 р. — 340 тис. тон в рік; 1997 р. — 350 тис. тон в рік; 2003 р. — 401,6 тис. тон в рік.

На рис. 6 показана динаміка викидів в атмосферу (млн. тон) м. Маріуполь впродовж 1994—2011 рр. зі всіх стаціонарних джерел (Національна..., 2011; Поживанов, 2014).

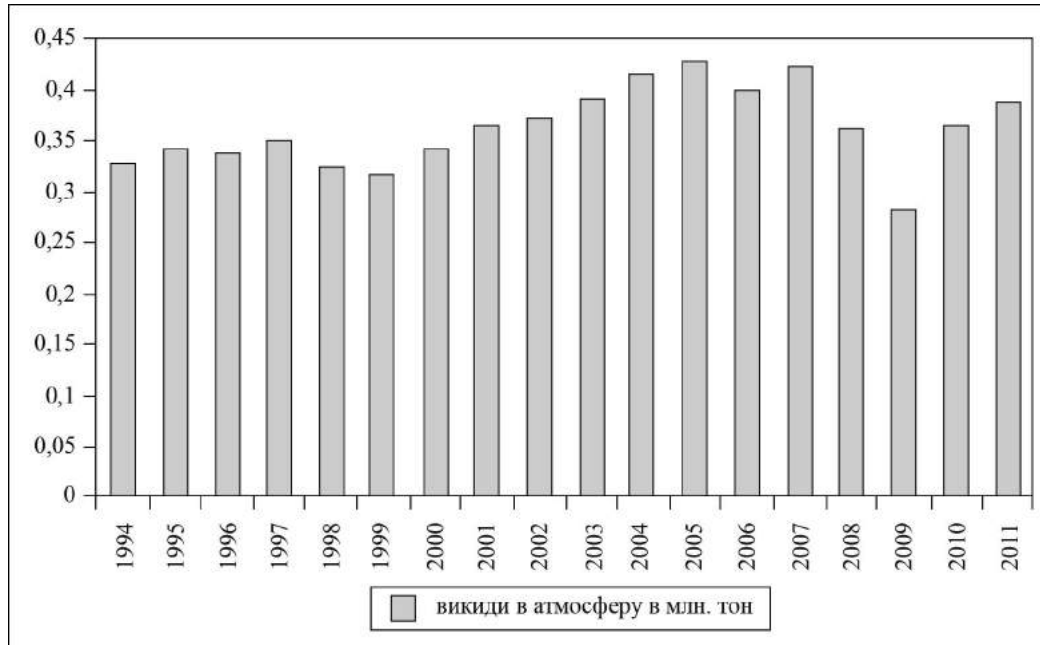


Рис. 6. Викиди в атмосферу м. Маріуполь в 1994—2011 рр. зі всіх стаціонарних джерел (млн. тон) (Національна..., 2011; Поживанов, 2014)

Таким чином високі рівні забруднення атмосферного повітря у м. Маріуполь зумовлені перш за все значними викидами металургійних комбінатів «ММК ім. Ілліча» та «МК Азовсталь», а також заводу «Маркохім». Наприклад, у 1999 р. із 316,4 тис. тон викинутих шкідливих речовин (у тому числі твердих — 11,0 % — 34,9 тис. тон, газоподібних — 89,0 % — 281,5 тис. тон) підприємствами міста припадало: 69,2 % — 218,8 тис. тон на «ММК ім. Ілліча»; 26,9 % — 85,2 тис. тон на «МК Азовсталь»; 3,0 % — 9,5 тис. тонн на коксохімічний завод «Маркохім»; 0,9 % — 2,9 тис. тон на інші підприємства (Фондові..., 2010).

Аналізуючи динаміку викидів забруднюючих речовин в атмосферу стаціонарними джерелами по

місту (табл. 30, 31) за 2010 р., слід відмітити, що валові викиди забруднюючих речовин від металургійних комбінатів «ММК ім. Ілліча» та «МК Азовсталь» складають 96,1 % (Фондові..., 2010).

Однією з причин значних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є моральне старіння та фізичне зношення технологічного та пилогазоочисного устаткування. Через це на підприємствах, основних забруднювачах атмосферного повітря, в докільля викидаються значні обсяги забруднюючих речовин: «ММК ім. Ілліча» — 233,58 тис. тон, «МК Азовсталь» — 144,8 тис. тон за 2011 р. (табл. 32, 33).

Таблиця 30

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферу тис. тон/місяць у 2010 р. (Фондові..., 2010)

Основні підприємства забруднювачі	Листопад 2009 року	Грудень 2010 року
Валові викиди, тис. тон/місяць Всього по місту, у тому числі	337,5	333,7
ПАТ «ММК ім. Ілліча»	216	214
ПАТ «МК Азовсталь»	109,8	109
ПАТ «Азовмаш»	0,87	0,47
ВАТ «Маркохім»	10,9	10,3

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

Таблиця 31

Обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в 2010 р. за основними підприємствами металургійної промисловості (Національна..., 2011)

Підприємства	Обсяги викидів забруднюючих речовин, тис. тон
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	321,3
ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»	216,8
ПАТ «Металургійний комбінат Азовсталь»	143,9
ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат імені Дзержинського»	102,2
ПАТ «Алчевський металургійний комбінат»	82,7
ВАТ «Запорізький металургійний комбінат Запоріжсталь»	69,8
ПАТ «Єнакіївський металургійний завод»	38,7
ПАТ «Євраз — Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського»	8,1

Таблиця 32

Основні забруднювачі атмосферного повітря за 2011 р. у м. Маріуполь (Екологічний..., 2012)

Назва об'єкту	Назва забруднюючої речовини	Частка викидів забруднюючої речовини		
		Всього викидів, тон/рік	До загального обсягу викидів об'єкту, %	До загального обсягу викидів (населеного пункту), %
ПАТ «ММК ім. Ілліча»	Тверді	9933,752	4,25	2,56
	CO	183773,422	78,68	48,06
	NO _x	12050,249	5,16	3,15
	SO ₂	16547,288	7,02	4,33
ПАТ «МК Азовсталь»	Тверді	11191,265	7,73	2,93
	CO	121249,068	83,73	31,71
	NO _x	6408,391	4,43	1,68
	SO ₂	4877,254	3,37	1,28

Таблиця 33

Підприємства — основні забруднювачі атмосферного повітря м. Маріуполь (викиди забруднюючих речовин, тис. тон) (Регіональна..., 2011, 2012)

Підприємства	Роки									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
ПАТ «МК Азовсталь»	124,8	140,4	149,9	165,7	163,8	136,1	122,3	143,9	144,8	
ВАТ «Маркохім»	11,6	11,4	10,2	—	—	—	—	—	—	
ПАТ «ММК ім. Ілліча»	257,3	264,9	263,2	229	254,8	220,4	158,9	216,8	233,6	

Наведемо коротку характеристику двох металургійних комбінатів м. Маріуполь (Козина, 1999):

➤ на «ММК ім. Ілліча» працюють аглофабрика і доменний цех, є сталеплавильне, прокатне і ливарне виробництва, функціонують переробні цехи (шлакопереробки, асфальтно-бетонний завод, цех товарів широкого вжитку), ремонтні цехи. В процесі виробництва щорічно викидається в атмосферу 396013 тон відходів, в тому числі 55667,9 тон твердих речовин і 340344,6 тон газоподібних. В атмосферу викидається (в тон/рік), дані на період 1991 р.: пил абразивний — 8,6; пил агломераційний і коксовий — 39856; пил графітовий — 1949,7; пил деревний — 8,08; пил неорганічний — 13681,3; оксид алюмінію — 0,2; оксид цинку — 12,5; оксид хрому — 4,39; оксид ванадію — 2,35; оксид мангану — 0,3; сірчистий ангідрид — 37076; оксид вуглецю — 272957; оксид азоту — 29425; сірководень — 842; сірчана кислота — 22,2; уайт спірит — 14,8; ксилол — 3,3; бензол — 2,02, толуол — 1,68; ацетон — 5, 26; їдкий натр — 1,2. Підприємство займає площу 1420 га, з них сховища, звалища, відвали займають 239 га, площа накопичувачів складає

190 га. Потужність Волонтерівського шламонакопичувача 86,4 тон/рік, площа 42,3 га. Шламонакопичувач аглофабрики займає територію 16,8 га, потужність його 480,6 тон/рік, шламонакопичувач мартенівського цеху зачине-ний через перенакопичення, додаткова ємність сталеплавильного цеху дорівнює за площею 25,2 га, потужність — 156,2 тон/рік. В склад шламових вод входять: олії 18 мг/л, залізо загальне до 62 мг/л, окис алюмінію — 1,3мг/л, окис мангану — 1,1 мг/л, завислі речовини — до 450 мг/л. Стічні води скидаються шістьма випусками загальною кількістю 51,1×10⁶м³/рік. У складі вод, що скидаються є завислі речовини до 12 мг/л, мінералізація досягає 5,6 г/л, кількість нафтопродуктів складає 0,05—0,24 мг/л.

➤ «МК Азовсталь» є значним забруднювачем атмосфери, ґрунтів і поверхневих вод, займає площу 875 га, площа накопичувачів стічних вод становить 92,4 га, під сховищами, звалищами та відвалами твердих відходів знаходиться 70 га. Основна продукція комбінату (в тис. тон/рік): агломерат — 1615, чавун — 5487, сталь мартенівська — 3104, сталь конвертерна — 3829, блюми

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

— 2781, сортовий прокат — 2452, листовий прокат — 1923, рейкові скріплення — 183. В атмосферу викидається (в тис. тон/рік): пил агломератний (2009), графіт (3230), сажа (1290), пил щебеню (760), зварна аерозоль (0,05), органічний пил (0,34), доменний і мартенівський пил (12300), прокатний і ливарний пил (1680), конверторний і електроливарний пил (38000), пил мінвати (140), вапняний (1400), сірчистий ангідрид (14400), окис вуглецю (126000), окиси азоту (15000), сірководень (494), фенол (14), фтористий водень (0,55). Витрата побутових стоків становить 4960 тис. м³/рік, умовно чисті стоки скидаються в р. Кальміус та Азовське море. Орієнтовний об'єм забруднених стоків дорівнює 200100 тис. м³/рік, ці стоки містять шлам, окалину, феноли та розчини заліза та ін. шкідливі речовини. Окаліновмісні стоки від прокатних цехів, стоки від хімводоочищення попередньо освітлюються на горизонтальних відстійниках. Шламонакопичувач, ємністю 1500 тис. м³, розташований у прибережній смузі Азовського моря, з південного боку комбінату. Шламонакопичувач споруджений шляхом зведення в

море огорожувальної дамби, відсипаної з відвальних шлаків.

Для обох металургійних комбінатів залишається гострою проблема зменшення викидів доменних печей, а саме викидів ливарних дворів, міжконусних просторів, забезпечення повного оснащення пилоочисним устаткуванням доменних печей. Так, на «МК Азовсталь» очисними спорудами обладнано лише ливарні двори трьох доменних печей (50 %). Відсутня аспірація та очищення димових газів від ливарних дворів та міжконусного простору на «ММК ім. Ілліча».

Із атмосферного повітря від основних джерел забруднення ВМ надходять до **грунтів** (табл. 34).

Основними забруднювачами **водних об'єктів** м. Маріуполь і прилеглих територій залишаються металургійні комбінати «ММК ім. Ілліча» та «МК Азовсталь» (табл. 35), а також очисні споруди госпобутових стічних вод міста.

Таблиця 34

Вміст промислових токсикантів (у кратності ГДК) у ґрунтах м. Маріуполь у 2010 р. (Національна..., 2010, 2011)

Роки	Забруднюючі речовини (середній / максимальний вміст, ГДК)					
ГДК	Cd	Mn	Cu	Ni	Pb	Zn
2009	1,1/2,8	1,0/2,2	1,1/3,0	0,5/1,0	4,1/19,1	1,2/2,3
2010	1,4/4,3	1,8/7,7	0,6/1,5	0,3/0,7	3,7/28,7	4,2/8,1

Таблиця 35

Перелік основних водокористувачів — забруднювачів водних об'єктів (Регіональна..., 2009), які відомчо належать Міністерству промислової політики України

Підприємство забруднювач	Об'єм скидання за 2008 р., млн. куб. м на рік		
	Всього, в тому числі	Недостатньо очищених	Нормативно очищених
ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»	43443,7	42963,1	480,6
ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат Азовсталь»	857787,7	206714,9	651072,8
¹ ЗАТ «Макіївський металургійний завод»	3249,5	—	3249,5
ЗАТ «Донецьксталь — металургійний завод»	2551,6	2551,6	—
ПАТ «Снакіївський металургійний завод»	1060,9	1060,9	—
ТОВ «Метален»	343,8	343,8	—
ЗАТ «Снакіївський коксохімпром»	19,3	19,3	—
ПАТ «Авдіївський коксохімзавод»	3017,6	3017,6	—

Примітка: ¹ЗАТ — закрите акціонерне товариство

У 2011 р. на підприємства металургійної, вугільної промисловості та комунального господарства прийшлося 1476,3 млн. м³/рік зворотних вод або 96 % зворотних вод всієї області. А саме: скиди металургійної галузі склали 1017 млн. м³/рік (66 %); скиди комунального господарства — 200 млн. м³/рік (13 %); скиди вугільної промисловості — 259,3 млн. м³/рік (17 %). Частка цих підприємств складає 535,9 млн. м³/рік недостатньо очищених зворотних вод або 97 % від усіх забруднених вод

області. У тому числі: металургія — 238,2 млн. м³/рік (45 %); вугільна промисловість — 251,1 млн. м³/рік (48 %); комунальне господарство — 38,4 млн. м³/рік (7 %) (Регіональна..., 2012).

Значне забруднення в межах Донецької області у водні об'єкти вносять скиди підприємств металургійної галузі, зокрема «МК Азовсталь» і «ММК ім. Ілліча». Так, у 1999 р. підприємствами міста було скинуто у водойми (річки: Кальчик, Кальміус; Азовське море) 885,0 млн. м³ стічних вод (у тому

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

числі 403,9 млн. м³ забруднених стічних вод), у тому числі: 87,1 % — 770,5 млн. м³ на «МК Азовсталь» (із них 357,9 млн. м³ — забруднених); 5,1 % — 45,5 млн. м³ на «ММК ім. Ілліча» (Фондові..., 2010). Динаміка скидів забруднюючих речовин

впродовж 2005—2011 рр. від металургійних комбінатів «МК Азовсталь» і «ММК ім. Ілліча» в Азовське море і річку Кальміус відображено у табл. 36 (Екологічний..., 2008, 2009, 2011, 2012).

Таблиця 36

Скидання зворотних вод та забруднюючих речовин водокористувачами — забруднювачами поверхневих водних об'єктів м. Маріуполь (Екологічний..., 2008, 2009, 2011, 2012)

Назва водокористувача — забруднювача	Роки і обсяги: скидання зворотних вод, млн. м (1) і забруднюючих речовин, тон (2)						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2
Азовське море							
ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат Азовсталь»	778,256	850,3	945,1	857,8	605,5	868,0	895,5
	72357,1	72413,5	80486,9	73050,7	39033,8	6449,2	56,12
Річка Кальміус							
ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»	49,098	47,28	45,40	43,4	40,99	36,91	47,29
	208040,8	208039	199767	190861	127250	130460	154901

Забруднені стічні води від аглофабрики «МК Азовсталь», газоочистки доменних печей, розливочних машин рідкого чавуну, відділення шлакопереробки, старопрокатних цехів, продувки систем оборотного водопостачання для подальшого очищення надходять до шламонакопичувача. Основна кількість стічних вод після відстою через випуск № 9 скидається в Азовське море, цей випуск є загальним для скидання всіх забруднених виробничих вод і самим забрудненим. За 2011 р. перевищення зафіксовані лише по цьому скиду. Зважаючи на те, що кількість стічних вод, що скидаються в Азовське море через випуск № 9, є значною, негативний вплив на природне середовище від скидання забрудненої промислової води залишається високим. Шламонакопичувач є екологічно небезпечним об'єктом і подальша його експлуатація, без прийняття ефективних природоохоронних заходів, буде мати для Азовського моря негативні наслідки (Регіональна..., 2012).

Комбінат «ММК ім. Ілліча» здійснює скид зворотних вод через п'ять водовипусків в річки Кальчик і Кальміус. На скидах № 2—5 у 2011 р. встановлені нормативи перевищені по азоту амонійному, хлоридам, сульфатам, сухому залишку, завислим речовинам, залізу загальному. Кратність перевищення — до 2 разів (Регіональна..., 2012).

На території Маріупольського морського торговельного порту відведення зливових стоків з виробничої території здійснюється через 11 водовипусків, обладнаних механічними очисними спорудами. За

2011 р. затверджені допустимі концентрації перевищувалися по завислим речовинам, сульфатам, залізу загальному. Кратність перевищення — до 2 разів (Регіональна..., 2012).

За даними Держгідромету (табл. 37) найбільш забрудненими водними об'єктами є річка Кальміус (мм Донецьк, Маріуполь), р. Кальчик (с. Кременівка, м. Маріуполь), р. Кринка (с. Новоселівка), р. Булавин (м. Єнакієве). Максимальні концентрації перевищували ГДК у 84 рази за сполуками азоту нітратного, у 34 рази — сполуками азоту амонійного, у 29 разів — сполуками хрому шестивалентного, у 26 разів — сполуками міді, у 25 разів — сполуками мангану (Національна..., 2010).

Азовське море зазнає значного антропогенного навантаження внаслідок господарської діяльності промислових підприємств. Контроль за екологічним станом моря здійснює Державна екологічна інспекція Азовського моря. Оцінюючи екологічний стан басейну Азовського моря, слід відмітити високий рівень забруднення його прибережної смуги в порівнянні з віддаленими від берега моніторинговими точками. Екосистема Азовського моря схильна до значного впливу промислового виробництва, що призводить до погіршення його екологічного стану (Регіональна..., 2012). Спостереження за станом забруднення води Азовського моря проводили співробітники в акваторії порту м. Маріуполь та на його зовнішньому рейді (табл. 38).

Однією з найгостріших екологічних проблем в Донецькій області є проблема поводження з відхо-

Історія еколого-геохімічних досліджень та основні джерела надходження важких металів у навколишнє середовище м. Маріуполь

дами. Накопичені в області у великих обсягах промислові відходи (більше 2,6 млрд. тон) чинять на навколишнє природне середовище техногенний вплив. Площа земель, зайнятих відходами, наближається до 2 % території області (Регіональна..., 2012). Наявність в області підприємств хімічної, коксохімічної, машинобудівної промисловості, чор-

ної та кольорової металургії та інших призвела до значних обсягів утворення і накопичення відходів (табл. 39) та забруднення територій цілого ряду міст. Відносно загальноукраїнських обсягів в Донецькій області утворюється 20—30 % відходів (Регіональна..., 2012).

Таблиця 37

Хімічне забруднення поверхневих вод річок Приазов'я у 2010 р. (Національна..., 2011)

Показники	Середні за рік значення / Максимальні значення, ГДК ¹
Легоокисні органічні речовини (за БСК5)	<1—1/1—2
Нафтопродукти	<1—1/<1—3
Азот амонійний	<1—12/1—36
Азот нітритний	1—53/2—94
Сполуки міді	2—14/4—15
Сполуки цинку	1—4/1—7
Сполуки марганцю	2—14/1—7
Сполуки хрому шестивалентного	2—11/2—20
Сполуки заліза загального	<1—2/1—4
Феноли	1—2/1—3
Всього випадків сильного забруднення	114/12 ²

Примітка: ¹дані систематичних спостережень водних об'єктів за гідрохімічними показниками порівнюють з рибогосподарськими ГДК для води; ²у т. ч. ВМ

Таблиця 38

Забруднення морських вод у 2010 р. за даними спостережень Держгідрометслужби (Національна..., 2011)

Показник, середні за рік значення / максимальні (мінімальні для кисню) значення	Район, що контролюється	
	Акваторія порту м. Маріуполь ¹	Зовнішній рейд порту м. Маріуполь
Нафтопродукти, ГДК	<1/8,6	<1/5,2
Спар, ГДК	<1/<1	<1/<1
Феноли, ГДК	<3/<3	<3/<3
ГХЦГ, мг/дм ³	<0,5/<2,4	<0,5/0,9
Азот амонійний, ГДК	<1/<2,5	<1/<1
Азот загальний, мг/дм ³	1,46/6,75	1,10/2,57
Фосфор загальний, мг/дм ³	0,04/0,37	0,04/0,07
Азот нітритний, ГДК	<1/20,0	<1/2,5
Розчинний кисень, % насичення	108/61	117/88
Сірководень, мл/л	—	—

Примітка: ¹дані наведено для поверхневого шару води

Таблиця 39

Динаміка утворення відходів I—III класів небезпеки (Екологічний..., 2008, 2011, 2012)

Утворення відходів I—III класів небезпеки у розрахунку на	Роки						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1 км ² , тон	25,492	26,43	30,44	24,245	7,1	8,3	5,0
1 особу, кг	141,492	152,182	171,85	140,662	39,5	47,23	27,76

В 1999 р. утворено промислових відходів I—IV класів небезпеки — 8,5 млн. тон, у тому числі: 62,9 % — 5,35 млн. тон — «ММК ім. Ілліча»; 38,8 % — 3,3 млн. тон — «МК Азовсталь»; 0,6 % — 50,6 тис. тон — коксохімічний завод «Маркохім» (Фондові..., 2010).

Значною проблемою м. Маріуполь є накопичення твердих побутових відходів. У місті розміщено

два сміттєзвалища в Приморському і Орджонікідзенському районах, площею 14,2650 і 17,5908 га відповідно.

Підвищений рівень забруднення навколишнього середовища м. Маріуполь різними поллютантами представляє серйозні екологічні, економічні і соціальні проблеми, вирішення яких місто потребує у найближчі роки.

2. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ПРИ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ СУЧАСНИХ ҐРУНТІВ ТА ІНШИХ КОМПОНЕНТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА М. МАРІУПОЛЬ

На основі аналізу літературних джерел висвітлено особливості мікроморфологічного, мінералогічного, спектрального, атомно-абсорбційного аналізів і методик визначення форм знаходження ВМ, оцінки аерогенного забруднення та проведення біогеохімічних досліджень сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього природного середовища на території м. Маріуполь.

Всі ці аналізи і методики є основою еколого-геохімічних досліджень, які у значній мірі базуються на існуючих (достовірно встановлених) кореляційних зв'язках між джерелами забруднення, міграцією хімічних елементів у транспортуючих середовищах (водні і повітряні потоки) та їх тимчасовим концентруванням у депонуючих середовищах (ґрунти, рослинний і сніговий покриви, донні відклади) (Буренков, Янин, 2001).

2.1. Мікроморфологічний аналіз

Мікроморфологічний аналіз — є одним із методів ґрунтознавства, суть якого полягає у дослідженні зразків ґрунту під мікроскопом у тонких зрізах з непорушеною структурою товщиною 0,02—0,04 мм, коли зберігається природна структура і співвідношення окремих компонентів мікробудови. Перевагами аналізу є використання не усереднених даних (як при фізико-хімічних аналізах), а природне розміщення елементів мікробудови (Гагарина, 2004; Герасимова и др., 1992; Кармазиненко, 2010; Методика..., 1979).

Головним завданням мікроморфологічного аналізу є дослідження мікробудови (складення, текстури, агрегованості, пористості та ін.) і речовинного складу (гумусу, високо- і грубодисперсної частини, новоутворень, включень, біолітів та ін.) ґрунтів у їх природній генетичній єдності без розчленування у процесі аналізу шляхом фізичного і хімічного впливу на стан компонентів (Кармазиненко, 2010; Методика..., 1979).

Мікроморфологія (від мікро + морфо + логія) — це дослідження морфологічної будови і/або складу ґрунтів у непорушеному стані під мікроскопом (Апарин, 2006). Дослідження мікросвіту ґрунтів є одним із важливих напрямів сучасного ґрунтознавства, оскільки ґрунт є полікомпонентною і полідисперсною системою і не може бути пізнаним без вивчення його окремих компонентів (Гагарина, 2004).

Вивчаючи мікроскопічну будову сучасних ґрунтів, можна отримати великий обсяг різноманітної та об'єктивної інформації про фізико-географічні умови ґрунтоутворення, генезис ґрунтів, їх фізичний стан і речовинний склад, інтенсивність і співвідношення різних ґрунтоутворювальних процесів.

Потрібно зазначити, що при *еколого-геохімічних дослідженнях мікроморфологічний аналіз* нами використовувався з двох позицій: у першу чергу для уточнення генезису відкладів і з'ясування типів ґрунтів (для правильного застосування заходів по вилученню поллютантів і поліпшення екологічного стану відкладів), а також для оцінки ступеню їх забрудненості (виявлення часточок техногенного матеріалу у профілі і під мікроскопом).

Основна специфічна особливість мікроморфологічного аналізу полягає у тому, що мікроморфолог завжди має справу з непорушеним ґрунтовим комплексом — це безпосередні морфологічні спостереження у полі і подальше дослідження шліфів під мікроскопом. На мікроскопічному рівні ґрунт розглядається як система в такій послідовності: ґрунтовий профіль — ґрунтові горизонти — морфони — ґрунтові агрегати — мікробудова ґрунтів. Тобто ґрунт вивчається на всіх 5 рівнях, що дає можливість на мікроскопічному рівні розглядати ґрунт як систему і при знанні діагностичних ознак спостерігати природний прояв ґрунтоутворювальних процесів, їх взаємодії і співвідношення, як у мікроскопічно малих об'ємах ґрунтової маси, так і у межах ге-

нетичних горизонтів і ґрунтового профілю загалом (Ґрунтознавство, 2005; Ґрунтознавство..., 2005, 2006; Методика..., 1979). У цьому полягає головна особливість мікрморфологічного аналізу, його велика перевага над іншими методами (Методика..., 1979). Тобто аналіз мікробудови ґрунту у шліфах включає вивчення його складових (скелету, плазми, новоутворень, агрегатів, пор і т. д.), а також їх розміщення і орієнтування. При детальному мікрморфологічному дослідженні в комплексі з використанням інших методів можна визначити не тільки основні генетичні типи ґрунтів, а й їхні підтипи.

Мікрморфологічні дослідження ґрунтів були започатковані у 40—х рр. 20 ст. австрійським вченим В. Кубієною (1938), в Радянському Союзі — Б.Б. Полиновим (1956), в Україні — М.Ф. Векличем (1958).

Теоретико-методичні основи мікрморфологічних досліджень сучасних ґрунтів базуються на працях Н.А. Білової (1997, 1999, 2007, 2009), Е.І. Гагаріної (2004), І.П. Герасимова та ін. (1966), М.І. Герасимової та ін. (1992), Г.В. Добровольського (1983б), В.В. Медведєва (1969), О.І. Парфьонові (1962, 1972, 1977), А.М. Полякова (1980), А.І. Ромашкевича (1982), В.О. Таргульяна (1981), Т.В. Турсіної (2006), К.М. Федорова (1965), І.І. Феофарові (1960), Л.К. Целішевої (1968), В.М. Яковенка (2000, 2004, 2007—2009), К.А. Ярилової (1962, 1971, 1972, 1974, 1977), R. Brewer (1964), J. Delvigne (2001), K. Ciarkowska, E. Hanus-Fajerska (2007), L. Douglas (1990), M. Jamagne (1972), S. Karur et al (2008), G. Stoops et al (2010), W. Kubiena (1953), A. Ringrose-Voase, G. Humphreys (1992) та ін.

Серед методичних посібників з мікрморфології сучасних ґрунтів потрібно відзначити: «Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведение» (Парфьонова, Ярилова, 1977); «Методическое пособие по микроморфологии почв» (1983б); «Микроморфологическая диагностика почв и почвообразовательных процессов» (1983); «Микроморфология и диагностика почвообразования» (Ромашкевич, Герасимова, 1982); «Микроморфология почв природных зон СССР» (Герасимова и др., 1992); «Микроморфологический метод исследования почв» (Гагарина, 2004) та ін. (Микроморфологическая..., 1981; Микроморфология..., 1973; Микроморфологический..., 1966; Микроморфология..., 1988; та ін.).

На теренах України продовжують активно використовувати мікрморфологічний аналіз при дослідженні сучасних ґрунтів (часто з екологічних позицій) Н.А. Білова (1997; Белова, Травлеев, 1999; Бе-

лова, Яковенко, 2007, 2009; Білова та ін., 2007), К.М. Божко (2007, 2011), А.А. Булейко (2007), В.А. Горбань (2007; Горбань, Стрижак, 2011; Горбань, Михайліченко, 2012), В.Н. Зверковський, Н.В. Романова, (2007), О.М. Сметана, Н.А. Сметана (Білова та ін., 2007), А.П. Травлеев и др. (2007, 2008), С.П. Кармазиненко (2010, 2013), Є.Д. Ющук (2005, 2007, 2009), В.М. Яковенко (2007—2009) та ін.

Проаналізувавши численні роботи і публікації О.І. Парфьонові, К.А. Ярилової (1972, 1977), М.І. Герасимової (1982, 1992; Герасимова и др., 1992), Г.В. Добровольського (1983б), Н.А. Білової (1997), Е.І. Гагаріної (2004), С.П. Кармазиненка (2010) та ін. (Методика..., 1979; Руководство..., 1987; Боул С. и др., 1977; Розанов, 1975, 1983, 2004; Ґрунтознавство..., 2005, 2006; Федорец, Медведєва, 2009), можна виділити наступні **етапи мікрморфологічних досліджень** сучасних ґрунтів та відкладів — **підготовчий, польовий і камеральний**.

Детальна характеристика кожного з етапів (які мають свої особливості, але складають єдине ціле при мікрморфологічних дослідженнях) висвітлена у монографії С.П. Кармазиненко «Мікрморфологічні дослідження викопних і сучасних ґрунтів України» (2010), тому зупинимося лише на основних моментах.

Головною метою **підготовчого етапу** — є ознайомлення з матеріалами (статті, монографії, карти ґрунтів, звіти тощо) попередніх результатів у районі де планується проведення мікрморфологічних досліджень.

Польовий етап при мікрморфологічних дослідженнях сучасних ґрунтів і відкладів передбачає таку послідовність: вибір місця закладання розчистки, або шурфа; морфологічний опис відкладів та відбір зразків на мікрморфологічний та інші види аналізів.

Під час проведення польових досліджень сучасних ґрунтів та відкладів на території м. Маріуполь нами (С.П. Кармазиненко, І. Ткаченко, І. Мурашко) було закладено 11 шурфів та 1 розчистка.

Особливу увагу при польових дослідженнях сучасних ґрунтів слід приділяти морфологічному опису (аналізу) відкладів. Морфологічний аналіз є початковим і базисним етапом всіх польових ґрунтових досліджень і складає основу польової діагностики ґрунтів. Загалом морфологія ґрунтів — це

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

концентроване відображення їх генезису та історії розвитку. Детальне дослідження морфології ґрунтів дає ключ до пізнання їх генезису, історії формування та еволюції (Розанов, 1975, 1983, 2004). Морфологічними елементами ґрунту є генетичні горизонти, структурні агрегати, новоутворення, включення і пори. Різняться вони між собою за формою і зовнішніми властивостями — морфологічними ознаками (будова ґрунтового профілю, потужність, структура, гранулометричний склад, складення, забарвлення, новоутворення і включення ґрунту) (Ґрунтознавство, 2005; Ґрунтознавство..., 2005, 2006; Прудникова и др., 2010).

Отже, мікроморфологічний аналіз використовують як складову частину еколого-геохімічних досліджень, але визначальним етапом вивчення сучасних ґрунтів є польове дослідження з детальним морфологічним описом розрізу, ґрунтових світ і окремих ґрунтів за генетичними горизонтами. Оскільки поєднання ознак мікробудови в генетичних горизонтах і по профілю — основа мікроморфологічної діагностики типів ґрунтів.

Загалом морфологічна ієрархія (організація) ґрунту, як природного тіла складається з п'яти рівнів (Ґрунтознавство..., 2006): I — ґрунтовий профіль (вертикальна послідовність горизонтів); II — ґрунтові горизонти — шари, на які диференціюється вихідна ґрунтоутворювальна порода у процесі педогенезу; III — морфони (частини), на які розпадається ґрунтовий горизонт (відокремлені тріщини і затьоки із верхнім матеріалом; включення та новоутворення); IV — агрегати (педи, структурні відокремлення), на які ґрунт розпадається в межах генетичних горизонтів або їх морфонів; V — мікробудова ґрунтів, яку можна дослідити лише за допомогою мікроскопа у надтонких зрізах, шліфах.

Під час польових досліджень ґрунтів і відкладів м. Маріуполь їх опис ми проводили за схемою морфологічного опису ґрунтових розрізів: *забарвлення, структура, гранулометричний склад, вологість, складення, новоутворення, включення, перехід між горизонтами, межа* (Белобров и др., 2004; Вальков и др., 2004б; Ганжара, 2001; Ганжара и др., 2002; Геннадієв, Глазовская, 2008; Географія..., 2005; Ґрунтознавство, 2005; Ґрунтознавство..., 2005, 2006; Добровольський, 1982, 1989; Землеробство..., 2007; Зінчук, 2006; Канівець, 2001; Кармазиненко, 2010; Кауричев, Бурлакова, 2008; Клименко, Лико, 2004; Ковриго и др., 2000; Купчик та ін., 2007; Лабораторно-практические..., 2009; Мамантов и др., 2006; Махов, 1930; Михайлов, 1975; Муравьев и др., 2008; Назаренко та ін., 2004, 2008; Назимко та ін.,

2008; Недвига, 1994; Носко, 2006; Общее..., 2006; Панас, 2008; Позняк, 2010; Позняк, Красеха, 2007; Полевой..., 1981; Полупан та ін., 2005а, б; Польшина, 2000; Почвоведение, 1969; Почвоведение, 1989а, б; Почвы..., 1979; Практикум..., 2009; Прудникова и др., 2010; Розанов, 1975, 1983, 2004; Топольний та ін., 2006; Хабаров, 2007; Чорний, 1995; Шкварук, Делеменчук, 1976; Щеглов, Соляник, 2010; та ін.). При цьому слід пам'ятати, що у міських ґрунтах відсутні генетичні горизонти, а провідним фактором ґрунтоутворення є антропогенний.

Забарвлення (колір) ґрунту — один із важливих діагностичних показників його належності до того чи іншого типу. Забарвлення ґрунту визначається кольором тих речовин, з яких він складається (літологічний і хімічний склад горизонтів), а також гранулометричним складом, фізичним станом, ступенем зволоження, якістю органічної речовини тощо. Недивно, що багато типів ґрунтів мають «кольорові» назви: чорноземи, буроземи, червоноземи, каштанові, коричневі, сіроземи, жовтоземи та ін. (Назаренко та ін., 2008; Прудникова и др., 2010).

Найбільш важливими для забарвлення ґрунтів є наступні групи сполук (Ґрунтознавство..., 2006; Прудникова и др., 2010):

- гумусові речовини надають ґрунту, чорне, темно-сіре і сіре забарвлення (такий колір мають, наприклад, чорноземи);
- сполуки окисного заліза (Fe_2O_3) забарвлюють ґрунт у червоний, помаранчевий і жовтий кольори (такий колір мають червоноземи, жовтоземи, каштанові ґрунти);
- сполуки закисного заліза (FeO) забарвлюють ґрунт в сизі і голубуваті кольори (таке забарвлення мають, наприклад, тундрові глейоземи, дерново-глеєві ґрунти тайги);
- кремнезем (SiO_2), карбонат кальцію ($CaCO_3$), гіпс ($CaSO_4$) і легкорозчинні солі забарвлюють ґрунт в сірі і білуваті кольори (так забарвлені, наприклад, підзолісті, сірі лісові ґрунти).

Різне співвідношення вказаних груп речовин визначає велику різноманітність ґрунтових кольорів та відтінків. Основні типи забарвлення та їх взаємні переходи описуються в так званому трикутнику Захарова (рис. 7) (Ґрунтознавство..., 2006; Клименко, Лико, 2004; Орлов, 1997; Прудникова и др., 2010).

Сучасні ґрунтознавці для отримання найбільш точної кольорової характеристики ґрунтів використовують стандартну шкалу Мансела (фіксованих кольорів та відтінків) — Munsell Soil Colour Charts

(1990), основні кольори якої показані на рис. 8 (див. 2010).
вклейку) (Назаренко та ін., 2008; Прудникова и др.,

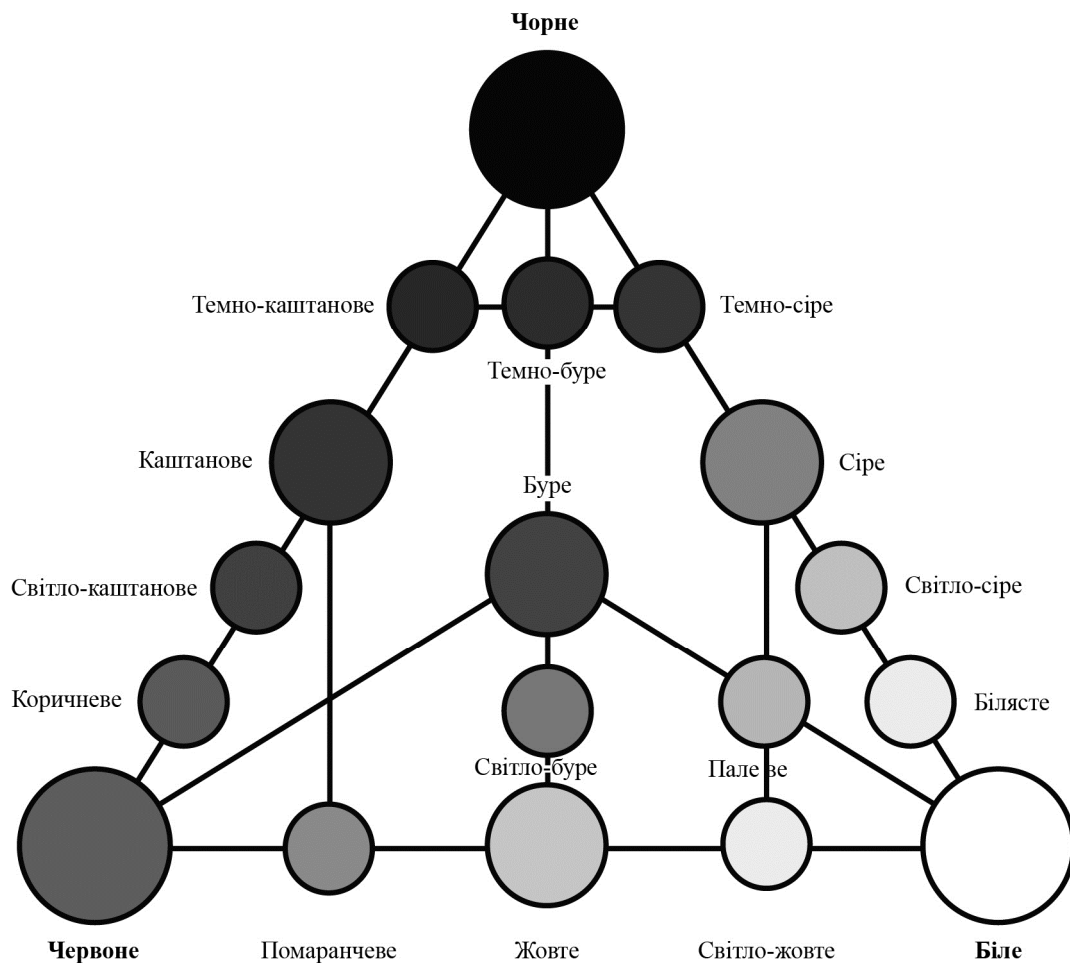


Рис. 7. Основні типи забарвлення ґрунтів (за С.О. Захаровим) (Ґрунтознавство..., 2006; Клименко, Лико, 2004; Орлов, 1997; Прудникова и др., 2010)

На забарвлення ґрунтів також впливає їх структурний стан. Агрегати, що знаходяться в грудкуватому, зернистому та інших станах здаються темнішими, ніж безструктурні.

При визначенні кольору ґрунту у польових умовах слід враховувати його залежність від освітленості ґрунтового розрізу і його вологості: зволожений ґрунт має більш темне забарвлення, чим сухий, тому поряд з кольором необхідно вказувати ступінь зволоженості. Освітлення повинно бути рівномірним по всьому ґрунтовому профілю (Прудникова и др., 2010).

Забарвлення ґрунтів важко охарактеризувати одним кольором, тому треба вказувати ступінь та інтенсивність кольору (наприклад, світло-бурий, темно-сірий), відмічати відтінки (білястий з жовтуватим відтінком), називати проміжні тони (коричнево-сірий, сіро-бурий). У ґрунтознавстві прийнято домінуючу ознаку вказувати останньою. При неод-

норідному забарвленні горизонтів їх характеризують як пістряві або плямисті. При цьому визначають основний тон забарвлення й колір плям (Ґрунтознавство, 2005; Ґрунтознавство..., 2005, 2006; Мамонтов и др., 2006; Назаренко та ін., 2008; Розанов, 2004).

Колір ґрунтового горизонту не завжди є однорідним, часто містить різні плямистості, що відрізняються від основної маси горизонту за своїм забарвленням. У відповідності з цим виділяють наступні типи ґрунтів (Прудникова и др., 2010):

- 0 — ґрунт *однорідний* — плями відсутні;
- 1 — *слабко плямистий* — плями поодинокі, які видимі тільки при уважному розгляді;
- 2 — *плямистий* — плями зустрічаються часто, гарно помітні, розміщені на відстані 5—15 см одна від одної;
- 3 — *сильно плямистий* — плями зустрічаються часто, відстань між ними менше 5 см.

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

Структура ґрунту — сукупність агрегатів (відокремлень) різних за формою і розміром, на які природно розпадається ґрунтова маса при її слабкому механічному пошкодженні, або вилученні із ґрунтового горизонту (Назаренко та ін., 2008; Прудни-

кова и др., 2010). Розрізняють три основні типи структури ґрунту, кожен з яких поділяється на дрібніші одиниці (табл. 40, рис. 9). Ґрунт може бути структурним і безструктурним (Ґрунтознавство..., 2006; Мамонтов и др., 2006).

Таблиця 40

Класифікація структурних агрегатів ґрунтів (за С.О.Захаровим)

РІД		ВИД	РОЗМІР, мм
Назва	Ознаки		
<i>I тип. КУБОПОДІБНА — рівномірний розвиток агрегатів по трьох осях</i>			
1. Брилиста	Неправильна форма і нерівна поверхня	1. Великобрилиста	> 100
		2. Дрібнобрилиста	100—10
2. Грудкувата	Неправильна округла форма, нерівні округлі і жорсткі поверхні розлому, грані не виражені	3. Крупногрудкувата	100—30
		4. Грудкувата	30—10
		5. Дрібногрудкувата	10—2,5
		6. Пилувата	< 2,5
3. Горіхувата	Майже правильна форма, грані добре виражені, поверхня рівна, ребра гострі	7. Крупногоріхувата	> 10
		8. Горіхувата	10—7
4. Зерниста	Майже правильна форма, інколи — округла з вираженими гранями або жорсткими і матовими, або гладкими й блискучими	9. Дрібногоріхувата	7—5
		10. Крупнозерниста	5—3
		11. Зерниста	3—1
		12. Дрібнозерниста (порохувата)	1—0,5
<i>II тип. ПРИЗМОПОДІБНА — розвиток агрегатів переважно по вертикальній осі</i>			
5. Стовпоподібна	Відмінності слабо оформлені, з нерівними гранями й заокругленими ребрами	13. Великостовпоподібна	> 50
		14. Стовпоподібна	50—30
		15. Дрібностовпоподібна	< 30
6. Стовпчаста	Правильної форми з добре вираженими вертикальними гранями, округлою верхньою основою і плоскою нижньою	16. Великостовпчаста	50—30
		17. Дрібностовпчаста	< 30
7. Призматична	Грані добре виражені з рівною глянцевою поверхнею	18. Великопризматична	50—30
		19. Призматична	30—10
		20. Дрібнопризматична	10—5
		21. Тонкопризматична	< 5
		22. Олівцева (довжина > 50 мм)	< 10
<i>III тип. ПЛИТОПОДІБНА — розвиток агрегатів переважно по горизонтальній осі</i>			
8. Плитчаста	Досить розвинуті поверхні спайності по горизонталі	23. Сланцювата	> 5
		24. Плитчаста	5—3
		25. Пластинчаста	3—1
		26. Листова	< 1
9. Лускувата	Порівняно невеликі горизонтальні площини спайності й часто гострі грані	27. Шкаралупувата	> 3
		28. Груболускувата	3—1
		29. Дрібнолускувата	< 1

Найчастіше структура буває змішаною: грудкувато-зерниста, грудкувато-пластинчасто-пилувата та ін. Для різних генетичних горизонтів ґрунтів характерні певні форми структури: грудкувата, зерниста — для дернових, гумусових горизонтів, пластинчасто-лускувата — для елювіальних, горіхувата — для ілювіальних тощо (Ґрунтознавство, 2005; Ґрунтознавство..., 2005, 2006; Назаренко та ін., 2008).

Гранулометричний склад — вміст у ґрунті елементарних ґрунтових частинок, що володіють пос-

тійною формою і розміром. На відміну від структурних агрегатів, гранулометричні елементи ґрунту не розпадаються при зволоженні, зберігаючи свою структуру у водній товщі (Прудникова и др., 2010).

Для визначення типу ґрунту в полі за зовнішніми ознаками, під лупою і на дотик користуються польовою класифікацією (табл. 41), згідно якої розрізняють типи порід: глинисті, суглинкові, пилувато-суглинкові, пилуваті, супіщані, піщані.

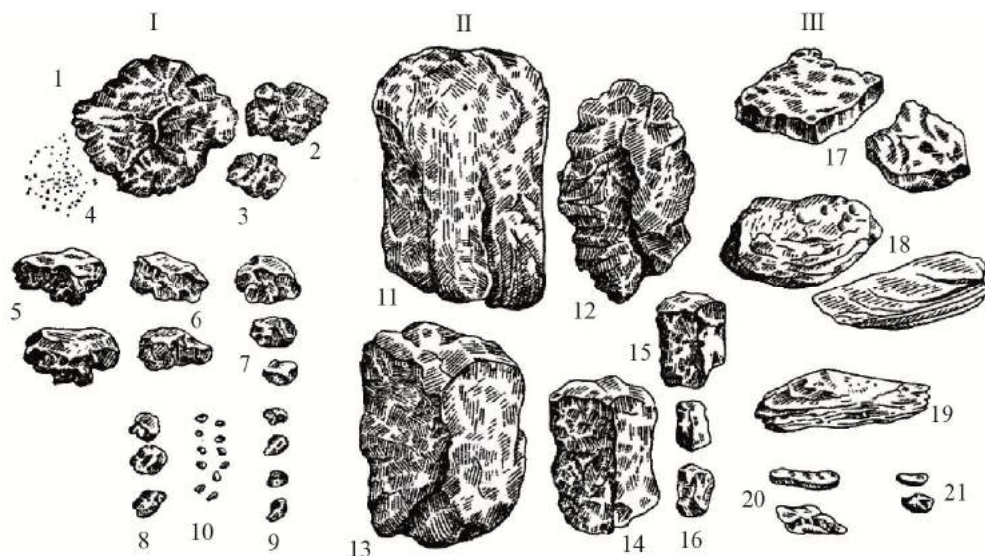


Рис. 9. Найголовніші види структури ґрунтів (за С.О. Захаровим):

I — кубоподібний (1 — великогрудкувата, 2 — середньогрудкувата, 3 — дрібногрудкувата, 4 — пилювата, 5 — великогоріхувата, 6 — горіхувата, 7 — дрібногоріхувата, 8 — великозерниста, 9 — зерниста, 10 — порошиста); II — призмоподібний (11 — стовпчаста, 12 — стовпоподібна, 13 — великопризматична, 14 — призматична, 15 — дрібнопризматична, 16 — тонкопризматична); III — плитоподібний (17 — сланцювата, 18 — плитчаста, 19 — листова, 20 — грубулускувата, 21 — дрібулускувата)

Таблиця 41

Польове визначення розмірів зерен у ґрунтах і відкладах (за М.М. Васильківським)

1. Гравій крупний	5,0—10,0 мм
2. Гравій середній	3,0—5,0 мм
3. Гравій дрібний	2,0—3,0 мм
4. Пісок грубозернистий	1,0—2,0 мм
5. Пісок крупнозернистий	0,5—1,0 мм
6. Пісок середньозернистий	0,25—0,5 мм
7. Пісок дрібнозернистий	0,1—0,25 мм
8. Пісок тонкозернистий	0,05—0,1 мм
9. Пил крупний	0,05—0,01 мм
10. Пил тонкий	0,01—0,005 мм
11. Глини	< 0,005 мм

У польових умовах гранулометричний склад ми визначали, за зовнішніми ознаками і на дотик, тобто використовуючи *органолептичний метод* («метод скочування» М.О. Качинського, оснований на оцінці механічних якостей ґрунтової маси при зволоженні його до тістоподібної консистенції) — табл. 42, рис. 10 (Добровольський, 1982; Назаренко та ін., 2008; Клименко, Лико, 2004; Прудникова и др., 2010).

Вологість ґрунту — це ступінь насиченості його водою, що визначається при польовому морфологічному описі. Цей показник не є діагностичним, але вносить суттєві корективи у визначення забарвлення, структури і складення ґрунту. В Україні прийняті такі градації польової вологості ґрунтів (Ґрунтознавство, 2005; Ґрунтознавство..., 2005, 2006; Прудникова и др., 2010):

➤ *сухий* (0) — наявність у ґрунті вологи не відчувається рукою, ґрунт не світліє при висиханні, темніє при добавленні води, поверхня горизонту пилить без дотику до неї;

➤ *свіжий* (1) — волога ледве помітно відчувається рукою, як прохолода, ґрунт не мається, світліє при висиханні, темніє при додаванні води;

➤ *вологий* (2) — в руці чітко відчувається волога, на руці залишається слід, ґрунт не темніє при додаванні води;

➤ *сирий* (3) — при легкому зжиманні в руці ґрунт перетворюється в густу тістоподібну масу і зберігає короткий час надану форму, але вода при цьому не виділяється;

➤ *мокрый* (4) — при зжиманні зразка в руці із нього виділяється вода, яка може вільно просочуватися по стінці розрізу.

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

Таблиця 42

Визначення гранулометричного складу ґрунтів у польових умовах (за М.О. Качинським)

Різновидність ґрунту	Стан сухого ґрунту	Відчуття при розтиранні сухого ґрунту	Стан волого ґрунту	Здатність скочуватися в шнур	Відчуття при розтиранні вологого ґрунту
0 — Пісок	Сипуча маса	Піщана маса	Непластичний	Скатати кульку або шнур не виходить («шнур» не утворюється)	Багато піску, долоня не забруднюється
1 — Супісок	Грудки легко роздавлюються	Переважають піщані частинки	Дуже слабопластичний	Ґрунт скочується у неміцну кульку, але не скочується в шнур (є зачатки «шнура»)	Піску багато, долоня забруднюється
2 — Легкий суглинок	Грудки руйнуються в руці при невеликому зусиллі	У неоднорідній масі переважають шорсткуваті (піщані) частинки	Слабопластичний	Ґрунт скочується в короткі товсті циліндрики, ковбаски, які розтріскуються при згинанні («шнур» дробиться при скачуванні)	Паста маститься, прощупується багато піску
3 — Середній суглинок	Грудки роздавлюються в руці із зусиллям	Борошнистих і шорсткуватих (піщаних) частинок приблизно порівну	Середньопластичний	Ґрунт скочується в шнур діаметром 2—3 мм, який легко ламається при подальшому скачуванні або розтріскуванні («шнур» суцільний, при згортанні в кільце розпадається)	Паста слабо липне, добре відчуються піщинки
4 — Суглинок важкий	Грудки міцні, із зусиллям роздавлюються пальцями	Невелика домішка шорсткуватих (піщаних частинок)	Дуже пластичний	Ґрунт скочується в тонкий, менше 2 мм в діаметрі шнур, який надламується при згинанні його в кільце діаметром 2—3 см («шнур» суцільний, кільце із зовнішніми тріщинами)	Паста липка, слабо відчуються піщинки
5 — Глина	Грудки дуже міцні, не роздавлюються між пальцями	Однорідна борошніста маса	Дуже в'язкий, високопластичний	Ґрунт скочується у довгий, тонкий, менше 2 мм шнур, який згинається в кільце діаметром 2—3 см без порушення його цілності («шнур» суцільний, кільце цільне)	Паста в'язка, маститься, легко формується у вигляді любой геометричної фігури

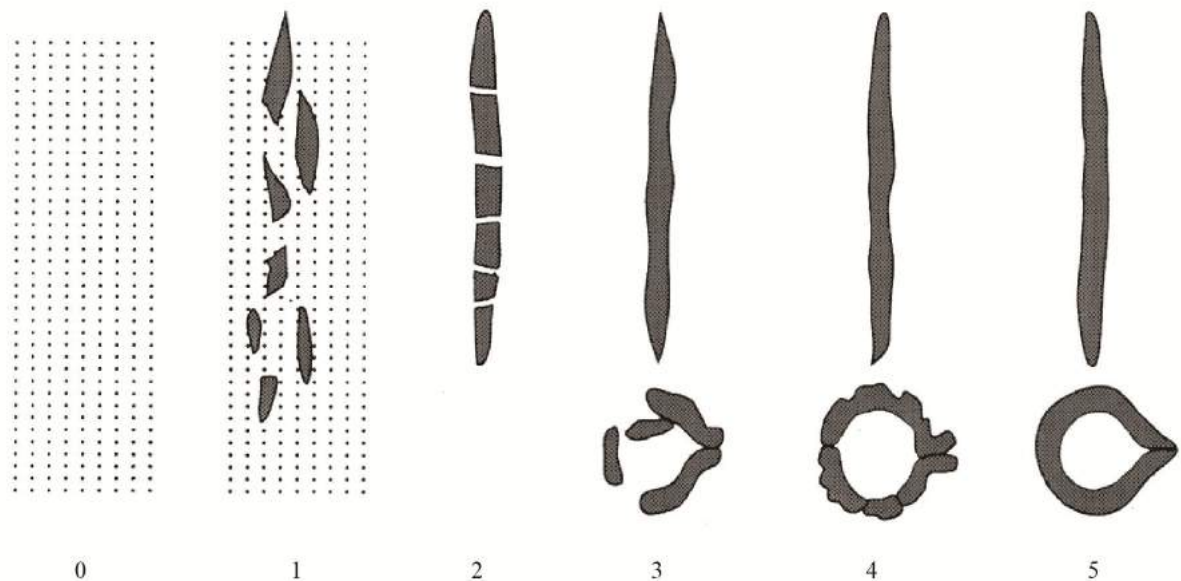


Рис. 10. Стандартні критерії польового визначення гранулометричного складу ґрунтів (Прудникова и др., 2010)

Складення — зовнішнє вираження щільності та пористості ґрунту (взаємне розташування у просторі і співвідношення механічних елементів, структу-

рних відокремлень і пов'язаних з ними пор). Складення ґрунту залежить від його структури, гранулометричного і хімічного складу, вологості ґрунтових

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

горизонтів, діяльності ґрунтової фауни, розвитку кореневих систем рослин тощо (Прудникова и др., 2010).

За ступенем щільності ґрунти у сухому стані поділяються на: *злиті* (дуже щільні), *щільні, пухкі, розсипчасті*.

Пористість ґрунту характеризується формою та величиною пор усередині структурних відокремлень та між ними. За пористістю розрізняють такі стани ґрунту (Ґрунтознавство..., 2006; Мамантов и др., 2006; Назаренко та ін., 2008; Прудникова и др., 2010):

- *тонкопористий* (пори діаметром до 1 мм);
- *пористий* (пори діаметром від 1—3 мм);
- *губчастий* (пустоти розміром від 3 до 4 мм);
- *ніздрюватий* (пустоти діаметром 5—10 мм);
- *комірчастий* (пустоти перевищують 10 мм);
- *трубчастий* (пустоти у вигляді каналів, проритих землерийками).

Новоутворення — скупчення речовин різної форми й хімічного складу, які утворюються і відкладаються в горизонтах ґрунту в результаті ґрунтоутворювальних процесів. Виділяють хімічні і біологічні новоутворення.

Хімічні новоутворення поділяються:

— *за формою*: вицвіти та нальоти, кірки, примазки, патьоки, прожилки та трубочки, конкреції та стяжіння, прошарки;

— *за складом*:

➤ *легкорозчинні солі* (NaCl, CaCl₂, Na₂SO₄ та ін.) зустрічаються в засолених ґрунтах (солонцях та солончаках) в умовах степу, пустелі у формі нальотів, вицвітів, білих кірок, примазок та окремих кристаликів;

➤ *гіпс* зустрічається в засолених ґрунтах, білого й жовтуватого кольору, у вигляді окремих прожилок, псевдоміцелію, конкрецій (каштанові, бурі напівпустельні, засолені ґрунти, сіроземи);

➤ *вапно* (CaCO₃) — білого кольору, зустрічається в різних формах, розрізняється за скипанням з 10 % розчином HCl (чорноземи, каштанові, бурі напівпустельні, засолені та ін.);

➤ *гідроксиди заліза, алюмінію, мангану у комплексах з органічними речовинами й сполуками фосфору* — ржаво-бурого, вохристого, кавового або чорного кольору у формі натікань (плівок, примазок), плям, конкрецій, трубочок, оргзандів, оргштейнів (підзолисті, дерновопідзолисті, заболочені і болотні ґрунти);

➤ *кремнезем* (SiO₂) — білястого кольору, утворює присипку на поверхні структурних відокремлень (для

ґрунтів підзолистого типу, сірих лісових, опідзолених чорноземів, солодей);

➤ *гумусові речовини* — чорного або темно-бурого кольору, утворюють патьоки, надаючи агрегатам глянцевого вигляду (зустрічаються в середній частині профілю підзолистих і солонцюватих ґрунтів, солонців, солодей та інших ілювіюваних ґрунтів).

Біологічні новоутворення: копроліти (екскременти черв'яків і личинок комах, що пройшли через їх органи травлення); кротовини, ходи коренів рослин, черворієнні (ходи дощових черв'яків); дендрити (відбитки дрібних коренів на поверхні структурних відокремлень).

Включення — наявні у профілі ґрунту тіла (органічного і неорганічного походження), присутність яких не пов'язана з ґрунтоутворювальним процесом. До включень належать:

➤ *літогенні* (кам'янисті) включення — уламки гірських порід;

➤ *біогенні* — рештки тварин і рослин у вигляді раковин, кісток, коренів, уривків листя, хвої;

➤ *антропогенні* — уламки цегли, частинки шлаків, скла, черепки посуду та ін., зумовлені діяльністю людини.

За ступенем вираженості розрізняють три типи *переходів* між генетичними горизонтами ґрунту (Прудникова и др., 2010):

➤ *різкий* — зміна одного горизонту іншим відбувається протягом 2—3 см;

➤ *чіткий* — зміна горизонтів відбувається протягом 5 см;

➤ *поступовий* — дуже поступова зміна горизонтів протягом понад 5 см.

Межа між ґрунтовими горизонтами також може мати різну форму (табл. 43) (Ґрунтознавство..., 2006; Назаренко та ін., 2008):

➤ *рівну* — характерна для більшості ґрунтів, особливо для нижніх слабодиференційованих горизонтів;

➤ *хвилясту* — для нижньої частини гумусових горизонтів лісових ґрунтів, а також часто характерна для переходу між горизонтами;

➤ *кишеноподібну* — для нижньої частини гумусових горизонтів степових ґрунтів;

➤ *язикоподібну* — найтипівіша для нижньої частини E-горизонту підзолистих ґрунтів;

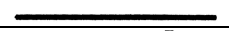




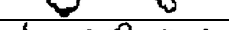
➤ *затічну* — для ґрунтів із потічним характером гумусу або тих, які розтріскуються;

➤ *розміту* — для ґрунтів із сильним елювіально-ілювіальним процесом;

➤ *пильчасту* — зустрічається досить рідко, в підзолистих ґрунтах на структурних глинах;

➤ *палісадну* — дуже рідко зустрічається в солонцях при переході до солонцевого горизонту.

Форми меж між генетичними горизонтами ґрунтів

1. Рівна	
2. Хвиляста — відношення амплітуди до довжини хвилі < 0,5 см	
3. Кишеноподібна — відношення глибини до ширини патьоків (кишень) 0,5—2 см	
4. Дрібноязикова — відношення глибини язиків до їх ширини 2—5 см	
5. Глибокоязикова — відношення глибини язиків до їх ширини > 5 см і може досягати декількох десятків	
6. «З'їдена» — неможливо провести чітку межу між генетичними горизонтами, вона лежить у межах якогось шару, що виділяється як перехідний горизонт	

При описі морфологічних ознак генетичних горизонтів ґрунтів ми користувалися системою українських ґрунтознавців започаткованою О.Н. Соколовським (1956).

Після повного детального морфологічного дослідження ґрунтових профілів шурфів і розчисток їх фотографування з найбільш типових ділянок та генетичних горизонтів ми відбирали орієнтовані зразки моноліти на мікроморфологічний аналіз. При цьому зразки у вигляді кубу зі стороною 5 см відбирались із кожного генетичного горизонту і шару ґрунтів. Для кращого збереження при перевезенні зразки загортали у фольгу, куди вкладались дві етикетки з номером зразка, адресою, номером шурфа, генетичного горизонту.

Камеральний (заклучний) **етап** — включає в себе обробку всього зібраного фактичного матеріалу: виготовлення шліфів; мікроморфологічний аналіз шліфів під мікроскопом; мікроморфологічний синтез отриманих мікроморфологічних ознак і властивостей, відтворення умов формування ґрунтів та відкладів; узагальнення всіх наявних матеріалів.

Всі відібрані нами 48 зразків-монолітів ґрунтів та відкладів на мікроморфологічний аналіз були передані до лабораторії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, для отримання шліфів з непорушеною структурою. Етапи їх виготовлення наступні (Горбунов, Филиппова, 1971; Методика..., 1979; Мочалова, 1956): проварювання у бальзамі для збереження структури — шліфування зразка — наклеювання на предметне скло — шліфування зразка до товщини 0,02—0,03 мм — вирізання необхідної частини зразка під мікроскопом — проварювання вирізаних брусків у термостаті при температурі 120—140 °С у розчині каніфолі в ксилолі (1:1) — проварювання 4—5 разів (одне проварю-

вання 5—6 годин) і після кожного проварювання — шліфування на гліцерині корундовим порошком — наклеювання на предметне скло канадським, або піхтовим бальзамом — шліфування до товщини 30 мкм — наклеювання предметного скла бальзамною пастою — підпис шліфа.

Після отримання шліфів із лабораторії був проведений детальний мікроморфологічний аналіз кожного шліфа під поляризаційними мікроскопами «МІН-8» і «Optika B-150POL-B».

Мікроморфологічний аналіз передбачає покомпонентне дослідження мікроморфологічних ознак і особливостей сучасних ґрунтів. При детальному мікроморфологічному аналізі шліфів згідно численних праць Е.І. Парфьонові (1972, 1977), К.А. Ярилової (1971, 1974), С.В. Зонна (Мікроморфологический..., 1966), В.О. Таргульяна (Мікроморфологическая..., 1983), М.І. Герасимові та ін. (1992), Г.В. Добровольського (1983б), Н.А. Білової (1997), Є. І. Гагаріної (2004) та багатьох інших (Бронникова, Таргульян, 2005; Медведєв, 1974; Методика..., 1979; Ромашкевич, Герасимова, 1982) ми використовували наступну послідовність їх опису: *скелет, плазма, колір, агрегованість, пористість, органічна і глиниста частини, мінеральний скелет, новоутворення і мікроструктура (щільність)*.

Досить детальна характеристика дослідження даних компонентів мікробудови ґрунтів на основі опрацювання праць вище перерахованих авторів узагальнена С.П. Кармазиненком в монографії «Мікроморфологічні дослідження викопних і сучасних ґрунтів України» (2010), тому не будемо детально зупинятися на цьому питанні, а приведемо лише схему загальної ієрархії мікробудови компонентів ґрунтів (рис. 11.).

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

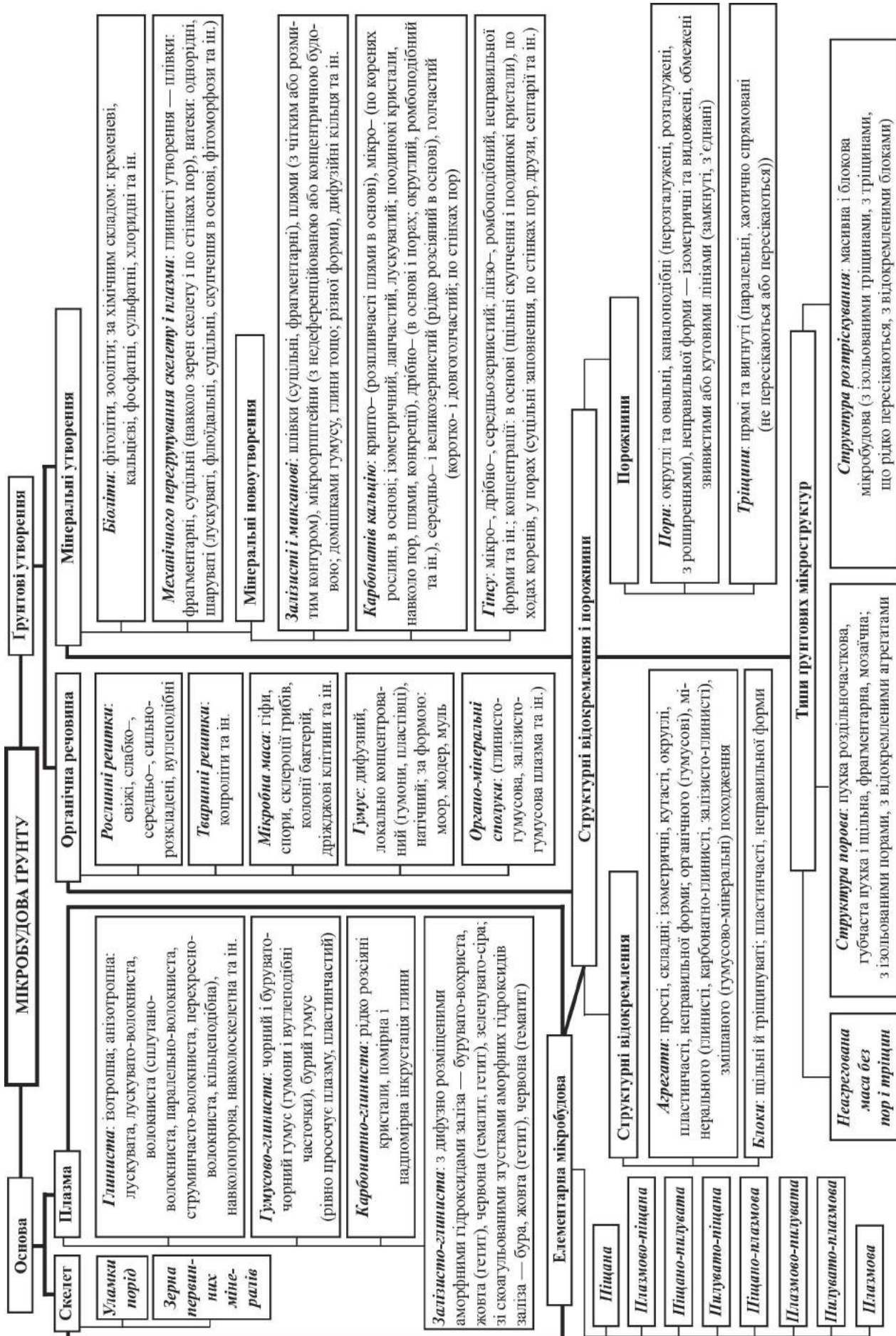


Рис. 11. Загальна ієрархія компонентів мікробудови ґрунтів (узагальнена з урахуванням праць О.І. Парфьоновой, К.А. Ярилової (1977), М.І. Герасимовой (1992), Е.І. Гагаріної (2004))

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

Зі схеми видно, що *мікробудова ґрунту* — це поєднання основи (скелету і плазми), ґрунтових утворень (органічних і мінеральних), порожнин і структур відокремлення, які разом формують ґрунтову мікроструктуру.

Для кращого ілюстрування матеріалу ми робили мікрофото шліфів за допомогою цифрового фотоапарату Nikon Coolpix 5600.

Крім покомпонентного дослідження мікробудови ґрунтів (мікроморфологічний аналіз), виділяють поняття «мікроморфологічний синтез».

Мікроморфологічний синтез дає змогу узагальнити отримані за мікроморфологічного аналізу ознаки відкладів і виявити систему головних генетичних типів ґрунтів за схемою *властивості ґрунтів* (у нашому випадку морфо- і мікроморфологічні) — *елементарні ґрунтоутворювальні процеси* (біогенно-аккумулятивні, елювіальні, ілювіально-аккумулятивні, гідрогенно-аккумулятивні, метаморфічні, педотурбаційні, деструктивні — мікроморфологічна діагностика яких наведена нижче) — *фактори ґрунтоутворення* (материнська гірська порода, живі і неживі організми, клімат, рельєф, вік країни, діяльність людини).

Окремо, слід зупинитись на характеристиці *елементарних ґрунтових процесів* (ЕГП). До них належать ті природні й антропогенні ґрунтові процеси, які:

- специфічні тільки для ґрунтів і не характерні для інших природних явищ;
- у своїй сукупності складають явище ґрунтоутворення;
- визначають утворення у профілі специфічних ґрунтових горизонтів;
- визначають будову профілю ґрунтів, тобто склад і співвідношення системи генетичних ґрунтових горизонтів;
- мають місце у декількох типах ґрунтів у різних сполученнях.

За Б.Г. Розановим (1983, 2004) виділяють такі групи елементарних ґрунтових процесів:

- *біогенно-аккумулятивні* (група процесів, що протікають у ґрунті під безпосереднім впливом живих організмів або продуктів їх життєдіяльності, супроводжуються утворенням біогенних органогенно-аккумулятивних поверхневих генетичних горизонтів) — підстилко-, торфо-, гумусоутворення *in situ* (на місці), гумусонакопичення, дерновий процес та ін.;
- *елювіальні* (група процесів, пов'язаних із руйнуванням або перетворенням ґрунтового матеріалу у спе-

цифічному елювіальному горизонті з винесенням із нього продуктів руйнування або трансформації низхідними водами або латеральними (боковими) потоками води в нижчезалегаючі горизонти, внаслідок чого елювіальний горизонт стає збідненим на ті чи інші сполуки і відносно збагаченим залишеними на місці іншими сполуками або мінералами) — вилуговування, опідзолення, відмулювання (лесиваж, обезмулювання, ілімеризація), псевдоопідзолення, псевдооглеєння, осолодіння та ін.;

- *ілювіально-аккумулятивні* (група процесів акумуляції речовин (гумус, карбонати, мул, оксиди і гідроксиди заліза, мангану, алюмінію тощо) у середній частині профілю елювіально-диференційованих ґрунтів, трансформація і закріплення винесених із елювіального горизонту сполук) — глинисто-ілювіальний, гумусово-ілювіальний, залізисто-ілювіальний, алюмо-гумусово-ілювіальний, залізисто-гумусово-ілювіальний, алюмо-залізисто-гумусово-ілювіальний, карбонатно-ілювіальний, солонцево-ілювіальний та ін.;

- *гідрогенно-аккумулятивні* (група процесів, пов'язаних із сучасним або минулим впливом ґрунтових вод на ґрунтоутворення) — засолення, загіпсовування, карбонатизація, оруденіння, окремніння, латеритизація, олуговіння, кольматаж та ін.;

- *метаморфічні* (група процесів трансформації породоутворюючих мінералів *in situ* без елювіально-ілювіального перерозподілу компонентів у ґрунтовому профілі (внутрішньоґрунтове вивітрювання)) — сіалітизація, монтморилонітизація, фералітизація, ферсіалітизація, феритизація (рубєфікація), озалізнення, оглеєння, злитизація, оструктурювання та ін. (найбільш прояв мають в ґрунтах раннього та середнього плейстоцену);

- *педотурбаційні* (змішана група процесів механічного переміщення ґрунтової маси під впливом різних факторів і сил як природних, так і антропогенних) — самомульчування, розтріскування, кріо-, біотурбації, вітровальна педотурбація, агротурбація та ін.;

- *деструктивні* (процеси що ведуть до руйнування ґрунту як природного тіла і до знищення його (механічне поверхнєве руйнування ґрунтів динамічними силами атмосферних агентів: води і вітру)) — ерозія, дефляція, стягнення, захоронення та ін.;

- *кріогенні* — процеси пов'язані з дією тривалого (багаторічного постійного або тривалого сезонного) промерзання ґрунтової маси — макро-, мезо-, мікроморфологічні (переважання у плазмовому матеріалі оптично орієнтованої глини, ооїдна орієнтація плазми, накопичення полоторних оксидів у перефірійних частинах агрегатів, часткове переміщення полоторних оксидів вниз у вигляді шлейфів вертикальної орієнтації, заповнення міжагрегатних просторів скупченнями крупнопилуватих кварцових зерен), режимні та ін.;

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

➤ *антропогенні* — процеси які виникають під дією впливу людини — утворення орного горизонту, кольмтаж, вторинне засолення (значне скупчення солей по порам і мікротріщинам, часто повністю закупорюють деякі пори), осолонцювання (у незначній кількості шаруваті орієнтовані глини у деяких порах і мікротріщинах, гумусові плівки по порам; у самому поверхневому шарі з'являються відмиті від плівок зерна первинних мінералів, випадкові згустки аморфного кремнеземистого гелю), деградаційне оглеєння та ін.

Ґрунтоутворний процес на земній поверхні проходить під впливом певних факторів ґрунтоутво-

рення, що призводить до різноманітності як типів ґрунтоутворення так і типів ґрунтів. Тобто, формування ґрунту залежить від характеру прояву того чи іншого ґрунтоутворювального процесу. Кожен з елементарних ґрунтоутворювальних процесів характеризується певними діагностичними мікроморфологічними ознаками (табл. 44), що дає змогу уточнити як генезис відкладів так і визначити генетичний тип ґрунтів.

Таблиця 44

Мікроморфологічні ознаки окремих елементарних ґрунтоутворювальних процесів (ЕГП) (Герасимов, 1979; Кармазиненко, 2010; Методика..., 1979; Розанов, 1983, 2004; Процессы..., 1985; Элементарные..., 1992)

ЕГП / Мікроморфологічні ознаки	
БЮГЕННО-АКУМУЛЯТИВНІ — спільними ознаками є наявність: темно-сірої, темно-бурої гумусово-глинистої плазми; гарна мікроагрегованість (прості і складні мікроагрегати до IV порядку), пористість (наявність між- та внутрішньоагрегатної сітки пор та тріщин); органічна речовина представлена у формі рослинних решток (переважено середньо- і сильнорозкладених), органіко-мінеральних сполук, гумусу (переважно скоагульованого)	
Гумусоутворення in situ	Багаточисленні пластівцеві гумусові згустки, які обволочують зерна скелету; чітко видимі рештки рослинних тканин на різних стадіях розкладу; зустрічаються опалові фітолітарії, інколи окристалізовані до кристобаліта
Гумусонакопичення	Поряд з багаточисленними пластівцевими гумусовими згустками, що обволочують зерна скелету, видимі гумусові натеки по крупним порам
Дерновий процес	Суттєва міжагрегатна і внутрішньоагрегатна пористість, склеєні гумусові пластівці утворені великою кількістю рослинних тканин і мінеральних зерен; велика кількість одноклітинних і багатоклітинних мікроорганізмів
ЕЛЮВІАЛЬНІ — у елювіальних горизонтах скелетна частина основи переважає над плазмовою, що проявляється у наявності «відмитих» (без глинистих плівок і оболонок) зерен первинних мінералів; в ілювіальних — наявність численних натеків коломорфних глин у плазмі і порах, а також плівок навколо зерен мінерального скелету	
Вилуговання	Майже суцільна наявність «відмитих», без плівок зерен первинних мінералів, переважання скелетної частини над плазмовою
Опідзолення	Наявність «відмитих», позбавлених плівок зерен первинних мінералів, зцементованих місцями аморфною плазмкою, гумусом, аморфним кремнеземом, при переважанні скелетної частини над плазмкою; характерна наявність сегрегаційних стяжін і мікроконкрецій заліза і мангану, що включають скелетні зерна зцементовані гідрооксидами
Лесиваж (ілімеризація)	Велика кількість світлих, «відмитих» від окисних плівок зерен первинних мінералів в елювіальному горизонті; головною ознакою — є формування під освітленим елювіальним горизонтом глинисто-аккумулятивного ілювіального горизонту, в якому велика кількість натічних шаруватих орієнтованих глин по порах і мікротріщинах і глинисті плівки по гранях структурних відокремлень
Осолоніння	Наявність в осолоділому горизонті з одного боку, «відмитих» від плівок прозорих зерен первинних мінералів, а з іншого — безформних бурих згустків заліза і концентричних залізистих мікроконкрецій; характерна наявність кремнеземних скелетів діатомових водоростей; в ілювіальному горизонті — орієнтовані шаруваті глини у порах і мікротріщинах, згустки аморфних сполук (гумус, полуторні оксиди)
Псевдооглеєння	Наявність у псевдоглеєвому горизонті «відбілених» ділянок скупчень первинних мінералів, переважно кварцу, і чергування з ним бурих скупчень полуторних оксидів і концентричних залізистих мікроконкрецій
Сегрегація	Чергування освітлених ділянок, який складається із «відбілених» зерен кварцу, без окисних плівок, і зцементованих оксидами заліза неправильної форми
Фероліз (елювіально-глеєвий процес)	Переважання «відмитих» від плівок кварцових зерен, наявність безформних згустків оксидів заліза або концентричних мікроконкрецій
Елювіально-гумусовий процес	Велика кількість безформних згустків аморфного гумусу, що обволочують зерна скелету в мікроагрегати, гумусові мостики між крупними зернами, гумусові плівки по порам і мікротріщинах
Алюмо-залізо-гумусовий процес	«Відмитість» зерен первинних мінералів від плівок в елювіальному горизонті, відсутність видимих слідів руйнування первинних або глинистих мінералів; в ілювіальному горизонті характерні залізо-гумусові плівки розтріскування на зернах, мостики між крупними зернами, пластівцеві згустки полуторних оксидів, гумусові натічні плівки у порах і тріщинах
ІЛЮВІАЛЬНО-АКУМУЛЯТИВНІ — ущільнена мікробудова у вигляді злитих блоків, наявність різноманітних за формою і складом натеків, плівок у плазмі, порах і навколо зерен мінерального скелету	
Глинисто-ілювіальний	Чітко видимі натічні форми шаруватих орієнтованих глини у порах

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

Гумусово-ілювіальний	Пластівцеві і гумусові згустки і натеки по порам, цементуючі зерна первинних мінералів, не «відмиті» від окисних плівок
Залізисто-ілювіальний	Вохристі мостики між окремими зернами, плівки розтріскування на зернах, пластівцеві згустки оксидів заліза, залізисті мікроконкреції концентричної будови
Алюмо-гумусово-ілювіальний	Наявність натічних аморфних новоутворень в ілювіальному горизонті
Залізисто-гумусово-ілювіальний	Багаточисленні вохристо-бурі і бурі мостики між зернами скелету, плівки розтріскування на зернах, пластівцеві згустки гумусу
Алюмо-залізисто-гумусово-ілювіальний	Наявність орієнтованих шаруватих глин у порах в мікротріщинах, окисні плівки розтріскування на зернах скелету, вохристо-бурі мостики між зернами з пластівцевими згустками полугорних оксидів
Карбонатно-ілювіальний	Новоутворення крипто-, мікро- та дрібнозернистого кальциту, люблініту та ін.
Солонцево-ілювіальний	Велика кількість натеків орієнтованих глин в порах і мікротріщинах, пластівцевих згустків гумусу і полугорних оксидів, значна частина пор заповнена аморфною речовиною, безформною плазмою
ГІДРОГЕННО-АКУМУЛЯТИВНІ — наявність різноманітних новоутворень карбонатів, гіпсів, легкорозчинних солей, оксидів і гідрооксидів заліза та ін.	
Засолення	Наявність форм легкорозчинних солей
Загіпсування	Наявність мікро-, дрібно-, середньозернистих, ромбо-, лінзоподібних та інших новоутворень гіпсу
Карбонатизація	Наявність новоутворень крипто-, мікро- та дрібнозернистого кальциту, люблініту та ін.
Орудніння	Наявність плівок, пластівців, плям, дифузних кілець, мікроортштейнів, інкрустацій та інших форм гідрооксидів мангану і заліза
Олуговіння	Наявність сизих та іржавих плям від закисних форм заліза, залізистих мікроортштейнів в нижній частині профілю, підвищений вміст гумусу в плазмі, вилуженість від карбонатів
МЕТАМОРФІЧНІ — найбільш спільним для всіх цих процесів є накопичення коломорфної глини (різної форми) переважно у порах і плазмі	
Сіалітизація	Накопичення коломорфної глини у неправильній формі згустки і заповнення нею крупних пор; зустрічаються кородовані зерна первинних мінералів; кристали слюд по краям мають буре забарвлення; значна кількість мінералів, які піддаються вивітрюванню
Монтморилонітизація	Велике скупчення коломорфної глини в порах, значний резерв первинних вивітрованих мінералів, зерна з кородованою поверхнею, сильна мікротріщинуватість
Гумусоалітизація	Суттєве накопичення коломорфної глини, багаточисленні безформні згустки органічної речовини, великий резерв первинних мінералів, велика кількість слабкорозкладених решток рослинних тканин
Фералітизація	Велика кількість коломорфної глини, багато залізистих мікроконкрецій концентричної будови, майже повна відсутність первинних мінералів, крім кварцу, висока окристалізованість залізистих гідроокисних мінералів
Ферсіалітизація	Переважає коломорфної глини, зустрічаються залізисті мікроконкреції
Рубефікація (феритизація, озалізнення)	Значна кількість залізистих гідроокисних мостиків між мінеральними зернами, плівки на зернах, багаточисленні мікроагрегати, які складаються із мінеральних зерен, включених в аморфну масу гідрооксидів заліза, окремо розкидані дрібні жовті до червоних кристалики оксидів заліза; плазма має червонуваті-, коричнюваті- та жовтуваті відтінки забарвлення
Злітизація	Характерна мікробудова у формі щільних блоків із нодульними утвореннями органо-глинистої речовини

Поєднання мікроморфологічного аналізу і синтезу під час дослідження мікробудови сучасних ґрунтів та відкладів складає основу **мікроморфологічному методу**, суттєвими перевагами якого є: порівняльна легкість щодо виготовлення шліфів; непорушність структури ґрунтового комплексу; можливість порівнювати ґрунти у шліфах за лабораторним столом під мікроскопом (Методика..., 1979).

На основі мікроморфологічного аналізу і синтезу ґрунтів та відкладів із застосуванням даних інших методів та їх інтерпретації можна зробити висновки про фізико-географічні умови їх формуван-

ня. При цьому весь наявний матеріал узагальнюється для подальшого написання звітів, статей, монографій та ін. Отже, мікроморфологічний аналіз істотно сприяє з'ясуванню генезису сучасних ґрунтів, а відповідно і визначенню фізико-географічних умов часу їх формування. При цьому потрібно пам'ятати, що сучасні ґрунти (особливо міські) є складними об'єктами для дослідження, і застосування одного лише мікроморфологічного аналізу не вирішить всіх проблем, пов'язаних з їх генезисом. Тому при спробах відновлення сучасних фізико-географічних умов необхідно враховувати результати отримані різними методами.

2.2. Мінералогічний аналіз

Мінералогічний аналіз представляє собою метод дослідження ґрунтів, що дозволяє отримати ряд важливих висновків. Серед яких слід виділити: умови утворення (генезис), речовинний склад, масштаб та інтенсивність фізико-хімічних процесів у природному об'єкті, який досліджується. Оскільки, **мінералогія** — наука про мінерали, їх склад, внутрішню будову, властивості, умови утворення й зміни, а також про процеси мінералоутворення (Лазаренко, Винар, 1975).

Мінеральний склад є основною частиною ґрунту, а тому є визначальною ознакою його належності до певного типу. Слід відзначити й інші особливості мінералів у складі ґрунтових горизонтів. Серед них відзначається гранулометричний склад і наявність вторинних мінералів, які утворилися у самому ґрунті. Це можуть бути мінерали карбонатів (кальцит, гіпс та ін.), які дозволяють зробити висновок про хімічні зміни і особливості рослинного покриву.

При вирішенні еколого-геохімічних завдань, пов'язаних із забрудненням компонентів навколишнього середовища, мінералогічний аналіз дозволяє провести розділення забруднюючих речовин у загальному об'ємі мінеральної речовини (тобто виділити роль пиловатих частинок та інших політантів, які є основним матеріалом викидів джерел забруднення).

Теоретико-методичні основи мінералогічних досліджень базуються на працях багатьох авторів (Баженов, Полуэктова, 1985; Батурин, 1947; Безбородько, 1937; Берлинский, 1975; Бетехтин, 2007; Вернадский, 1960; Вергушков, Авдонин, 1992; Викулова, 1960; Гинзбург, 1958; Горбунов, 1963, 1971, 1974; Градусов, 2010; Грим, 1956; Гумилевский, 1972; Даминова, 1974; Довгий, Павлишин, 2003; Зубкова, Карпачевский, 2010; Зхус, 1966; Иванов, Мягкова, 1996а, б; Копченова, 1979; Костов, 1971; Кузин, 1971; Лабораторные..., 1988; Лазаренко и др., 1977, 1980; Лучицкий, 1947; Методы..., 1985; Методы..., 1971; Музафаров, 1968; Панов, 2001; Парфенова, Ярилова, 1962; Передерий, 2007; Преображенский, Саркисян 1954; Самойлова, 1983; Самчук, 1982; Сизых, 1995; Смольянинов, 1972; Соколова и др., 2005; Станкев, 1986; Тіщенко, 2006; Ферсман, 1977; Чижикова и др., 1992; Юбельт, 1978; та ін.).

Методика мінералогічних досліджень ґрунтів і відкладів передбачає проведення *польового етапу*. Успішність його проведення залежить від правильного відбору проб. Для отримання достовірної інформації про об'єкт, що вивчається відбір проб ми проводили з поверхні (інтервали 0—5 і 5—10 см) методом конверту (про що детально написано у підрозділі 2.3) для дослідження у шліхах під біокуляром. Головною умовою такого відбору слід вважати однотипний характер ґрунтів і відкладів. Також проби (моноліти) відбиралися із кожного горизонту ґрунтів, для виготовлення шліфів та їх дослідження під поляризаційним мікроскопом.

Проведення мінералогічних досліджень під поляризаційним мікроскопом дозволяє отримати об'єктивні дані про: мікроструктуру; співвідношення мінералів різного розміру і ступінь їх окатаності; морфологічні особливості мінералів; включення техногенного генезису та ін. При наявності у ґрунті уламків порід мікроскопічний метод дослідження дозволяє встановити їх петрографічні особливості, зв'язок із підстилаючими корінними породами або їх транспортуванням від джерел материнських порід, розміщених на значній відстані. *Мікроскопічний метод* дослідження мінерального складу дає можливість визначити щільність розподілу техногенних часточок (шлаки, металічні включення, вугілля, скло тощо) у ґрунтовому розрізі і ступінь їх руйнування.

Дослідження мінерального складу ґрунтової проби (шліха) із попереднім висушуванням і дезінтеграцією дає можливість виділити їх не тільки якісний, але і кількісний склад, співвідношення основних породоутворювальних і акцесорних мінералів, включаючи рудні. Виділення їх із складу монофракції дозволяє визначити геохімічну спеціалізацію однотипних мінералів і уламків техногенної природи.

Шліх, отриманий після висушування, можна розділити на фракції двома способами, які доповнюють один одного. Перший представляє собою просіювання сухого зразка через набір сит різного розміру. Цей варіант також застосовують при вирішенні певних еколого-геохімічних завдань. У цьому

випадку зберігаються не тільки мінерали, але і органічні рештки. Другий спосіб являє собою відмучування у спеціальних банках. При використанні відмучування має місце втрата органічних включень (рослинні рештки) і невеликої кількості тонкодисперсних мінералів. Мінерали за рахунок їх водорозчинності втрачають частину ВМ, хоча в той же час, зберігається можливість для визначення хімічного складу мінеральної речовини в цілому і в монофракціях.

Отримана після сушки мінеральна фракція так званий шліх використовується для гранулометричного аналізу, який дозволяє встановити співвідношення фракцій різного розміру. Це співвідношення відмінне для різних типів ґрунтів і відкладів і свідчить про умови їх формування, а також дозволяє уточнити ряд еколого-геохімічних показників, серед яких валовий вміст ВМ, рухомі форми, ємність поглинання та ряд інших.

Гранулометричне розділення мінеральної речовини ґрунту (породи) дозволяє також зробити ак-

цент на дослідження глинистої фракції, розмірність якої $< 0,001$ мм. Вона може складатися як із теригенних тонкодисперсних мінералів, так і власне глинистих, до яких відносять каолінит, монтморилоліт, гідролюди, та інші мінерали. Головною особливістю останніх може бути їх висока сорбційна ємність. Глинисту фракцію ґрунтів ми досліджували також за допомогою *рентгеноструктурного методу*, що дозволяє ідентифікувати її мінерали досить точно. Мінерали піщаної і алевритової фракції при вивченні мікроскопічним методом дають важливу інформацію відносно ступеню їх окатаності, поверхневої корозії і виділення генетичних типів. В цих фракціях можна спостерігати з великим ступенем достовірності кількісний вміст ґрунтових агрегатів, зменшення вмісту яких свідчить про процеси деградації ґрунтів. Як правило це характерно для ґрунтових екосистем, розміщених в безпосередній близькості від промислових об'єктів (наприклад, металургійних комбінатів).

2.3. Спектральний аналіз

Для дослідження закономірностей розподілу ВМ у компонентах навколишнього середовища використано фізико-хімічні методи: *спектральний та атомно-абсорбційний аналізи*.

Загальні фізичні та хімічні властивості ґрунтів визначено із застосуванням методик О.В. Арінушкіної (1970). Методичні вказівки щодо застосування фізичних і хімічних методів по дослідженню компонентів довкілля висвітлені у численних публікаціях (Александрова и др., 1978; Барсуков, 2004; Булагін, 1999; Буянова, 2005; Важенин, 1987; Володин и др., 1990; Воробьева, 1995, 1998; Гагина, Федорцова, 2002; Гедройц, 1955; Гончарук, Сидоренко, 1986; Гринвуд, Эрншо, 2008; Демина, 2004; Дмитриев и др., 1989; Дробышев, 1997; Зырин, Орлов, 1964; Зырин, Обухов, 1977; Королев и др., 1971; Лисенко, Набиванець, 2005; Лонцих и др., 1959; Методы..., 2007; Муравьев и др., 2008; Обухов, Плеханова, 1991; Орлов и др., 1986; Протасова, Щеглов, 2003; Пупышев, Данилова, 2002; Пупышев, 2009; Рудаков и др., 2004; Русанов, 1971; Тарасевич, 1977; Теория..., 2006; Терек и др., 1982; Томпсон, Уолш, 1988; Химический..., 1995, 2012; Химическое..., 1991; Цветкова, Якуба, 2007; Чмиленко, Деркач, 2002; Чмиленко, Смітюк, 2005; Якунина, Попов, 2009).

Спектральний та атомно-абсорбційний аналізи були основними методами при еколого-геохімічних дослідженнях компонентів довкілля м. Маріуполь, що передбачали проведення польових робіт і підготовку проб до зазначених видів аналізів.

При еколого-геохімічних дослідженнях *польові роботи* включали відбір проб ґрунтів, рослинності, донних відкладів та пилових випадін в зонах впливу підприємств чорної металургії м. Маріуполь.

Під час польових робіт основним методом було опробування. Організація відбору проб ґрунтів і відкладів вимагає обґрунтування вибору представницького горизонту опробування, що визначається глибиною проникнення елементів-забруднювачів по ґрунтовому профілю. На основі літературних та експериментальних даних встановлено, що максимальна концентрація поллютантів характерна для верхнього горизонту ґрунтів потужністю до 10 см (Саєт, 1990).

Для визначення особливостей латерального розподілу ВМ у міських ґрунтах м. Маріуполь було відібрано (Ю.Ю. Войтюк, В.Й. Манічевим) 174

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

зразки з поверхневих горизонтів ґрунтів і відкладів (інтервали: 0—5, 5—10 см). Відбір проб виконано з інтервалом 1—3 км (Андросова, 2000).

Проби відбиралися методом конверту. Візуально виділявся квадрат 1×1 м, в одну пробу об'єднувалися проби з кутів квадрату та з перетину його діагоналей. Таким чином, одна точка відбору складалась з 5 проб, що зсипалися в один поліетиленовий пакет. Такий спосіб змішаних зразків використовувався для отримання представницької проби. Середній об'єм проби ґрунту 50—100 г. Кожна проба підписувалась: на етикетці зазначались місце відбору проби, дата, вид проби і ким було здійснено відбір. Паралельно з відбором проб, точки відбору записуються у зошит і проставляються на карті для подальшого картування території досліджень (Муравьев и др., 2008; Саєт, 1990).

Організація опробування має свою специфіку на різних етапах робіт. На рекогносцирувальному етапі опробування дає характеристику окремих ділянок. На етапі зйомки мережа опробування рівномірно покриває всю територію передбачуваної зони впливу техногенезу. При цьому можливі різні варіанти мереж опробування, густина яких визначається деталістністю виявлення структури аномалій забруднення.

Для дослідження проникнення полютантів (у тому числі ВМ) на глибину було закладено 11 шурфів і зроблена 1 розчистка, із глибинами до 1,0 м. Опробування шурфів проводилось по горизонтам з інтервалом 0,10 м. Відбір проб ґрунтів проведено

відповідно до вимог ГОСТу 17.4.4.02—84 і ДСТУ: 4287:2004 (Охрана..., 1984; Якість..., 2004).

У місцях відбору проб ґрунтів пензлем було відібрано пилові випадіння. Опробування представницьких видів рослинності проведено паралельно з відбором ґрунтових проб. Опробування донних відкладів проведено з русла р. Кальміус з піщано-глинистої фракції руслового алювію і з акваторії Азовського моря відповідно до вимог ГОСТу 17.1.5.01—80 (Охрана..., 1984).

Після того як було відібрано зразки ґрунтів і донних відкладів потрібно було правильно їх *підготувати до аналізу*, перед тим як віддавати до лабораторії. При підготовці зразків, у першу чергу на спектральний аналіз, необхідно враховувати природну неоднорідність об'єктів дослідження, внаслідок чого відібрані проби повинні мати усереднений і представницький склад. На всіх етапах відбору зразків в польових умовах до подрібнення і доведення його до повітряно-сухого стану — проби слід дбайливо зберігати від забруднення.

При підготовці до аналізу проби просушувались. Повітряно-сухий ґрунт розподілявся рівним шаром на чистому листі паперу, грудки роздавлювались, відбиралось коріння, включення та новоутворення. Потім проба просіювалась через сито з отворами 1 мм і розтиралась у фарфоровій ступці, або центрифугі (рис. 12). Ступінь подрібнення зразків має велике значення, оскільки визначає відтворюваність результатів аналізу і впливає на точність визначення хімічних елементів (через локальну концентрацію деяких з них).

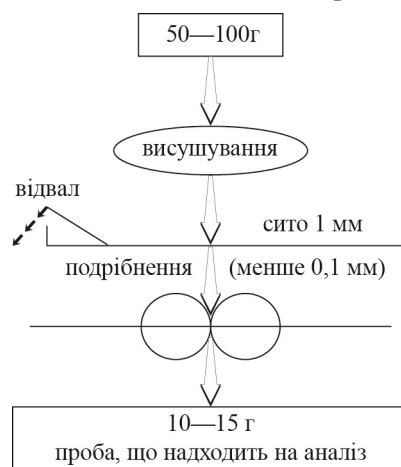


Рис. 12. Схема підготовки проб для спектрального та інших видів аналізів

Після підготовки проба вагою 10—15 г, запакована у підписаний конверт з кальки, надходить до

лабораторії для виконання спектрального та інших видів аналізів.

Спектральний аналіз — це метод якісного і кількісного визначення складу речовини, що базується на дослідженні її спектрів. В основі спектрального аналізу лежить вивчення будови світла, яке випускається чи поглинається речовиною, яка аналізується. Виходячи з цього, методи спектрального аналізу поділяють на емісійні (емісія — випускання) і абсорбційні (абсорбція — поглинання). *Спектральний емісійний аналіз* базується на дослідженні спектрів випускання, а *атомно-абсорбційний аналіз* — на дослідженні спектрів поглинання атомами чи молекулами речовини, що досліджується, при їх збудженні (Протасова, Щеглов, 2003; Тарасевич, 1977).

Спектральний аналіз дослідження мінералів природного і техногенного генезису дає можливість визначити баланс речовини у ґрунті і в першу чергу природу накопичення ВМ.

В основі спектрального аналізу лежать наступні фізичні явища (Протасова, Щеглов, 2003):

- атоми будь-якого хімічного елемента дають характерний (індивідуальний) для нього спектр випускання;
- інтенсивність спектру випускання залежить від концентрації хімічного елемента у пробі.

Спектральний аналіз включає три етапи (Протасова, Щеглов, 2003):

- 1) переведення речовини у пароподібний стан і збудження спектрів атомів, іонів і молекул із застосуванням джерел збудження;
- 2) розкладання випромінювання джерела у спектр і його реєстрація за допомогою спектрального апарату;
- 3) дослідження отриманого спектру та встановлення вмісту хімічних елементів у пробі, що аналізується.

Засновником кількісного спектрального аналізу вважається В. Герлах, який у 1925 р. опублікував статтю: «Про коректну реалізацію і інтерпретацію кількісного спектрального аналізу». Сформульовані в роботі Герлаха принципи кількісного визначення вмісту хімічних елементів до цього часу є основними при розробці конкретних методик атомно-емісійного спектрального аналізу незалежно від того яка природа зразку, що аналізується, і в якому джерелі світла збуджується його спектр. Після цього атомно-емісійний спектральний аналіз почав широко використовуватись для завдань геохімії, були відкриті спектрально-аналітичні лабораторії та організовано серійний випуск спектрометрів.

Одним із перших на шляху практичного застосування методу спектрального аналізу був академік В.І. Вернадський (1960). Подальші ідеї та підходи до застосування спектрального аналізу для завдань екологічної геохімії були запропоновані такими провідними геохіміками і спеціалістами в області охорони природи — О.О. Беусом (1976), М.А. Глазовською (1989, 1990, 1997, 1998), В.В. Добровольським (1983, 1997, 1999, 2003), В.В. Ковальським (1970), К.І. Лукашевим і В.К. Лукашевим (1967, 1970, 1972), О.І. Перельманом (1975, 1987, 1989, 1999) та ін.

Не дивлячись на більш ніж вікову історію свого розвитку, оптичний спектральний аналіз і в даний час залишається одним з найбільш широко вживаним методом аналізу речовин. Особливо велике значення він має при еколого-геохімічних дослідженнях. Не дивлячись на розвиток приладобудування в світі атомно-емісійний спектральний аналіз залишається конкурентоспроможним завдяки простоті, експресності, відносно невисокій собівартості. Метод дає можливість одночасно в одному зразку ґрунту визначати більше ніж 30 хімічних елементів.

Розрізняють наступні види *спектрального аналізу*: *якісний, кількісний і напівкількісний* (Дробышев, 1997).

Метою *якісного* спектрального аналізу є встановлення елементного складу проби. Для зразків з невідомим складом якісний аналіз завжди передує кількісному. Про присутність тих чи інших хімічних елементів у пробах роблять висновки за наявністю в їх спектрах певних ліній. Кожна спектральна лінія характеризується конкретним значенням довжини хвилі. Тому точне визначення довжини хвилі і знаходження хімічного елемента за допомогою таблиць є звичайним методом якісного спектрального аналізу (Протасова, Щеглов, 2003).

Кількісний спектральний аналіз заснований на залежності між інтенсивністю спектральних ліній хімічного елемента, що визначається, і концентрацією його атомів у джерелах світла. В його основі лежить встановлена дослідним шляхом залежність інтенсивності спектральних ліній хімічного елемента від його концентрацій в зразку, що аналізується.

У більш простому випадку *напівкількісне* визначення відбувається візуальним порівнянням почорнінь ліній на спектрограмах проб і близьких до них за складом еталонів. Фотографування на одній пла-

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

стинці спектрів проб і декількох (трьох — п'яти) еталонів дає можливість при перегляді спектрограм легко встановити інтервали концентрацій, в яких знаходиться вміст елементу в тій чи іншій пробі (Лонцих и др., 1959).

Для визначення концентрацій хімічних елементів у пробах ґрунтів використовувався *атомно-емісійний спектральний аналіз* (табл. 45), який виконувався в лабораторії спектрального аналізу відділу оптичної спектроскопії і люмінесценції мінералів Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України на СТЕ-1 спектрографі великої дисперсії (4,7 Å/мм). Лабора-

торія має свідоцтво про атестацію і забезпечена необхідними державними стандартами та зразками. Досліджувані зразки стерті до крупності 200 меш (до стану пудри) спалювались у вертикальній дузі змінного струму 20 А, 220 В з кратера вугільного електроду. Отримані спектри зразків фіксувались на фотопластинку. Після цього проводилась інтерпретація спектрів методом порівняння почорніння ліній з еталонними зразками. Щільність лінії даного хімічного елементу у спектрі пропорційна вмісту його в пробі і відповідає стандарту (Лонцих и др., 1959; Русанов, 1971).

Таблиця 45

Характеристика спектрального аналізу досліджень (Фонової..., 2003)

Хімічні елементи	Межі виявлення у ґрунті, масові %	Відносна похибка, %
V, Be, Ti	10^{-5} — 10^{-3}	10—20
Li	5×10^{-4}	6—16
Sr	3×10^{-2}	6—16
Ba	1×10^{-2}	6—16
Mn	$(1-500) \times 10^{-5}$	6—20
Zn	$(1-500) \times 10^{-4}$	5—10
Cu	10^{-5} — 10^{-4}	3—20
Pb	10^{-4} — 10^{-1}	10—12
Co	10^{-5} — 10^{-3}	10—20
Mo	10^{-5} — 10^{-1}	8—20
Cd	10^{-4} — 10^{-1}	10
B	$(1-100) \times 10^{-3}$	6,5—16
Ni	10^{-5} — 10^{-3}	10—20
Sn	10^{-5} — 10^{-1}	10—20
Cr	10^{-5} — 10^{-3}	10—20
In, Sb, Tl	10^{-4} — 10^{-1}	10
Bi	10^{-5} — 10^{-1}	10—20

У пробах ґрунтів визначався вміст 33 хімічних елементів: Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, V, Mo, Ag, Mn, As, Sb, W, Sn, Bi, Ba, Sc, Ti, Li, Be, Nb, Y, Yb, Zr, Hf, La,

Ce, Cd, P, Ge, Ga, Ta, Th, починаючи з нижньої межі чутливості визначення більшості з них 10^{-3} — 10^{-4} вага %.

2.4. Атомно-абсорбційний аналіз

Атомно-адсорбційний аналіз є різновидом спектральних методів. Метод базується на переведенні зразку в атомну пару і зміні ступеню поглинання атомами хімічного елементу, що досліджується, випромінювання стандартного джерела світла (Барсуков, 2004; Дробышев, 1997; Тарасевич, 1977).

Атомно-абсорбційна спектроскопія базується на поглинанні електромагнітного випромінювання

вільними атомами у не збудженому стані (Алемасова и др., 2003).

В якості джерела світла використовують лампи з парою металів чи трубки з порожнім катодом із металу, що містить в спектрі аналітичні лінії хімічного елементу, що визначається. Цей метод у порівнянні з емісійними характеризується більшою точністю і відтворюваністю. Позитивною його особливістю є те, що в операціях по визначенню концент-

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

рацій хімічних елементів є можливість використувати не тверді концентрати, а безпосередньо розчини (Основы..., 1983).

Детальний опис методики атомно-адсорбційного аналізу висвітлений у численних працях, серед яких слід відзначити (Алемасова и

др., 2003; Пупышев, Данилова, 2002; Пупышев, 2009; та ін.).

Концентрації ВМ у витяжках визначено методом атомно-адсорбційного аналізу (табл. 46) на спектрометрі КАС–115 в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

Таблиця 46

Характеристика атомно-адсорбційного аналізу досліджень (Фоновий..., 2003)

Хімічні елементи	Межі виявлення в ґрунті, масові %	Відносна похибка, %
Mg	2×10^{-6}	2
Fe	$1,5 \times 10^{-5}$	2,5—7
Al	2×10^{-5}	2,2
Mn	$(5—17) \times 10^{-6}$	0,5—5
Zn	$(5—500) \times 10^{-9}$	1,2—14
Cu	$(1—10) \times 10^{-5}$	3,5—7
Pb	$2 \times 10^{-8} - 2 \times 10^{-4}$	—
Co	$(7—10) \times 10^{-6}$	5—10
Cd	$(2—200) \times 10^{-6}$	2—14
Ni	1×10^{-5}	5
Sn	$(2—200) \times 10^{-6}$	2—14
Hg	$(5—400) \times 10^{-8}$	2—17
Cr	$(1—3) \times 10^{-3}$	1,1—1,5
Sb	$(2—200) \times 10^{-6}$	2—20
Tl, In, Bi	$(2—2000) \times 10^{-6}$	—
As	$(3—8,5) \times 10^{-2}$	—
Li, Rb	5×10^{-3}	—

Примітка: «—» — немає даних

2.5. Методика визначення форм знаходження важких металів у ґрунтах і донних відкладах

Негативна дія техногенезу вимагає дослідження захисних властивостей ґрунтів до забруднення їх токсичними хімічними елементами. Для цього необхідно визначити показники рухомості хімічних елементів у ґрунтах, форми їх знаходження і особливості фізико-хімічної міграції. Це може стати основою розробки нових методичних підходів комплексної еколого-геохімічної оцінки території для визначення впливу техногенезу на довкілля.

Дослідження *форм знаходження ВМ у ґрунтах і донних відкладах* проведено *методом послідовного розчинення або витяжок*, розробленим В.О. Кузнецовим (1990) і доповненим та модернізованим А.І. Самчуком (1998). Метод базується на одночасному виділенні із ґрунту декількох хімічних елементів за допомогою «селективних» екстрагентів. Екстрагенти, що використовувались для визначення форм знаходження ВМ наведені на рис. 13 (Самчук и др., 2004).

Виділено такі *форми знаходження ВМ у ґрунтах*:

- *водорозчинна* — форма знаходження, що включає в себе ВМ, які переходять у водну витяжку;
- *обмінна* — обмінними називаються іони, що утримуються ґрунтом за рахунок електростатичних сил і які можуть бути замінені еквівалентною кількістю іонів із нейтральних розчинів нейтральних солей; представлена неміцно адсорбованими формами ВМ, зв'язаними із гідроксидами заліза, мангану, кремнію, органічною речовиною, глинистими мінералами;
- *зв'язана з карбонатами* — форма об'єднує сорбовані карбонатами ВМ та ізоморфні домішки;
- *сорбована на аморфних гідроксидах заліза, мангану* — представлена іонами ВМ, що поглинуті гідроксидами заліза, мангану, тобто сукупністю форм металів, що утворюють поверхневі комплекси, які переходять в розчин при руйнуванні гідроксидів заліза і мангану;
- *зв'язана з органічною речовиною* — представлена міцними металоорганічними комплексами (комплексні сполуки іонів ВМ з гумусовими кислотами);

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

➤ *важкорозчинна форма* — об'єднує метали, що входять в кристалічну решітку породотворних і акцесорних мінералів.

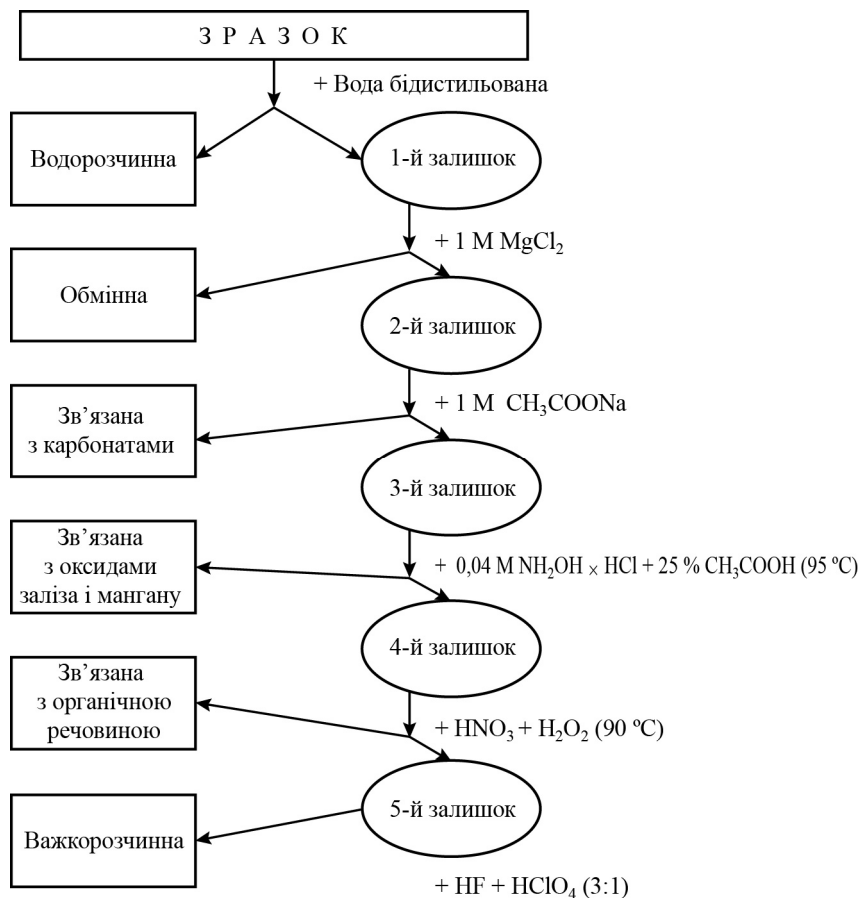


Рис. 13. Схема послідовної екстракції ВМ (Самчук и др., 2004)

Також, виконано виділення із ґрунтів ВМ за допомогою неселективних екстрагентів. Для оцінки ступеню рухомості і біологічної доступності металів, в тому числі при техногенному забрудненні, не завжди є необхідність знати, який саме компонент ґрунту утримує ту чи іншу кількість іонів ВМ. В даному випадку можна користуватися методиками, направленними на вилучення із ґрунтів форм ВМ, що мають певну ступінь рухомості не залежачи від того, з якими компонентами вони були зв'язані.

Найбільше розповсюдження отримали екстрагенти, що дозволяють виділяти із ґрунтів форми ВМ, які можуть бути поглинуті рослинами. Основний вибір екстрагента — висока кореляція між сполуками ВМ у витяжці із ґрунту і в рослинах, що ростуть на цьому ґрунті (Ладонин, 1995; Ладонин, 2002).

За допомогою неселективних екстрагентів визначено іонообмінну, резервну та фіксовану форми:

➤ *Визначення іонообмінних форм ВМ.* Витяжка з ґрунтів розчином 1 н $MgCl_2$, яку рекомендував А. Tessier (1979), характеризує сумарний вміст водорозчинних

сполук металів і «легкообмінних» іонів ВМ у ґрунтах. Проте у зв'язку з різноманітністю обмінних центрів у ґрунтах запас обмінних іонів ВМ у ґрунті частіше визначається із застосуванням ацетатно-амонійного буферного розчину (рН 4,8), так як це було запропоновано Д.М. Прянішніковим ще в 1913 р. (Гедройц, 1955). Екстрагуюча здатність витяжки ацетатно-амонійного буферу по відношенню до металів у порівнянні з розчином $MgCl_2$ вища. Присутність ацетат-іону підвищує здатність розчину вилучати із ґрунту обмінні іони. Практично завжди відмічається більш високий вміст ВМ у витяжці ацетатно-амонійного буферу в порівнянні з $MgCl_2$, особливо це проявляється у забруднених ґрунтах (Гордеева, Белоголова, 2007; Жидеева и др., 2002; Переломов, Пинский, 2003). Тому у своїх дослідженнях ми застосовували ацетатно-амонійний буферний розчин для визначення іоно-обмінних форм.

Визначення іонообмінних форм має важливе еколого-геохімічне значення, так як вони є найбільш доступними для рослин (Самчук и др., 2004).

➤ *Визначення резервних форм.* Аналіз екстрактів розбавлених (1н.) кислот (HCl , HNO_3 , H_2SO_4) традиційно застосовують при характеристиці еколого-геохімічного

стану ґрунтів. Сполуки, що вилучаються цими екстрагентами називаються кислоторозчинними. Кислоти переводять у розчин обмінні іони ВМ і метали, що специфічно сорбовані карбонатами і гідроксидами заліза і мангану. Останні представлені тонкодисперсними (аморфними) сполуками заліза, більш розчинними, ніж крупнодисперсні (Минкина, и др., 2008). Крім того, розчини кислот здатні розчинити оксиди і сульфіді ВМ, що можуть потрапляти у ґрунти при техногенному забрудненні. У

даній роботі для вилучення резервних форм використано 1 н НСІ.

Кислотні розчинники крім засвоєваної рослинами форми, вилучають також ВМ із так званого ближнього резерву, що дозволяє прогнозувати потік ВМ із ґрунтів в екстремальних умовах (Самчук и др., 2004).

➤ *Фіксовану форму*, що включає ВМ, сполучені з первинними і вторинними мінералами, визначено із розрахунку (залишок після всіх екстракцій).

2.6. Методика оцінки аерогенного забруднення компонентів навколишнього середовища важкими металами

Вплив джерел забруднення призводить до формування у навколишньому середовищі міста *техногенних геохімічних аномалій*, тобто ділянок, в межах яких хоча би в одному із складаючи їх природних тіл (компонентів) статистичні параметри розподілу хімічних елементів та їх сполук достовірно відрізняються від варіацій геохімічного фону (фонового вмісту). Необхідно відзначити, що існує також більш вузьке поняття *зони забруднення* — це частина техногенної геохімічної аномалії, в межах якої забруднюючі речовини досягають концентрацій, які негативно впливають на живі організми (Саєт и др., 1990).

Техногенні геохімічні аномалії можуть характеризуватися як моноелементним, так і поліелементним складом, тому поряд з вивченням розподілу окремих хімічних елементів, при еколого-геохімічних дослідженнях проводиться аналіз геохімічних асоціацій — груп елементів, що характеризують специфічні особливості зон впливу різних джерел, які знайдені у компонентах середовища у кількостях, що відрізняються від нормативних величин (фону) (Саєт и др., 1990; Янин, 1999).

Для характеристики рівня забруднення компонентів навколишнього середовища використано коефіцієнт концентрації (K_c) і сумарний показник забруднення (Z_c) (Саєт, и др., 1990):

$$Z_c = \sum_1^n K_c - (n - 1),$$

$$K_c = \frac{C_i}{C_f},$$

де C_i — аномальний вміст хімічного елементу в оцінюваному об'єкті, C_f — фоновий вміст хімічно-

го елементу, n — число хімічних елементів, що входять в асоціацію, яка досліджується.

Забруднення зазвичай буває поліелементним, тому для його оцінки розраховують сумарний показник забруднення (Z_c), що представляє собою адитивну суму перевищень коефіцієнтів концентрацій над фоновим рівнем (Соколов, 2011).

У даній роботі Z_c визначено для таких хімічних елементів: Mn, Ni, Co, V, Cr, Mo, Cu, Pb, Zn, Sn. Так, як валові вмісти цих хімічних елементів у ґрунтах і донних відкладах під впливом підприємств чорної металургії достовірно перевищують фонові значення. За значенням величини Z_c проводиться оцінка території з визначенням рівня забруднення компонентів навколишнього середовища — низького, середнього, високого чи дуже високого. Дане визначення засноване на співвідношенні величини Z_c із змінами показників здоров'я населення, тобто є не випадковими і обґрунтованими (Саєт и др., 1990).

Орієнтовні шкали оцінки забруднення ґрунтів і водних систем представлені у табл. 47, 48.

Величину сумарного показника забруднення ґрунтів використовують для оцінки рівня небезпеки забруднення території міста (табл. 49).

Для комплексної еколого-геохімічної оцінки ґрунтів розраховано частку техногенності металу (ЧТМ) (% від валового), застосовуючи профільний підхід (методика Ю.Н. Водяницького (2009), S. Varon (2006)) за формулою:

$$\text{ЧТМ} = 100 \times (R - 1) : R,$$

де $R = \frac{Ch}{Cp}$, Ch — вміст хімічного елементу в

гумусовому горизонті, Cp — вміст хімічного елементу в породі; ЧТМ > 75 % — висока техногенність,

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

50 % < ЧТМ < 75 % — середня техногенність, ЧТМ < 50 % — низька (недостовірна) техногенність хімічного елементу.

У якості критерію для кількісної еколого-геохімічної оцінки стійкості системи «ґрунт—розчин» розраховано коефіцієнт буферності (K_6).

Він пропорційний сорбційній ємності (СЄ) ґрунтово-поглинаючого комплексу і обернено пропорційний зміні рН в системі «ґрунт—розчин» (Самчук, и др., 1998):

$$K_6 = СЄ / \Delta pH$$

Таблиця 47

Орієнтовна шкала оцінки аерогенних осередків забруднення (Саєт, и др., 1990)

Рівень забруднення	Стан атмосферного повітря	Показники забруднення ґрунтів і снігового покриву
Середній помірно небезпечний	Перевищення ГДК окремих забруднюючих речовин (пил, оксиди вуглецю і азоту, сірчистий ангідрид); вміст ВМ вище фону	Середній рівень забруднення ґрунтів (Z_c 16—32) і снігового покриву (Z_c 64—128); підвищена запиленість снігового покриву (середньодобове навантаження 250—450 кг/км ²); вміст Pb в ґрунтах більше 100 мг/кг
Високий небезпечний	Перевищення ГДК комплексу забруднюючих речовин (пил, оксиди вуглецю і азоту, сірчистий ангідрид), вміст окремих металів (головним чином Pb) вище ГДК	Високий рівень забруднення ґрунтів (Z_c 32—128) і снігового покриву (Z_c 128—256); в складі аномалій присутні хімічні елементи і забруднюючі речовини I класу безпеки (особливо Pb, Cd, Hg) в високих концентраціях ($K_c > 10$); вміст Pb в ґрунті більше 250 мг/кг; середньодобовий рівень випадіння пилу 450—800 кг/км ²
Дуже високий надзвичайно небезпечний	Перевищення ГДК (іноді багаточисельні) комплексу забруднюючих речовин, в тому числі ряду ВМ	Дуже високий рівень забруднення ґрунтів ($Z_c > 128$) і снігового покриву ($Z_c > 256$); в складі аномалій в ґрунті присутні Pb (> 400 мг/кг) і Hg (2,1 мг/кг), що є індикатором перевищення ГДК цих інгредієнтів у повітрі; дуже висока запиленість снігового покриву (середньодобове навантаження 800 кг/км ²)

Примітка: ГДК — гранично допустима концентрація, Z_c — сумарний показник забруднення, K_c — коефіцієнт концентрації відносно фонового вмісту

Таблиця 48

Орієнтовна шкала оцінки забруднення водних систем (Саєт, и др., 1990)

Рівень забруднення	Z_c хімічних елементів у донних відкладах	Вміст токсичних хімічних елементів у воді
Слабкий	< 10	Слабко підвищений відносно фону
Середній	10—30	Підвищений відносно фону, епізодичне перевищення ГДК
Сильний	30—100	У багато раз вищий фону, стабільне перевищення окремими елементами рівнів ГДК
Дуже сильний	> 100	Практично постійна присутність багатьох хімічних елементів у концентраціях вище ГДК

Примітка: Z_c — сумарний показник забруднення, ГДК — гранично допустима концентрація

Таблиця 49

Шкала безпеки забруднення ґрунтів за сумарним показником забруднення (Z_c) (Соколов, 2011)

Категорії забруднення ґрунтів	Z_c
Допустима	< 16,0
Помірно небезпечна	16,1—32,0
Небезпечна	32,1—128,0
Надзвичайно небезпечна	> 128,1

2.7. Методика біогеохімічних досліджень

При еколого-геохімічних дослідженнях техногенних міських ландшафтів важливими є біогеохімічні показники, які є індикатором розмежування природних і техногенних аномалій. Для характеристики біогенної міграції ВМ і біогеохімічних особливостей рослин використано методики, розроблені Ю.Ю. Саєтом (1990), Б.Б. Полиновим (1953), О.І. Перельманом (1975, 1989, 1999), І.А. Авессаломовою (1987, 1992).

Коефіцієнт біологічного поглинання (КБП) елемента розраховано за формулою (Авессаломова, 1987):

$$\text{КБП} = \frac{Lx}{Nx},$$

де Lx — вміст хімічного елемента в золі рослин, Nx — його вміст у ґрунті.

При групуванні ВМ у ряди за інтенсивністю біологічного поглинання використано п'ять градацій (Авессаломова, 1987):

Хімічні елементи біологічного накопичення ($A_x > 1$):

- I група — $A_x — 10n$ і більше — елементи енергійного накопичення;
- II група — $A_x — 10 — n$ — елементи сильного накопичення.

Хімічні елементи біологічного захоплення ($A_x < 1$):

- III група — $A_x — 0, n$ — елементи слабого накопичення і середнього захоплення;
- IV група — $A_x — 0, 0n$ — елементи слабого захоплення;
- V група — $A_x — 0, 00n$ і менше — елементи дуже слабого захоплення.

Для кількісного вираження загальної здатності видів до концентрації ВМ І.А. Авессаломовою за-

пропоновано спеціальний показник — *біогеохімічна активність* (БХА) виду, що представляє собою сумарну величину, що отримується при складанні КБП окремих ВМ (Авессаломова, 1987):

$$\text{БХА} = \sum \text{КБП}$$

Таким чином, в основі розрахунку цього показника лежить загальний ефект накопичення ВМ в золі рослини, що складається із його часткових «активностей» по відношенню до різних хімічних елементів.

У межах сучасної біогеохімії значна увага приділяється дослідженню ґрунтових мікроорганізмів, які є надійним індикатором забруднення довкілля. Для наших досліджень мікроріцети було виділено в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України методом посіву ґрунтової суспензії на агаризовані поживні середовища: картопляно-глюкозне і середовище Чапека (Методы..., 1974). Для ідентифікації мікроскопічних грибів використовувались визначники зарубіжних авторів (Domsh, Gams, 1980; Ramirez, 1982). Про зміни біоти мікроріцетів зроблено висновки за частотою їх виявлення (Мирчинк, 1988).

Обробку і кількісну інтерпретацію еколого-геохімічних даних здійснено за допомогою програмних пакетів *MS Excel* та *STATISTICA 6.0*. Карти розподілу ВМ у ґрунтах м. Маріуполь побудовано в програмі *MapInfo 9* у відповідності з методичними рекомендаціями Н.К. Андросової (2000) до побудови середньомасштабних карт.

2.8. Загальний алгоритм еколого-геохімічних досліджень сучасних ґрунтів

На основі описаних вище особливостей мікроморфологічного, мінералогічного, спектрального і атомно-абсорбційного аналізів сучасних ґрунтів та

відкладів був створений *загальний алгоритм їх еколого-геохімічних досліджень* (рис. 14).

Особливості використання основних методів при еколого-геохімічних дослідженнях сучасних ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

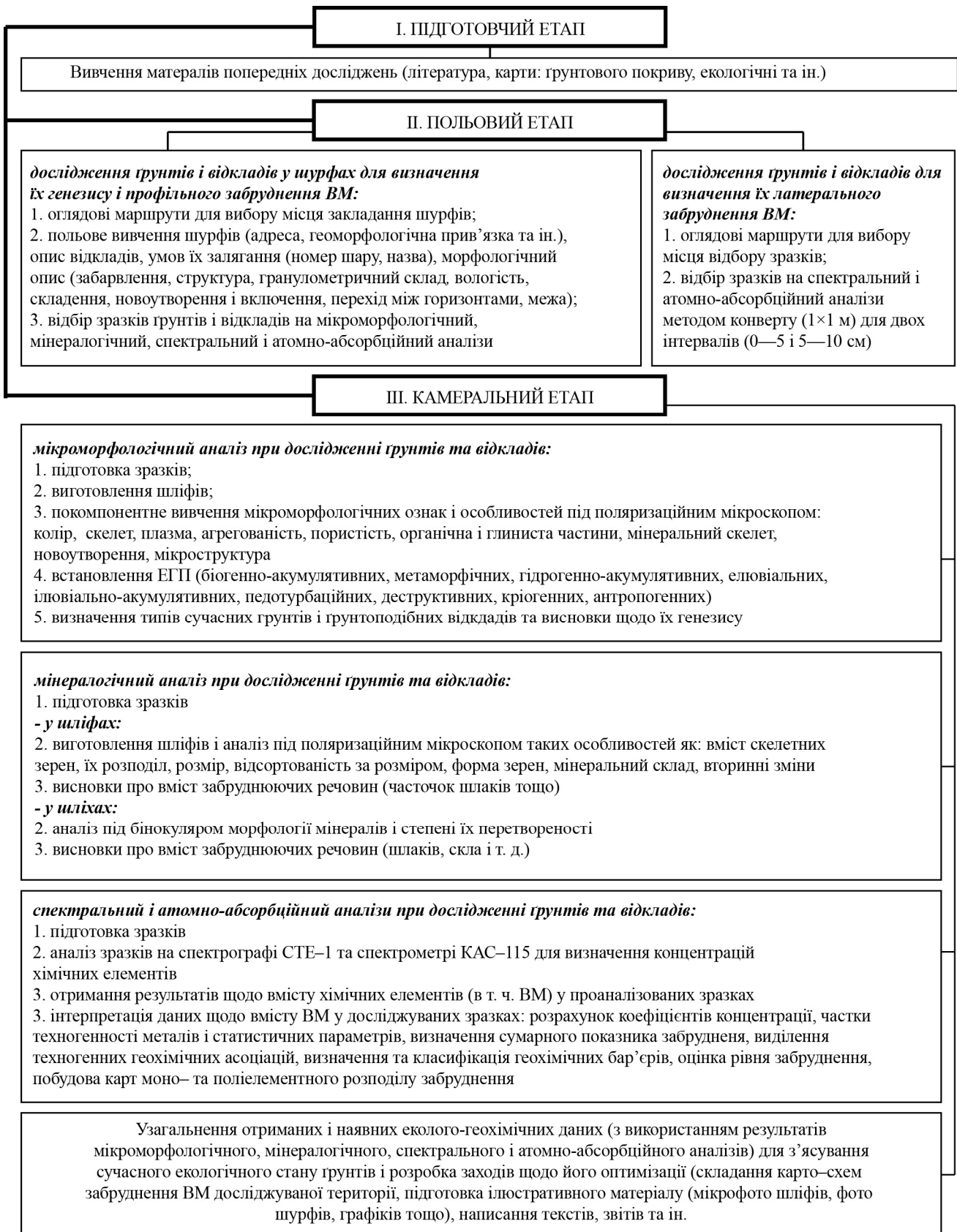


Рис. 14. Послідовність еколого-геохімічних досліджень сучасних ґрунтів та відкладів з використанням результатів мікрморфологічного, мінералогічного, спектрального і атомно-абсорбційного аналізів

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМПОНЕНТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА М. МАРІУПОЛЬ

Для оцінки забрудненості та розробки пропозицій щодо зменшення вмісту ВМ у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь були проведені еколого-геохімічні дослідження. На території міста було закладено 11 шурфів і зроблена 1 розчистка природних ґрунтів на лесових породах з урбоногенними ознаками, із профілів яких було відібрано 48 зразків на мікроморфологічний і мінералогічний аналізи (рис. 15, див. вклейку, див. додаток 1, табл. 50). Було також відібрано 224 зразки (50 — із шурфів і розчистки та 174 по території м. Маріуполь) сучасних ґрунтів та відкладів (урба-

ноземів, урботехноземів і природних ґрунтів з ознаками урбопедогенезу) на спектральний, атомно-абсорбційний аналізи та інші фізико-хімічні методи досліджень (рис. 15, див. вклейку). Результати спектрального аналізу щодо вмісту понад 30 хімічних елементів (у тому числі ВМ) у сучасних ґрунтах і відкладах міста відображені у додатках 2—3 (табл. 51, 52).

Наведемо результати еколого-геохімічних досліджень сучасних ґрунтів та інших компонентів довкілля (рослинності, донних відкладів та ін.) на території м. Маріуполь.

3.1. Мікроморфологічні і мінералогічні дослідження сучасних ґрунтів і відкладів

Мікроморфологічний і мінералогічний аналізи ґрунтів і відкладів на території м. Маріуполь, як складова частина еколого-геохімічних досліджень були використані не тільки для з'ясування й уточнення їх генезису, а й для виявлення часточок техногенного матеріалу і оцінки ступеня їх забруднення. Нижче наведено *результати* детальних *мікроморфологічних і мінералогічних досліджень ґрунтів і відкладів* на території міста у межах закладених шурфів № 1, 2, 4—12 і розчистки № 3 (рис. 16—27, див. вклейку).

Шурф № 1 (рис. 16, див. вклейку) був закладений в 500 м від вулиці Володарське шосе, на окраїні житлового масиву «Західний». Досліджений профіль знаходився на краю молодого соснового лісу (дуже рідко ростуть сосни до 7—8 м висотою і утворюють невелику смугу), який оточений з двох боків молодим широколистяним лісом. Поряд знаходиться склад-магазин будівельних матеріалів «OLBI».

Чорноземний ґрунт, що залягає на карбонатному лесоподібному суглинку, закипає з 10 % розчином НСІ з глибини 0,70 м, має дрібнозернисто-грудкувату структуру. Матеріал досить ущільнений, без видимих кротовин, але багато черворийн. Можна виділити наступні генетичні горизонти.

Н — 0,0—0,40 м — темно-сірий, важкосуглинковий, інтенсивно пронизаний корінням трав, які розпушують матеріал. Перехід поступовий за ко-

льором і посиленням ущільнення, межа слабо прослідковується.

Для мікроморфології зразків (рис. 28, *a—e*, див. вклейку) з горизонту характерно буре забарвлення гумусово-глинистої плазми, хоча є мікроділянки із темно-сірою плазмою (внаслідок наявності темного мулевого гумусу і сполук мангану та заліза). Зустрічаються складні мікроагрегати II—III порядку до 0,1 мм (переважають II — 0,04—0,05 мм), розділені звивистими порами. Прослідковується губчаста мікробудова. Зустрічаються середньорозкладені рештки рослин і копроліти. Інколи органо-глиниста речовина формує поодинокі округлі утворення (до 0,3—0,4 мм). Багато невеликих плям мангану, видно зерна гетиту (0,10, 0,15 мм), зерно рогової обманки неправильної видовженої форми (0,3—0,5 мм) і кілька напіврозкладених решток рослин. *Наявні два великих уламки шлаків (розміром 0,4 і 0,2 мм), значна кількість дрібних часточок (0,03—0,05 мм) техногенного генезису.* Горизонт відзначається пилуватого-плазмовою мікробудовою, із рівномірним розподілом пилуватих зерен мінерального скелету розміром 0,03—0,04 мм.

Нр — 0,40—0,70 м — темно-сірий, з буруватим відтінком, пилуватий важкий суглинок, щільніший за вищележачий горизонт і з меншою кількістю корінців трав.

Під мікроскопом (рис. 28, *є—и*, див. вклейку) для зразків горизонту характерним є переважання гумусово-глинистої плазми, яка часто біля пор про-

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

сочена оксидами і гідроксидами заліза та мангану. Наявні поодинокі округлі скупчення органо-глинистої речовини до 0,4—0,5 мм і складні мікроагрегати III порядку розміром 0,1—0,2 мм, що розділені тонкими звивистими порами. Зерна мінерального скелету (розміром до 0,25 мм) разом із плазмою формують пилувато-плазмову мікробудову.

Phk — 0,70—0,85 м — бурий, щільний, з кротовинами, із глибини 0,70 м починає скипати з 10 % розчином соляної кислоти.

Мікроморфологічно (рис. 28, і—к, див. вклейку) зразки з горизонту вирізняється щільним упакуванням (компактне складення) зерен мінерального скелету у гумусово-глинисту плазму із дрібними (0,02—0,05 мм) залізистими і залісто-мангановими плямами і бобовинами. Є окремі мікроділянки із спрощеними складними мікроагрегатами до II порядку, розділені порами. Біля деяких каналоподібних пор плазма профарбована сполуками мангану і заліза. Мікробудова пилувато-плазмова із поодинокими зернами дрібнокристалічного кальциту.

Pk — 0,85—0,95 м (видно) — бурий, світліший за попередній, з карбонатами у формі міцелію.

Під мікроскопом (рис. 28, л—р, див. вклейку) матеріал характеризується щільним упакуванням зерен мінерального скелету переважно у карбонатно-глинисту плазму. Є поодинокі мікроділянки із простими і складними II порядку мікроагрегатами розділених порами (результат зоотурбації). Спостерігається більша кількість дрібних (0,02—0,03 мм, деякі до 0,05 мм) залізистих зерен і залісто-манганових плям, один крупний мікроортштейн (0,6 мм). Мікробудова пилувато-плазмова, із рівномірним зосередженням зерен мікрокристалічного кальциту серед карбонатно-глинистої плазми, одна пора з мікрокристалічним кальцитом (кілька зерен дрібнокристалічного).

Морфо- і мікроморфологічні ознаки дозволяють визначити тип ґрунту як *чорнозем звичайний* середньопотужний, частково вилужений від карбонатів (карбонати зустрічаються лише у Phk і Pk горизонтах, лінія їх скипання знаходиться на глибині 0,70 м). Найбільш характерними рисами для ґрунту є наявність: поступових переходів між генетичними горизонтами із зменшенням вмісту гумусу з глибиною; рівномірного просочення плазми темним і бурим гумусом; складних мікроагрегатів до III по-

ряду (кількість яких зменшується до низу), розділених сіткою звивистих пор; шлаків у H і H_p горизонтах (внаслідок чого мікроагрегати не так гарно виражені); поодиноких зерен дрібнокристалічного в Phk і рівномірного розосередження зерен мікрокристалічного кальциту в Pk горизонті. *Часточки техногенного матеріалу представлені поодинокими уламками, які зустрічаються у профілі до глибини 0,60 м.*

Шурф № 2 (рис. 17, див. вклейку) розміщений на вулиці Латишова 69 (житловий масив «Черемушки» Приморського району міста), біля краю зораного поля і автомобільної дороги.

Чорноземний ґрунт закипає з 10 % розчином HCl з поверхні. Можна виділити генетичні горизонти: Hk — 0,0—0,30 м — темно-сірий, пухкий (за рахунок коренів трав), важкий суглинок; H_pk — 0,30—0,50 м — темно-сірий, ущільнений, грудкуватий; Phk — 0,50—0,70 м — коричнювато-сірий, важкосуглинковий матеріал з карбонатами у формі білозірки.

Ґрунт характеризується такими особливостями мікробудови (рис. 29, а—р, див. вклейку).

Матеріал гумусового (Hk) горизонту відзначається рівномірним просоченням основи бурим гумусом, розвитком складних мікроагрегатів до III порядку (0,12—0,16 мм) розділених звивистими порами. Переважає гумусово-глиниста плазма бурого кольору, інколи профарбована сполуками мангану і заліза. Зустрічаються дрібні залізисті зерна гетиту 0,03 мм, манганові цяточки, один мікроортштейн (0,02 мм). Характерна пилувато-плазмова мікробудова із незначним просоченням плазми мікрокристалічним кальцитом та ущільненням останнього. *Наявні уламки шлаків (5) розміром 0,2—0,3 мм, які розпадаються на дрібніші часточки (0,02—0,04 мм), яких багато.*

У H_pk наявні складні мікроагрегати до II порядку (0,2 мм) округлої форми, розділені порами. Характерно чергування мікроділянок із темно-сірою гумусовою і бурою гумусово-глинистою плазмою, що рівномірно профарбовані відповідно темним і бурим гумусом типу муль. Значна кількість екскрементів (копролітів) дощових черв'яків, є дрібні залісто-манганові мікроортштейни. Матеріал із меншою кількістю карбонатів (дві мікроділянки із концентраціями зерен мікрокристалічного кальци-

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

ту) і шлаків (тільки три крупних — 0,07, 0,4 і 0,7 мм і дещо більше дрібних).

Матеріал Phk горизонту в мікроморфології характеризується щільним упакуванням зерен мінерального скелету у карбонатно-глинисту плазму, де багато дрібних 0,02—0,03 мм манганових і залістистих зерен (гетит), плям. Є мікроділянки із простими і складними II порядку мікроагрегатами, які розділені тонкими звивистими порами. Переважає карбонатно-глиниста плазма із рівномірним зосередженням зерен мікросталічного кальциту. Зустрічається кілька дрібних часточок техногенного генезису.

За особливостями морфо- і мікроморфологічної будови ґрунт представляє собою варіант, що відзначається підвищеною карбонатністю (скипає з розчином соляної кислоти з поверхні), за рядом авторів це *приазовські чорноземи (перехідні до південних)* (Горбань, Стрижак, 2011; Маринич и др., 1985; Маринич, Шищенко, 2006). *Досліджений ґрунт вирізняється підвищеним руйнуванням фрагментів техногенних домішок (більша кількість ніж у шурфі № 1), які за рахунок оранки проникають на значну глибину.*

Розчистка № 3 (рис. 18, див. вклейку) розміщена у старому кар'єрі (біля краю міського сміттєзвалища) на відстані 250 м західніше вулиці Краснофлотська.

Чорноземоподібний ґрунт (Н — 0,30—0,40 м, Нр — 0,40—0,70 м, Ph — 0,70—0,90 м, Phk — 0,90—1,10 м), закипає з 10 % розчином соляної кислоти з глибини 0,90 м. Мікроморфологічно ґрунт характеризується такими особливостями (рис. 30, а—р, див. вклейку).

Матеріал гумусового (Н) горизонту вирізняється: темно-сірою гумусово-глинистою плазмою, рівномірним просоченням останньої переважно бурим гумусом, спрощеними складними мікроагрегатами до II порядку (0,12 мм), розділеними звивистими порами, пилувато-плазмозовою мікробудовою, *присутня значна кількість дрібних часточок (0,03—0,7 мм) техногенного генезису.*

У верхньому перехідному Нр горизонті також переважає гумусово-глиниста плазма, є складні мікроагрегати II порядку (0,2—0,3 мм). Багато дрібних залістисто-манганових мікроортштейнів. Одна мікроділянка шліфа із сігчастим орієнтуванням

глинистої речовини. *Горизонт із дуже великою кількістю шлаків (два крупних (0,3—0,5 мм), багато дрібних різного розміру та форми).*

Нижній перехідний Ph горизонт світліший за вищележачий, характеризується рівномірним просоченням гумусово-глинистої плазми бурим і світло-сірим гумусом. Менша кількість складних мікроагрегатів розміром 0,1 мм, розділених порами. Значна кількість залістисто-манганових цяток, два мікроортштейни 0,12 мм. *Зустрічається часточки техногенного генезису (один крупний, кілька дрібних).*

Phk горизонт також характеризується гумусово-глинистою плазмою, зі щільним упакуванням зерен мінерального скелету, але одночасного розвитку звивистих пор. Наявна незначна кількість складних мікроагрегатів II порядку розміром до 0,08 мм. Багато мікроділянок, де органо-глиниста речовина профарбована сполуками заліза і мангану. Значна кількість дрібних залістисто-манганових мікроортштейнів (0,04—0,06 мм). Як і для всього ґрунту характерна пилувато-плазмозова мікробудова лише тільки із одним округлим утворенням мікросталічного кальциту.

За морфо- і мікроморфологічними ознаками ґрунт є подібним до *дернового* з чорноземоподібним профілем, який характеризується наявністю складних мікроагрегатів (наявні у всіх генетичних горизонтах) і карбонатним горизонтом на значній глибині. *Ґрунт відзначається підвищеним вмістом домішок техногенного забруднюючого матеріалу різної форми і розміру у двох верхніх генетичних горизонтах (дуже велика кількість часточок шлаків у Нр горизонті) до глибини 0,70 м.*

Шурф № 4 (рис. 19, див. вклейку) був закладений на окраїні житлового масиву «Мирний» (Іллічівський район), біля сміттєзвалища, по вулиці Алтайській 110.

Чорноземний ґрунт, кипить з 10 % розчином соляної кислоти з поверхні. Можна виділити наступні генетичні горизонти: Нк — 0,0—0,30 м — темно-сірий, грудкуватий, важкий суглинок, пронизаний корінням трав; Нрк — 0,30—0,60 м — сірий, світліший за вищележачий матеріал; Phk — 0,60—0,80 м — коричневатопалевий, з кротовинами діаметром до 10—12 см із темно-сірим заповненням Нк горизонту; Рк — 0,80—1,0 м — бурий, грудкува-

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

тий із карбонатами у формі білозірки і конкрецій розміром 0,5—1 см. Для ґрунту характерні такі мікроознаки (рис. 31, *a—p*, див. вклейку).

У гумусовому (Нк) горизонті наявна значна кількість складних мікроагрегатів округлої форми II—III порядку розміром 0,18 мм, деякі до 0,2 мм, розділених звивистими порами. Характерне рівномірне просочення гумусово-глинистої плазми бурим мулевим гумусом, губчаста мікробудова. Багато дрібних залізисто-манганових мікроорґштейнів. Наявні три мікроділянки із мікрокристалічним кальцитом (0,4, 0,6 і 0,8 мм), один карбонатизований решток рослин. *Багато часточок шлаків (два крупних 0,25 і 0,4 мм), решта дрібних (0,02—0,04 мм) різної форми.*

У Нрк горизонті в мікробудові переважає також бура (інколи темно-бура) гумусово-глиниста плазма, яка на двох мікроділянках профарбована сполуками мангану і заліза. Наявні складні мікроагрегати II—III порядку (0,12 мм) розділені порами (але у значно меншій кількості). Зустрічаються два дрібних напіврозкладених корінців рослин (0,05—0,07 мм). Характерна пилувато-плазмова мікробудова із поодинокими зернами дрібно- (0,03 мм) і мікрокристалічного кальциту. *Наявні два крупних уламки шлаків (0,3 мм), кілька дрібних.*

Phk горизонт в зразках під мікроскопом вирізняється переважанням карбонатно-глинистої плазми, у яку щільно упаковані зерна мінерального скелету. Є складні мікроагрегати II—III порядку (до 0,18 мм), за розміром дрібніші ніж у Нрк горизонті (лише там, де наявна гумусово-глиниста плазма). Є кілька мікроорґштейнів (0,05, 0,2 мм), манганових цятки, два зерна рогової обманки розміром 0,02 мм, інші зерна кварцу. Плазма просочена мікрокристалічним кальцитом (кілька зерен дрібнокристалічного кальциту 0,03—0,05 мм), одне крупне відокремлення кальциту розміром 0,7 мм. *Є два крупних шлаки (0,2 і 0,25 мм), кілька менших.*

Карбонатний (Рк) горизонт в шліфах вирізняється переважанням карбонатно-глинистої плазми сірого кольору. Наявні поодинокі мікроділянки із складними мікроагрегатами до II порядку. Біля деяких пор плазма профарбована сполуками мангану і заліза, є дрібні залізисто-манганові цятки, зерна гетиту та один уламок шлаку розміром 0,2 мм. Характерна пилувато-плазмова мікробудова із кілько-

ма відокремленнями мікрокристалічного кальциту у плазмі і біля пор.

Морфо- і мікоморфологічні ознаки дозволяють визначити тип ґрунту як *чорнозем звичайний приазовський* (перехідний до південних). Ґрунт з розвиненими складними мікроагрегатами у всіх генетичних горизонтах, з рівномірним розподілом карбонатів із збільшенням їх кількості у нижній частині профілю. За ознаками ґрунт є подібним до ґрунту описаного у шурфі № 2, але у порівнянні з останнім є більш карбонатним. *До глибини 0,60 м у профілі ґрунту відзначається наявність поодиноких включень уламків шлаків.*

Шурф № 5 (рис. 20, див. вклейку) розміщений по вулиці Солдатській житлового масиву «Курчатово» (Іллічівський район).

Чорноземний ґрунт, який закипає з 0,30 м із розчином соляної кислоти. Ґрунт без видимих кротовин, в основі якого лесоподібний суглинок із карбонатами. Можна виділити наступні генетичні горизонти: Н(к) — 0,0—0,30 м; Нрк — 0,30—0,60 м; Phk — 0,60—0,80 м; Рк — 0,80—0,90 м (видно). Для ґрунту характерні такі особливості мікробудови (рис. 32, *a—p*, див. вклейку).

У гумусовому (Н(к)) горизонті в шліфах плазма темно-сіра гумусово-глиниста. Є складні мікроагрегати II—III порядку, розділені звивистими порами, що формують губчасту мікробудову. Зерна скелету розміром 0,01—0,02 мм рівномірно розосереджені у плазмі, мікробудова пилувато-плазмова. Зустрічається один мікроорґштейн розміром 0,07 мм, один решток корінця рослини (0,07 мм) і два крупних кристали СаСО₃. *Багато (10—12) уламків шлаків розміром (0,17, 0,3, 0,65, 0,35 мм), які розпадаються на дрібніші окремість (є ще більш забрудненим ніж Нр горизонт у розчистці № 3).*

Матеріал Нрк горизонту вирізняється переважанням гумусово-глинистої плазми, яка іноді біля пор просочена оксидами і гідрооксидами мангану та заліза. Є складні мікроагрегати II—III порядку 0,12 мм, але їх не багато, видно один мікроорґштейн і манганові цятки 0,03 мм. Карбонатів мало. *Значна кількість шлаків (0,35, 0,3, 0,15, 0,55 мм) у тому числі і дрібних.*

В мікробудові Phk горизонту зерна мінерального скелету упаковані у буру карбонатно-глинисту плазму. Наявна незначна кількість складних мікроагре-

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

гатів до II порядку (0,18 мм), розділених звивистими порами. Зустрічається один мікроортштейн (0,16 мм), *два уламки шлаків розміром 0,2 мм*. Характерна пилувато-плазмова мікробудова із рівномірним просоченням маси мікрористалічним кальцитом.

Матеріал Pk горизонту в шліфах характеризується чергуванням ділянок з гумусово-глинистою (інколи просочена оксидами і гідроксидами мангану та заліза) і карбонатно-глинистою плазмою, останні переважають. Наявна значна кількість складних мікроагрегатів до II порядку 0,14—0,16 мм, розділених порами, видно три мікроортштейни (0,12—0,14 мм), кілька зерен рогової обманки і гетиту при переважанні зерен кварцу, *є часточки уламків шлаків*. Більше половини шліфа це мікроділянки із плазмою просоченою мікрористалічним кальцитом, часто останній зосереджений біля пор, є зерна дрібнокристалічного кальциту, але не багато (*є найбільш карбонатним шліфом із всіх досліджених*).

За особливостями морфо- і мікробудови ґрунт є близьким до *чорноземів звичайних*, що скипає із розчином соляної кислоти з глибини 0,30 м. Ґрунт близький за ознаками до чорноземів описаних у шурфах № 2 і № 4. *На відміну від шурфу № 4 в даному профілі матеріал є менш карбонатним, а від шурфу № 2 — більш забрудненим. З поверхні до глибини 0,60 м відзначається наявність домішок техногенного матеріалу, а H(k) горизонт є ще більш забрудненим ніж Hр у розчистці № 3 (появляється карбонатністю матеріалу).*

Шурф № 6 (рис. 21, див. вклейку) розміщений на правому березі річки Кальміус (500 м від її русла), на південному сході житлового масиву «Волонтерівка» Іллічівського району міста.

Чорноземний ґрунт який закипає з 10 % розчином соляної кислоти з поверхні. Можна виділити наступні генетичні горизонти: H(e)k — 0,0—0,20 м, Hр(i)ks — 0,20—0,40 м, Ph(i)k — 0,40—0,60 м (видно) — з карбонатним міцелієм. Мікрморфологічно ґрунт вирізняється такими мікроознаками (рис. 33, а—р, див. вклейку).

Для матеріалу гумусового (H(e)k) горизонту характерна гумусово-глиниста плазма, деінде просочена гідроксидами і оксидами мангану та заліза. Наявна незначна кількість складних мікроагрегатів

до II порядку, губчаста структура з сіткою звивистих пор. Поодинокі зустрічаються залізо-манганові мікроортштейни, видно напівзруйноване зерно польового шпату (0,8 мм). Переважає пилувато-плазмова мікробудова із рівномірним розподілом зерен скелету (0,25—0,3 мм) та дрібнокристалічного (0,03 мм) кальциту (мікрористалічного кальциту не багато). *Наявні крупні (0,4, 0,25, 0,35 мм) уламки шлаків, значна кількість дрібних часточок останніх 0,05—0,07 мм (деякі шлаки заповнюють порожнини у плазмі і формують своєрідні скупчення).*

У Hр(i)ks горизонті також переважає гумусово-глиниста плазма. Часто органо-глиниста речовина формує округлі скупчення (0,1—0,35 мм) бурого кольору, глинисті нодульні сегрегаційні утворення (0,45, 0,9 мм) бурого і темно-бурого (дещо озаліжена) кольору. Багато дрібних мікроортштейнів, залізистих і манганових плям, зерен гетиту, пару напіврозкладених решток рослин. Також характерна пилувато-плазмова мікробудова (середній розмір зерен мінерального скелету складає 0,15—0,2 мм), є крупні зерна карбонатів і дві мікроділянки з дрібнокристалічними гіпсами. *Значна кількість уламків шлаків невеликого розміру 0,02—0,05 мм рівномірно розподілені у плазмі.*

У нижній частині профілю (Ph(i)k) плазма гумусово-глиниста, інколи маса біля пор профарбована сполуками мангану і заліза, що є свідченням рухомості останніх, пов'язаної із засоленістю ґрунту. Багато різного складу мікроортштейнів до 0,07 мм, один решток рослин (0,03×0,5 мм) та одне глинисте утворення видовженої форми 0,8 мм. Переважає карбонатно-глиниста плазма із рівномірним зосередженням у ній зерен мікрористалічного кальциту. *Наявні три крупних 0,15, 0,2, 0,2 мм і кілька маленьких уламків шлаків.*

Морфо- і мікрморфологічні (наявність значної кількості гумусово-глинистих утворень, незначної кількості гіпсів) особливості ґрунту свідчать про його формування у відносно вологих (гідроморфних) умовах підвищеної частини заплави річки Кальміус. Ґрунт має значно ущільнений, з ознаками ілювіювання солонцюватий горизонт. За цими ознаками він є близьким до *чорноземів звичайних солонцюватих приазовських* (перехідних до південних). *Ґрунт є значно забрудненим, що підтверджується рівномірним розподілом техногенної речовини по всьому профілю. Формування його на заплаві в умо-*

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

вах відносно пониженого рельєфу призвело до додаткового насичення матеріалу забруднюючими речовинами, а підвищена загіпсованість і карбонатність та формування солонцюватого горизонту сприяло фіксації полютантів у профілі.

Шурф № 8 (рис. 23, див. вклейку) був закладений у сосновій посадці в 500 м на південний схід від дороги по вулиці 130 Таганрозькій (житловий масив «Азовський» — Ордженікідзевський район міста).

Чорноземний ґрунт закипає із поверхні з 10 % розчином соляної кислоти. Ґрунт малопотужний, близько 0,40 м (видно). Можна виділити наступні генетичні горизонти: Нк — 0,0—0,15 м — бурувато-сірий, середній суглинок, з коричнюватими кротовинами і черворіями; Phk — 0,15—0,30 м — коричнюватий, грудкувато-зернистий, з темними кротовинами діаметром 5—8 см; Pk — 0,30—0,40 м (видно) — коричнювато-бурий, без видимих форм карбонатів. Характеризується наступними рисами мікробудови (рис. 34, а—р, див. вклейку).

У Нк горизонті в матеріалі при розгляді під мікроскопом переважає гумусово-глиниста плазма темно-бурого кольору з коричнюватим відтінком (дещо озалізнена), місцями вона просочена сполуками заліза та мангану. Наявні складні мікроагрегати до II порядку розміром 0,07—0,08 мм, розділені порами. Характерна пилувато-плазмова мікробудова із рівномірним розподілом зерен мікрокристалічного кальциту, є дві часточки уламків техногенного генезису (0,1 мм).

В мікробудові Phk горизонту зерна скелету упаковані у гумусово-глинистий і бурій карбонатно-глинистий плазмі, яка складає основну масу шліфа. Поодинокі мікроділянки із складними мікроагрегатами II—III порядку, розділені звивистими порами. Характерне просочення основи ґрунту органічно-глинистою речовиною, яка інколи утворює сегрегаційні нодулі. Наявні екскременти дощових черв'яків, залізисто-манганові мікроортштейни, зерна гегиту. Плазма із рівномірним розподілом у ній зерен мікро- і дрібнокристалічного кальциту. Наявні два уламки шлаків (0,4 мм), що розпадаються на дрібніші окремоті.

Карбонатний (Pk) горизонт в шліфах характеризується збільшення вмісту CaCO_3 , представленими зернами дрібно- і мікрокристалічного кальциту.

Наявні мікроділянки із чисто глинистою плазмою, видно поодинокі залізисто-манганові мікроортштейни і плями. Є два уламки шлаків (0,35 мм) та дрібніші їх часточки. Як і для всього ґрунту характерна пилувато-плазмова мікробудова.

Ґрунт за всіма морфо- і мікроознаками близький до чорноземів звичайних приазовських (перехідних до південних). Він на відміну від інших чорноземних ґрунтів не так складно мікроагрегований внаслідок механічної переробки, з карбонатами від поверхні до низу. Незначна кількість домішок техногенного генезису зустрічається по всьому профілю.

Шурф № 9 (рис. 24, див. вклейку) був закладений по вулиці Волноваській на північній окраїні «ММК ім. Ілліча».

Чорноземний ґрунт потужністю 1,0 м, матеріал якого бурхливо реагує на 10 % розчин соляної кислоти з поверхні (з посиленням реакції вниз по профілю). Зверху вниз можна виділити такі генетичні горизонти.

Нк — 0,0—0,25 м — темно-сірий, на поверхні зустрічаються черепашки молюсків, пухкий пилуватий середній до важкого суглинок, дрібногрудкуватий, пронизаний корінням трав, переритий черворіями, кипить з 10 % розчином соляної кислоти. Перехід до нижчележачого горизонту спостерігається за темнішим забарвленням і незначним ущільненням матеріалу у зв'язку з підвищенням карбонатності, межа відносно рівна.

Під мікроскопом (рис. 35, а—г, див. вклейку) в мікробудові характерно рівномірне просочення темно-сірої гумусово-глинистої плазми гумусом. Наявна невелика кількість напівзруйнованих складних мікроагрегатів II порядку розміром до 0,06 мм, розділених звивистими порами. Є кілька дрібних залізисто-манганових мікроортштейнів, один напіврозкладений решток рослин. Зерна мінерального скелету розміром до 0,5—0,6 мм щільно упаковані у гумусово-глинисту плазму і формують пилувато-плазмову мікробудову. Є невелика кількість карбонатів, переважно мікрокристалічний кальцит. Велика кількість уламків шлаків, як крупних (0,25, 0,15, 0,12 мм) так і дрібних різної форми.

Нрк — 0,25—0,40 м — темно-сірий до чорного, темніший ніж горизонт Нк, дещо ущільнений, пилуватий важкий суглинок, з дрібними корінцями

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

трав, активно кипить з 10 % розчином НСІ. Карбонати зустрічаються переважно у формі міцелію. Наявні черворієни. Перехід поступовий за посвітлінням кольору і збільшенням вмісту карбонатів, межа рівна.

Горизонт відзначається (рис. 35, *д—ж*, див. вклейку) забарвленням основи переважно бурим мулевим гумусом. Наявна значна кількість складних мікроагрегатів II—III порядку розміром до 0,16 мм, розділених тонкими звивистими порами. Зерна мінерального скелету скріплені у гумусово-глинисто-карбонатній плазмі. Є дрібні залізо-манганові мікроортштейни, зерна гетиту поряд з крупними піщаними зернами (0,6—0,7 мм і навіть 1,0 мм), видно зерна CaCO_3 . Зустрічається чотири уламки шлаків (один 0,05 мм, інші дрібніші).

Рнк — 0,40—0,70 м — бурувато-темно-сірий, дрібногрудкуватий важкий суглинок, з невеликими до 5 см кротовинами із матеріалом Рнк горизонту і черворієнами, з карбонатами переважно у формі міцелію. Перехід поступовий за появою бурувато-палевих відтінків у забарвленні, межа рівна.

В мікробудові (рис. 35, *з—ї*, див. вклейку) матеріал горизонту характеризується темно-сірими однорідними кольорами гумусово-глинистої плазми, яка рівномірно просочена гумусом (іноді оксидами і гідрооксидами мангану та заліза). Наявні складні мікроагрегати до II порядку розміром до 0,15 мм, розділені порами. Характерна плазмово-пилувата мікробудова, із дещо більшою кількістю крупних зерен скелету (0,6—0,8 мм), одне піщане зерно розміром 0,9 мм із глинистим або залізо-глинистим покриттям. Більша кількість піщаних зерен є напівзруйнованими. Є кілька зерен дрібно- і мікрористалічного кальциту. Наявні чотири уламки шлаків розміром 0,25 мм і кілька дрібніших 0,04 мм.

Рнк — 0,70—0,90 м — світло-буруватий, важкий суглинок, з невеликими кротовинами і черворієнами. У нижній частині горизонту з'являються карбонати у формі білозірки і конкрецій до 1 см у діаметрі. Перехід до нижчележачого горизонту за кольором і збільшенням вмісту карбонатних конкрецій, межа рівна.

Горизонт вирізняється такими особливостями мікробудови (рис. 35, *й—м*, див. вклейку). Основа ґрунту просочена гумусово-глинистою і карбонатно-глинистою речовиною, є складні мікроагрегати до II порядку (0,15 мм), розділені порами і залізо-

то-манганові мікроортштейни (0,1—0,12 мм), зерна гетиту. Зерна мінерального скелету переважно кварцові упаковані у плазму, яка рівномірно просочена мікрористалічним кальцитом (одне скупчення). Є незначна кількість дрібних (0,03 мм) часточок шлаків.

Рк — 0,90—1,0 м (видно) — світло-бурий, дрібногрудкуватий, важкий суглинок, з черворієнами і темно-сірими кротовинами до 3 см у діаметрі. Горизонт з карбонатами у формі білозірки і конкреціями розміром до 2 см.

Мікроморфологічно (рис. 35, *н—р*, див. вклейку) у матеріалі горизонту переважає світла карбонатно-глиниста плазма. Дуже багато дрібних залізистих зерен (0,02 мм), кілька залізо-манганових мікроортштейнів розміром 0,17 мм. У порівнянні з Рнк горизонтом характерна більша кількість мікрористалічного кальциту, який як рівномірно розсіяний у плазмі так і утворює різні за формою відокремлення. Є два зерна шлаків розміром 0,16 мм.

Ґрунт за морфо- і мікроморфологічними ознаками є близьким до чорноземів звичайних приазовських (перехідних до південних). Він є подібним до ґрунтів досліджених у шурфах № 2, 4—6, 8, 10, які скипають з поверхні, але відрізняється дещо меншою кількістю складних мікроагрегатів (особливо як у шурфі №4), проте є рівномірно забрудненим (поодинокі часточки шлаків техногенного матеріалу спостерігаються по всьому профілю).

Шурф № 10 (рис. 25, див. вклейку) був закладений 250 м на захід від дороги проспект Ілліча, що розміщена вздовж «ММК ім. Ілліча» (Іллічівський район).

Сучасний ґрунт потужністю 1,0 м, кипить з 10 % розчином НСІ з поверхні, по всій товщі профілю зустрічаються черворієни, у карбонатному горизонті вони заповнені гумусом. Можна виділити наступні генетичні горизонти.

Нк — 0,0—0,30 м — темно-сірий до чорного, у верхній частині пронизаний корінням трав, без видимих форм карбонатів, але кипить з розчином соляної кислоти. Матеріал горизонту щільний, чітко грудкувато-зернистий важкий суглинок. У нижній частині з'являються черворієни до 1 см у діаметрі заповнені світло-бурим матеріалом. Перехід поступовий, межа рівна.

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

Горизонт вирізняється такими рисами мікробудови (рис. 36, *a—e*, див. вклейку). У верхній частині в матеріалі плазма темно-сіра гумусово-глиниста, а у нижній навпаки — бура. Наявні складні мікроагрегати II—III порядків розміром до 0,12 мм, розділені тонкими звивистими порами. Є поодинокі мікроділянки, де плазма профарбована сполуками заліза і мангану, два мікроортштейни (0,08—0,1 мм) і дрібні залістисті новоутворення, один напіврозкладений решток рослин. Характерна плазмовопилувата мікробудова, але поряд з пилом багато крупних (0,5—1,0 мм) піщаних зерен кварцу і польового шпату. Зерна дрібно- і мікрористалічного кальциту рівномірно зосереджені у плазмі, а також часто облямовують пори. *Багато часточок шлаків: один крупний (0,9 мм), дуже багато середніх (0,07 мм) і дрібних (0,02 мм). Є найбільшим забрудненим із всіх досліджених горизонтів.*

Нрк — 0,30—0,50 м — темно-сірий до чорного, дещо світліший за попередній горизонт, пилуватий важкий суглинок, з більшою кількістю черворийн. З'являється невеликі кротовини до 3 см у діаметрі. Кипить з 10 % розчином HCl, перехід поступовий, межа рівна.

Для горизонту характерним є (рис. 36, *с—и*, див. вклейку) переважання темно-сірої гумусово-глинистої плазми, що рівномірно просочена темним гумусом. Є незначна кількість складних мікроагрегатів II—III порядку (0,12 мм), розділених порами, один концентричний залістисто-мангановий мікроортштейн (0,12 мм). Мікробудова пилувато-плазмозна, менша кількість крупних зерен 0,3—0,4 мм (одне кородоване 1,0 мм) із рівномірним розподілом зерен мікрористалічного кальциту та кількома його відокремленнями. *Є кілька уламків шлаків (0,1 і 0,12 мм).*

Phk — 0,50—0,80 м — бурувато-сірий, пилуватий важкий суглинок, грудкуватий, з черворийнами, наявна одна велика кротовина з матеріалом Нрк горизонту діаметром 15 см. У середній і нижній частинах горизонту велика кількість карбонатного міцелію. Перехід поступовий за кольором.

В шліфах матеріал вирізняється (рис. 36, *i—м*, див. вклейку) бруою глинистою і карбонатно-глинистою плазмою у яку упаковані кварцові зерна мінерального скелету (середній розмір 0,3—0,4 мм). Незначна кількість складних мікроагрегатів до II порядку розміром 0,09—0,12 мм, розділених пора-

ми, один залістисто-мангановий мікроортштейн. Плазма з рівномірним розподілом зерен мікро- (часто біля пор) і дрібнокристалічного кальциту. *Зустрічається кілька дрібних уламків шлаків 0,04 мм.*

Рк — 0,80—1,0 м (видно) — світло-бурий, пилуватий важкий суглинок, менш щільний, але більш карбонатний (міцелій, білозірка, конкреції).

Мікроморфологічно (рис. 36, *н—р*, див. вклейку) для матеріалу горизонту характерним є рівномірне просочення плазми карбонатно-глинистою речовиною. У верхній частині є мікроділянки, де глиниста плазма профарбована сполуками заліза і мангану (особливо біля пор), є поодинокі складні мікроагрегати до 0,15 мм, два мікроортштейни (0,12—0,25 мм). У нижній частині карбонатно-глиниста плазма більше просочена мікрористалічним кальцитом, є дрібні зерна гетиту і часточки шлаків (0,05—0,07 мм).

Особливості морфо- і мікробудови дозволяють визначити тип ґрунту, як *чорнозем звичайний приазовський* (перехідний до південних), карбонатний з поверхні але із збільшенням вмісту CaCO₃ вниз по профілю). *Ґрунт є забрудненим по всьому профілю, особливо у верхній частині (горизонт Нк є найбільш забрудненим із всіх досліджених).*

Шурф № 11 (рис. 26, див. вклейку) розміщений у 50 м від дороги (вулиця Шевченко). Досліджений профіль знаходиться на північний захід від металургійного комбінату «МК Азовсталь» (300 м) і річки Кальміус (250 м) Приморського району міста.

Зразки на мікроморфологічний аналіз не відбирались, але отримані результати спектрального аналізу, щодо вмісту ВМ у досліджених відкладах.

Профіль чорноземного ґрунту, сформованого на карбонатних важкосуглинкових породах, що використовувалися при будівництві дороги. Можна виділити інтервали: 0,0—0,18 м — темно-сірий до чорного, пилуватий важкий суглинок, пронизаний корінням трав, пухкий, грудкуватий, порошистий, безкарбонатний, вологий, перехід різкий за кольором і карбонатністю, межа різка, нерівна; 0,18—0,40 м (видно) — світло-бурий, важкий суглинок, грудкуватий, бурхливо реагує з 10 % розчином HCl.

Шурф № 12 (рис. 27, див. вклейку) був закладений на пагорбі за готелем «Турист», у 50 м на північ

**Результати еколого-геохімічних досліджень
компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь**

від вулиці Приморський бульвар, Приморського району міста.

Грунтові відклади потужністю біля 0,20 м (видно) — піщаний, зцементований лучним вапном матеріал, кипить з 10 % розчином соляної кислоти. Можна виділити шари: 0,0—0,10 м і 0,10—0,20 м, які характеризуються такими рисами мікробудови (рис. 37, а—ї, див. вклейку).

Для всього профілю характерна піщана мікробудова із середнім розміром зерен мінерального скелету 0,2—0,4 мм. Зерна скелету оточені глинистою плазмою, яка на деяких мікроділянках просо-

чена мікрористалічним кальцитом (іноді формує округлі відокремлення). Є одна озалізнена мікроділянка. У низ по профілю з'являються крупніші піщані зерна кварцу розміром до 0,6 мм, оточені облонокми карбонатно-глинистої плазми. Плазма у порівнянні з верхнім горизонтом є більш насиченою карбонатами. *Наявні дрібні часточки шлаків.*

Проведений також *мінералогічний опис шліфів сучасних ґрунтів* (табл. 53) під поляризаційними мікроскопами «МІН—8» і «Optika В—150POL—В».

Таблиця 53

Мінералогічний опис шліфів виготовлених із відібраних зразків сучасних ґрунтів і відкладів із шурфів № 1, 2, 4—6, 8—10, 12 і розчистки № 3 закладених у межах м. Маріуполь

№ шурфів (Ш.), розчистки (Р.)	Ознаки
Ш. 1	Наявні поодинокі зерна кварцу і польового шпату, розмір яких досягає 0,1 мм; глиниста фракція переважає над піщаною і алевритовою у верхніх горизонтах, а у нижніх — з'являються уламки порід псамітового (піщаного) розміру і окремі ділянки, з конкреціями CaCO ₃ ; вміст рослинних решток досягає максимуму у верхніх горизонтах (до 20 %) і зменшується до 7—8 % в основі розрізу; <i>домішки речовин техногенної природи представлені поодинокими уламками, які спостерігаються до глибини 0,60 м</i>
Ш. 2	Переважає теригенний кварц і польовий шпат розміром до 0,2 мм у верхньому і 0,5 мм у середньому і нижньому горизонтах; глиниста фракція переважає над алевритовою; відзначено зниження (до 4 %) вмісту рослинних решток; <i>характерне підвищене руйнування фрагментів техногенних домішок, серед яких зустрічаються часточки сферичної форми, які проникають на значну глибину</i>
Р. 3	Співвідношення гранулометричних фракцій (глинистої > алевритової) зверху до низу ґрунтового профілю є схожим; вміст рослинних решток не перевищує 5 % від загального об'єму ґрунтової речовини; <i>відзначається підвищений вміст домішок техногенного забруднюючого матеріалу у двох верхніх генетичних горизонтах (до глибини 0,70 м)</i>
Ш. 4	Глиниста фракція переважає над алевритовою і псамітовою (піщаною); мінеральний склад характеризується наявністю кварцу і польового шпату; органічна речовина не перевищує 5—6 %; <i>до глибини 0,60 м відзначається наявність поодиноких включень шлаків</i>
Ш. 5	У мінеральному складі кварц (поодинокі його зерна не перевищують розміру 0,3 мм) і польовий шпат; розподіл рослинних решток зверху вниз по розрізу має знижений вміст (до 4—5 %) і підвищений (до 8 %) у середній частині; <i>з поверхні до глибини 0,60 м відзначається наявність домішок техногенного матеріалу (до 0,5 %)</i>
Ш. 6	Переважають кварц і польовий шпат (70 % об'єму); співвідношення у ґрунті глинистої фракції і алевритової приблизно однакова; наявна органічна речовина у вигляді рослинних решток у верхньому горизонті ґрунту, частка якої зменшується з глибиною до 4—5 %; <i>ґрунт є значно забрудненим по всьому профілю, що підтверджується рівномірним розподілом техногенної речовини по всьому профілю</i>
Ш. 8	Характерний однаковий вміст і розподіл фракцій (глиниста > алевритовою); кількість рослинних решток більша у верхньому горизонті і зменшуються вниз по розрізу; <i>незначна кількість техногенних домішок зустрічається по всьому профілю</i>
Ш. 9	У мінеральному складі переважають кварц і польовий шпат, рідше уламки порід і акцесорні мінерали; вміст алевритової фракції і глинистої приблизно однаковий; аналогічно цьому спостерігається і розподіл рослинної (біогенної) речовини; <i>поодинокі фрагменти техногенного матеріалу спостерігаються по всьому профілю ґрунту</i>
Ш. 10	Характерна наявність кварцу, польового шпату, уламків порід (максимальний розмір їх досягає 1 мм); співвідношення глинистої фракції і алевритової однакове, за винятком верхнього горизонту, де алевритова фракція переважає; частка органічної речовини не перевищує 4—5 %; <i>ґрунт забруднений по всьому профілю (особливо у верхній частині); серед техногенних домішок переважають дрібні включення і поодинокі зерна різного забарвлення (переважно чорні)</i>
Ш. 12	Матеріал супіщаний, у якому переважають кварц, польовий шпат і уламки порід, розмір зерен яких відповідає середньо- і дрібнозернистій фракції; цемент переважно глинистого складу; <i>в інтервалі від 0 до 0,20 м спостерігається підвищений вміст техногенних домішок (до 1 %)</i>

У мінеральному складі ґрунтових відкладів м. Маріуполь спостерігається помітна схожість з

набором природних теригенних мінералів різного розміру фракцій: піщана, алевритова і глиниста.

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

Серед мінералів переважають кварц і польовий шпат (до 70 % об'єму площі шліфа).

Для чорноземних ґрунтів, що сформовані на лесоподібних суглинках серед мінералів фракції < 0,001 мм переважають смектити, змішаношаруваті (гідрослюда-монтморилонітові) утворення, гідрослюди, каолінит, кальцит, кварц; R_2O_3 (рис. 38, *a—m*, див. вклейку). Розподіл цих мінералів за профілем рівномірний (Передерій, 2007).

Проведені мікроморфологічні і мінералогічні дослідження дозволили виявити на території м. Маріуполь кілька видів природних ґрунтів з ознаками урбопедогенезу, які формувалися при поєднанні біогенно-акумулятивних (гумусоутворення, гумусонакопичення, дерновий процес) і гідрогенно-акумулятивних (карбонатизація, загіпсування) ЕГП: чорнозем звичайний (шурфи № 1, 5, 7), чорнозем звичайний приазовський (шурфи № 2, 4, 8—10), чорнозем звичайний солонцюватий приазовський (шурф № 6), дерновий (розчистка № 3) та чорноземоподібні карбонатні ґрунтові відклади (шурфи № 11, 12).

Спільними морфологічними рисами для виявлених ґрунтів є: темно-сіре з буруватим відтінком забарвлення профілю, грудкувато-зерниста структура, важкосуглинковий гранулометричний склад, наявність кротовин, черворийн і карбонатів (переважно у формі білозірки), що розміщені на різній глибині, поступовий перехід між генетичними горизонтами.

Мікроморфологічно ґрунти характеризуються: рівномірним просоченням гумусово-глинистої плазми темним і бурим гумусом, розвитком складних мікроагрегатів до III порядку і пористості, що формують губчасту мікробудову, наявністю напіврозкладених рослинних решток і копролітів (гумусово-акумулятивний горизонт); у перехідних горизонтах поєднуються мікробудова гумусового і карбонатного горизонтів (як правило, внаслідок механічного і зоогенного перемішування матеріалу); зерна мінерального скелету упаковані у гумусово-карбонатній плазмі і мають гумусові оболонки, переважає мікрокристалічний кальцит, який здебільшого рівномірно просочує плазму і формує поодинокі відокремлення.

Внаслідок забруднення викидами металургійних підприємств, автотранспорту та інших забруднювачів у ґрунтах слабо проявляються такі морфо- і мікроморфологічні ознаки, як наявність кротовин, складних мікроагрегатів, пор та ін., що характерні для чорноземних ґрунтів. Особливістю сучасних урбанізованих ґрунтів є значний вміст залізовмісних мінералів — гематиту, гетиту, магнетиту, франклініту, що надходять у ґрунти переважно у складі викидів підприємств чорної металургії.

ґрунти і відклади м. Маріуполь зазнають постійного значного техногенного навантаження, що відображається в їх морфо- і мікроморфологічних ознаках. Це підтверджується наявністю значної кількості видимих під мікроскопом часточок шлаків, вугілля, скла та ін. (рис. 39, *a—p*, див. вклейку).

Шлакові часточки, що поступають переважно з металургійних підприємств є джерелом надходження гідроксидів заліза, з чим пов'язано додаткове утворення залізистих новоутворень навіть у верхніх горизонтах ґрунтів. Саме останні вміщують більшу кількість шлакових твердих викидів, а поряд з механічним навантаженням і обробкою це призводить до погіршення і навіть руйнування структури ґрунтів у верхніх частинах профілів — переважно чорноземів. У звичайних і солонцюватих чорноземах карбонатний і солонцевий горизонти слугують екраном і перепорою для проникнення шлакових часточок у нижні шари. Для розповсюдження полютантів важлива відстань від джерел забруднення, місцева роза вітрів і геоморфологічне положення розрізу.

Всі досліджені ґрунти більш забруднені у верхніх генетичних горизонтах переважно в інтервалах 0,0—0,30 і 0,0—0,60 м. Вони проявляють деформацію верхніх генетичних горизонтів (0—0,20 м) твердими викидами промислових об'єктів і характеризуються погіршеним гумусовим та агрегатним складом. Серед досліджених профілів найбільший вміст полютантів відзначається у ґрунтах розчистки № 3 (дуже велика кількість часточок техногенного генезису міститься у Нр горизонті), шурфів № 9 (рівномірно забруднений по всьому профілю) і № 10 (Нк є найбільш забрудненим із всіх досліджених генетичних горизонтів).

3.2. Еколого-геохімічні закономірності розподілу важких металів у компонентах навколишнього середовища

В даній роботі особлива увага приділяється забрудненню компонентів довкілля під впливом підприємств чорної металургії такими хімічними елементами: Mn, Ni, Co, V, Cr, Mo, Cu, Pb, Zn, Cd, Sn. Такий вибір елементів обумовлено тим, що вони знаходяться у викидах підприємств чорної металургії (Губіна, Горлицький, 2010; Саєт и др., 1990; Гармаш, 1985; Ильин, 1991). Всі ці хімічні елементи, крім Sn, відносяться до I—III класів небезпеки (Охрана..., 1983). Валові значення цих елементів у ґрунтах і донних відкладах м. Маріуполь значно перевищують фонові значення.

Під час еколого-геохімічних досліджень компонентів довкілля м. Маріуполь особливу увагу було приділено територіям, що перебувають під впливом підприємств чорної металургії («Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» («ММК ім. Ілліча»), «Металургійний комбінат Азовсталь» («МК Азовсталь»)), які характеризуються підвищеними об'ємами повітряних викидів та водних скидів (рис. 40, див. вклейку).

Важливим елементом обробки геохімічної інформації при виконанні еколого-геохімічних досліджень є достовірне визначення фонових концентрацій ВМ у ґрунтах, оскільки в даний час їх ГДК розроблено недостатньою мірою. Порівняльна оцінка рівнів вмісту хімічних елементів, що спостерігається у різних компонентах навколишнього середовища міста здійснюється шляхом порівняння їх з гранично допустимими (ГДК) і орієнтовно допустимими (ОДК) концентраціями (Беспамятнов, Кротов, 1985), хоча дані нормативи розроблені в даний не для всіх середовищ (відсутні для рослинності, що не використовується у сільському господарстві), не для всіх забруднювачів, не завжди адекватні істинній небезпечності останніх і мають тенденцію періодично змінюватися. Тому в екологічній геохімії у якості специфічних нормативних величин використовують фонові рівні хімічних елементів.

Під *геохімічним фоном* (фоновим вмістом, «природним фоном», «природним вмістом») в екологічній геохімії розуміється середня концентрація хімічного елементу у природних тілах (компонен-

тах) за даними вивчення природного розподілу (з врахуванням варіацій) у межах однорідної в ландшафтно-геохімічному відношенні ділянки, не порушеної техногенезом (на практиці — це, як правило, ділянки, розміщені поза зоною прямого техногенного впливу) (Саєт и др., 1990; Янин, 1999).

Фон відповідає «нормальному» розподілу хімічних елементів, сформованому за відсутності забруднюючих чинників. В.М. Шестопалов із співавторами (Екогеологія..., 2011) пропонує визначати геохімічний фон за «модальним» значенням вмісту хімічного елементу, оскільки практика визначення геохімічного фону за середнім значенням вмісту хімічних елементів не є методологічно обґрунтованою та не враховує особливості їх розподілу.

Визначенню природного вмісту ВМ у різних типах ґрунтів України з урахуванням ґрунтоутворних порід присвячена робота «Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України» за редакцією А.І. Фатєєва, Я.В. Пашенко (Фоновий..., 2003). Н.Г. Люта (2011) у роботі «Екологічний стан довкілля та європейські перспективи України» приводить усереднені регіональні фони деяких хімічних елементів у ґрунтах і донних відкладах у межах ландшафтно-біокліматичних зон. Закономірності розподілу ВМ у ґрунтах умовно чистих територій приведені в роботі «Важкі метали у ґрунтах заповідних зон України» (2005). Отримані авторами дані є важливим елементом обробки літолого-геохімічної інформації, оскільки використовуються для розрахунку коефіцієнтів концентрації ВМ у ґрунтах.

Для ґрунтів м. Маріуполь було обрано фоновий аналог з подібними ландшафтно-геохімічними властивостями, у районі с. Мелекіне (рис. 41, див. вклейку). Оскільки вплив промислового комплексу не виключався, ділянка розглядалася як «умовно чиста зона». Отримані дані про вміст ВМ у ґрунтах фонові ділянки було піддано статистичній обробці. Фонові значення визначались як модальне значення хімічного елементу у вибірці. Вони узгоджуються з даними Е.Я. Жовинського із співавторами (Важкі..., 2005), А.І. Фатєєва, Я.В. Пашенко (Фоновий..., 2003), Н.Г. Лютої (2011).

**Результати еколого-геохімічних досліджень
компонетів навколишнього середовища м. Маріуполь**

3.2.1. Аналіз пилових випадінь

Особливий інтерес представляє дослідження пилових випадінь металургійних комбінатів («ММК ім. Ілліча», «МК Азовсталь»), оскільки на території промислових агломерацій чорної металургії техногенне надходження ВМ у навколишнє середовище

міста здебільшого відбувається у складі аерального потоку. Дані про вміст ВМ у зразках пилу, відібраних авторами (Ю.Ю. Войтюк, В.Й. Манічевим) у м. Маріуполь представлено у табл. 54.

Таблиця 54

Валовий вміст ВМ у пилових випадіннях на території санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств чорної металургії «ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь» м. Маріуполь, мг/кг

Хімічні елементи	м. Маріуполь (n = 29)	Фонові величини (за Ю.Ю. Састом)
Mn	$\frac{2000 - 10000}{4300}$	—
Ni	$\frac{20 - 100}{60}$	10
Co	$\frac{2 - 5}{4}$	—
V	$\frac{100 - 400}{210}$	—
Cr	$\frac{200 - 2000}{600}$	—
Mo	$\frac{2 - 6}{4}$	—
Cu	$\frac{50 - 1000}{286}$	60
Pb	$\frac{40 - 2000}{1088}$	40
Zn	$\frac{300 - 10000}{5825}$	550
Sn	$\frac{3 - 40}{26}$	—

Примітка: над рискою наведено граничні значення, під рискою — середнє арифметичне, n — кількість проб, «—» — немає даних

Як видно з таблиці середній вміст Pb у пилових випадіннях м. Маріуполь перевищує фонові значення у 27 разів, Zn — 11, Ni — 6, Cu — 5.

Авторами (І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк) встановлено вміст ВМ у окатишах. Для окатишів характе-

рна така геохімічна асоціація ВМ (мг/кг): Mn (50—100), Zn (30—50), Pb (10), Cu (10), Sn (3—5), Ni (2—3). Таких ВМ, як Co, V, Cr і Mo в зразках не виявлено.

Результати еколого-геохімічних досліджень компонетів навколишнього середовища м. Маріуполь

3.2.2. Фізико-хімічні особливості сучасних ґрунтів та закономірності латерального і радіального (профільного) розподілу важких металів у ґрунтах

Фізико-хімічні особливості сучасних ґрунтів.

На території м. Маріуполь поширені в основному урбаноземи, урботехноземи і природні ґрунти з урбаногенними ознаками. При виявленні закономірностей латерального розподілу ВМ об'єктами наших досліджень були перераховані вище міські ґрунти і відклади, тоді як для з'ясування особливостей профільного (радіального) розподілу ВМ дослідження проводились в основному на чорноземах звичайних і приазовських (підтверджено результатами мікроморфологічних досліджень) потужних малогумусних, які у своїй більшості є природними порушеними техногенезом ґрунтами з ознаками урбопедогенезу. Ґрунтоутворювальними породами на цій території є лесоподібні важкі суглинки.

Міські ґрунти є антропогенним утворенням, про що детально описувалося у 1 розділі. У ґрунтових відкладах (глибина відбору проб 0—5 см), що приликають до промислової зони комбінатів «ММК

ім. Ілліча» і «МК Азовсталь», спостерігається значний вміст уламків шлаків і зольних сферичних утворень, що є частиною викидів із труб підприємств чорної металургії (рис. 42, див. вклейку).

Важкі метали, що надходять із техногенних джерел, потрапляють у кінцевому результаті на поверхню ґрунтів. Їхня подальша міграційна здатність по профілю залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунтів (табл. 55).

Однією з найважливіших еколого-геохімічних характеристик є буферність ґрунтів. Вона залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунтового поглинаючого комплексу (ГПК), складу ґрунтової органічної речовини. Коефіцієнт буферності (K_6) прямо пропорційний сорбційній ємності (СЄ) ГПК і зворотно пропорційний зміні рН. Еколого-геохімічна суть цього показника полягає у відображенні властивостей системи протистояти техногенному впливу (Самчук и др., 1998).

Таблиця 55

Фізико-хімічна характеристика ґрунтів

Місце відбору проб ґрунтів	Сорг, мг/кг	рН	Обмінні катіони, мг×екв/100 г						K ₆
			H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	E _{сум}	
м. Маріуполь	4,7	7,2	7,2	2,3	1,2	0,1	1,0	11,8	4,2
с. Мелекіне	6,4	7,4	8,4	38,2	13,0	0,6	0,5	60,7	55,2

Примітка: Сорг — кількість органічної речовини, рН — водневий показник, E_{сум} — сума обмінних катіонів, K₆ — коефіцієнт буферності

Експериментальне дослідження сорбційної ємності ГПК, буферності ґрунтів під впливом підприємств чорної металургії і на фонових ділянках за методикою А.І. Самчука (1998) (табл. 56) показало, що на техногенно-забруднених ділянках зменшується буферність ґрунтів у порівнянні з аналогічними ґрунтами природних ландшафтів (Кураєва та ін., 2010).

Ландшафти промислових агломерацій зазнають інтенсивного антропогенного навантаження, яке зумовлене техногенним впливом на довкілля підприємств чорної металургії («ММК ім. Ілліча», «МК Азовсталь») та інших об'єктів забруднення. У викидах підприємств чорної металургії фіксуються значні концентрації азотної, сірчаної і соляної кислот. Такі викиди у складі атмосферних опадів по-

рушують природну рівновагу рН поверхневого шару ґрунтів: зменшується лужність та буферна здатність ґрунтів і збільшується міграційну здатність ВМ.

Із атмосфери у ґрунти зон впливу підприємств чорної металургії ВМ потрапляють частіше за все у формі оксидів. Вони поступово розчиняються, переходячи у гідроксиди, карбонати чи обмінні катіони. Якщо ґрунти міцно зв'язують ВМ (що зазвичай спостерігається на збагачених гумусом, важкосуглинкових і глинистих ґрунтах), то це захищає від забруднення ґрунтового і питної води, рослинну продукцію. Однак, ґрунти поступово стають більш забрудненими і може відбутися руйнування органічної речовини ґрунтів з надходженням ВМ у ґрунтовий розчин. В результаті такі ґрунти стають не придат-

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

ними для сільськогосподарського використання на прилеглих до міста територіях (Орлов и др., 2005).

Встановлено, що особливістю ґрунтів під впливом підприємств чорної металургії є підвищений вміст оксидів заліза (у 2,6 рази) та кальцію (у 2,7

рази) у порівнянні з фоновою ділянкою (табл. 56). Це пояснюється тим, що викиди підприємств чорної металургії в значних кількостях містять Fe і Ca (Гармаш, 1985).

Таблиця 56

Валовий хімічний склад ґрунтів, %

Вміст оксидів	м. Маріуполь	с. Мелекіне
SiO ₂	38,62	59,46
TiO ₂	0,37	0,66
Al ₂ O ₃	6,99	10,71
Fe _{заг}	10,85	4,23
MnO	0,18	0,11
MgO	1,57	1,57
CaO	10,69	3,91
Na ₂ O	1,00	0,83
K ₂ O	1,20	2,40
P ₂ O ₅	0,09	0,06
H ₂ O	4,72	4,48
в. п. п.	23,26	11,16
Сума	99,54	99,58

Примітка. в. п. п. — втрата при прокалюванні

Закономірності латерального та радіального (профільного) розподілу ВМ у сучасних ґрунтах. Аналіз отриманих даних про вміст ВМ у досліджених урбанізованих ґрунтах м. Маріуполь і порівняння їх зі значеннями для фонової ділянки с. Мелекіне і з ГДК дозволило виявити хімічні елементи, які входять у техногенну геохімічну асоціацію, характерну для досліджених ґрунтів.

Результати досліджень валового вмісту ВМ у ґрунтах санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств чорної металургії м. Маріуполь, регіональні фонові значення і ГДК подано у табл. 57.

За методикою Ю.Ю. Саєта було розраховано коефіцієнти концентрації ВМ у ґрунтах на основі яких виділено техногенні геохімічні асоціації (табл. 58).

Було проведено статистичну обробку отриманих даних. Для аерогенних аномалій розподіл ВМ характеризується дуже високими стандартними відхиленнями. Для фонових ділянок це величина незначна, так як ґрунти, що сформовані на одній ґрунтової породі і не зазнають антропогенного впливу мають більш рівномірний розподіл ВМ. Найбільші стандартні відхилення по відношенню до середніх валових значень мають: Pb, Mn, Zn, Cu, Cr, що дає підставу охарактеризувати ці хімічні елементи як привнесені у колишні фонові ґрунти пиловими викидами у складі техногенних викидів (табл. 57).

Розраховано коефіцієнти кореляції ВМ у ґрунтах СЗЗ підприємств чорної металургії (рис. 43, див.

вклейку). Важкі метали, що входять в асоціацію, виділену для ґрунтів під впливом металургійних комбінатів «ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь», позитивно корелюються між собою. Так, наприклад, коефіцієнт кореляції між Mn та Cr — 0,63; Cu та Pb — 0,61; V та Cr — 0,47; Mn та Ni — 0,46; Zn та Pb — 0,42 (виділено синім). Найменші коефіцієнти кореляції між Mo та Co — -0,08; Pb та Mo — -0,07; Zn та V — -0,06; Zn та Co — -0,06 (виділено червоним).

Користуючись методом Ю.Ю. Саєта (1990) важко відділити техногенну аномалію від природної. Саме тому в роботі додатково використовувався профільний метод визначення частки техногенності металів (ЧТМ) для оцінки аерогенного забруднення ґрунтів (Bagon, Carignan, Ploquin, 2006; Водяницький, 2009).

Висока техногенність встановлена для: Zn — 99 % (шурф № 1), Cu — 75 % (шурф № 4); середня — Cr — 70 % (шурф № 12), Ni — 69 % (шурф № 4), Mo — 67 % (розчистка № 3, шурф № 8, 12), Sn — 67 % (шурф № 4), Mn — 60 % (шурф № 7). Це найбільш техногенні метали у ґрунтах, що перебувають під впливом підприємств чорної металургії. Для порівняння була розрахована техногенність на фоновій ділянці в с. Мелекіне. В межах цієї ділянки всі приведені ВМ мають низьку, недостовірну техногенність. Найбільша кількість техногенних ВМ характерна для шурфу № 4, який було закладено з

**Результати еколого-геохімічних досліджень
компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь**

північно-східної частини «ММК ім. Ілліча» (табл. 59).

Таблиця 57

Валовий вміст ВМ у ґрунтах (горизонт 0—5 см) СЗЗ підприємств чорної металургії м. Маріуполь, мг/кг

Хімічні елементи	«ММК ім. Ілліча»		«МК Азовсталь»		РФЗ	ГДК (Дмитриев и др., 1989)
	$\frac{Med}{Min - Max}$	σ	$\frac{Med}{Min - Max}$	σ		
Mn	$\frac{2494}{600 - 10000}$	2154	$\frac{2100}{1000 - 4000}$	966	500	1500
Ni	$\frac{87}{30 - 200}$	36	$\frac{75}{30 - 100}$	29	32	20
Co	$\frac{10}{4 - 20}$	5	$\frac{9}{4 - 20}$	5	5	—
V	$\frac{193}{80 - 300}$	76	$\frac{132}{40 - 300}$	81	60	—
Cr	$\frac{272}{80 - 500}$	108	$\frac{204}{80 - 450}$	133	50	100
Mo	$\frac{3}{1 - 6}$	1	$\frac{2}{1 - 3}$	1	2	—
Cu	$\frac{226}{60 - 2000}$	459	$\frac{308}{40 - 2000}$	602	20	33
Pb	$\frac{738}{40 - 10000}$	2390	$\frac{184}{50 - 300}$	109	18	32
Zn	$\frac{497}{30 - 4000}$	936	$\frac{581}{60 - 3000}$	877	78	55
Sn	$\frac{7}{3 - 20}$	4	$\frac{7}{4 - 20}$	5	2	—

Примітка: *Med* — середнє значення хімічного елемента, *Min* — мінімальне значення хімічного елемента, *Max* — максимальне; « σ » — стандартне відхилення; РФЗ — регіональне фонове значення. «—» — ГДК не встановлено або дані не приведені

Таблиця 58

Асоціації ВМ у ґрунтах СЗЗ підприємств чорної металургії м. Маріуполь

Металургійний комбінат	Техногенні геохімічні асоціації ВМ
«Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»	$Pb_{41} > Cu_{11,3} > Zn_{6,4} > Cr_{5,4} > Mn_5$
«Металургійний комбінат Азовсталь»	$Cu_{15,4} > Pb_{10,2} > Zn_{7,4} > Mn_{4,2} > Cr_4$

Таблиця 59

Частка техногенності металів (ЧТМ) у ґрунтах, %

Місце відбору проб		Mn	Ni	Co	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn
м. Маріуполь	Шурф № 1	н	н	н	н	н	н	н	н	99	н
	Шурф № 2	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
	Розчистка № 3	н	н	н	н	н	67	н	н	н	н
	Шурф № 4	н	69	50	н	н	н	83	н	н	67
	Шурф № 5	н	н	н	50	н	н	н	н	н	н
	Шурф № 6	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
	Шурф № 7	60	н	н	н	н	н	н	н	н	н
	Шурф № 8	н	н	н	н	50	67	н	н	н	н
	Шурф № 9	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
	Шурф № 10	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
	Шурф № 11	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
	Шурф № 12	н	н	н	н	64	67	н	н	н	н
с. Мелекіне (фонова ділянка)		н	н	н	н	н	н	н	н	н	н

Примітка: ЧТМ > 75 % — висока техногенність, 50 % < ЧТМ < 75 % — середня техногенність, н — низька (недостовірна) техногенність хімічного елемента (ЧТМ < 50 %)

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

Узагальнивши дані використання двох методик (Водяницький, 2009; Саєт, 1990) для ґрунтів, що зазнають впливу підприємств чорної металургії («ММК ім. Ілліча», «МК Азовсталь») характерна геохімічна асоціація, яка представлена такими хімічними елементами: Pb, Cu, Zn, Cr, Mn. Для кожного з цих хімічних елементів було визначено *особливості їх латерального розподілу* у ґрунтах і відкладах м. Маріуполь.

Свинець (Pb) достатньо розповсюджений ВМ — в земній корі його знаходиться 13 мг/кг (Гринвуд, Эрншо, 2008). Загальна кількість Pb—мінералів — 315, більшість з них халькогеніди. Значна розповсюдженість Pb пояснюється тим, що три із чотирьох природних ізотопів свинцю (з масами 206, 207 і 208) є кінцевими стабільними продуктами радіоактивних елементів. В залежності від походження ізотопний склад Pb змінюється.

Найбільш важливий мінерал Pb — галеніт (PbS). Крім нього, в земній корі серед основних Pb—мінералів присутні всього чотири: англезит (PbSO₄), церусит (PbCO₃), піроморфіт (Pb(PO₄)₃Cl), міметизит (Pb₅(AsO₄)₃Cl) (Гринвуд, Эрншо, 2008). Вміст всіх останніх мінералів у земній корі незначний. У ґрунтоутворювальних мінералах Pb максимально збагачені плагіоклази, в середньому 40 мг/кг, серед акцесорних мінералів виділяються сфен — 221 і гранати — 180 мг/кг. Склад свинцевих мінералів у ґрунтах відмінний від їх складу у земній корі.

У кам'яному вугіллі в середньому міститься 7—18 мг/кг Pb, після спалювання концентрація в золі його значно зростає (Водяницький, 2009). Метал потрапляє в ґрунти при видобутку свинцевих руд, як відходи металургії, від автомобілів, які споживають бензин з присадкою Pb та інших джерел.

О.П. Виноградовим запропоновано значення кларку Pb 10 мг/кг (Виноградов, 1950). Кларки запропоновані пізніше вищі: 35 мг/кг (Bowen, 1989), 25 мг/кг (Kabata-Pendias, Pendias, 2001), 40 мг/кг (Саєт і др., 1990). За Н. Боуеном кількість Pb у ґрунтах зростала від 12 мг/кг у до індустріальну епоху та до 35 мг/кг в індустріальну (Bowen, 1989).

Регіональний фон цього хімічного елемента в м. Маріуполь — 18 мг/кг. Середній валовий вміст Pb у сучасних ґрунтах і відкладах м. Маріуполь (горизонт 0—5 см) становить 259 мг/кг, що перевищує фонове значення у 14 разів і ГДК у 8 разів.

У м. Маріуполь виділено дві геохімічні аномалії Pb у ґрунтах і відкладах (горизонт 0—5 см). Перша у частині міста «Садки» (точка відбору 45), що знаходиться північніше «МК Азовсталь», де валовий вміст Pb становить — 10000 мг/кг, що у 556 разів перевищує фонове значення і у 312 ГДК. Друга геохімічна аномалія розташована поблизу залізничного вокзалу м. Маріуполь (точка відбору 76), валовий вміст Pb досягає 1000 мг/кг, що перевищує фонове значення у 56 разів і у 31 ГДК. Мінімальне значення Pb у цьому ґрунтовому горизонті становить 40 мг/кг, що перевищує регіональний фон майже у 2 рази (рис. 44, див. вклейку).

Середній валовий вміст Pb у ґрунтах і відкладах (горизонт 5—10 см) становить 288 мг/кг, що перевищує фонове значення у 16 разів і ГДК у 9 разів. У даному горизонті ґрунтів для Pb виділено дві геохімічні аномалії. Перша геохімічна аномалія локалізована у частині міста «Садки» (точка відбору 45), де валовий вміст Pb становить — 10000 мг/кг, що у 556 разів перевищує фонове значення і у 312 ГДК. Друга аномалія характерна для західної частини міста (точка відбору 62), валовий вміст Pb становить 4000 мг/кг, що перевищує фонове значення у 222 рази і ГДК у 125 разів. Мінімальне значення Pb для цього горизонту ґрунтів і відкладів становить 20 мг/кг, що наближене до фонового рівня (рис. 45, див. вклейку).

Мідь (Cu) відносно розповсюджений, життєво важливий і сильно токсичний головний кольоровий d-метал (Іванов, 1995).

Розчинність сполук Cu знижується від легкорозчинних CuSO₄ і CuCl₂ до дуже важкорозчинних CuCO₃, CuOH і до сульфідів; рН початку осадження CuOH₂ — 5,4 (Іванов, 1995).

Мідь утворює велику кількість мінералів, серед яких найбільш розповсюджені первинні мінерали — прості і складні сульфіди. Вони досить легко розчиняються при вивітрюванні і вивільняють іони Cu. Особливо характерно це для кислих середовищ, саме тому Cu вважається одним із найбільш рухомих ВМ при гіпергенних процесах. Однак, катіони Cu володіють різноманітними властивостями — в ґрунтах проявляють велику схильність до хімічної взаємодії з мінеральними і органічними компонентами. Іони Cu можуть також легко осаджуватись такими аніонами, як сульфід, карбонат і гідроксид.

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

У підсумку Cu — відносно малорухомий хімічний елемент у ґрунтах, її сумарний вміст виявляє порівняно незначні варіації у ґрунтових розрізах (Kabata-Pendias, Pendias, 2001).

Середній валовий вміст Cu у ґрунтах і відкладах коливається від 6 до 60 мг/кг (Kabata-Pendias, Pendias, 2001). Регіональний фон Cu у ґрунтах м. Маріуполь — 20 мг/кг. Внаслідок надходження Cu в результаті діяльності підприємств чорної металургії і здатності поверхневого шару ґрунтів до акумуляції міді вміст її у ґрунтах міста збільшився.

Середній валовий вміст Cu у ґрунтах і відкладах м. Маріуполь (горизонт 0—5 см) становить 174 мг/кг, що перевищує фонове значення у 9 разів і ГДК у 5 разів. В результаті еколого-геохімічного картування було виділено дві геохімічні аномалії Cu для цього горизонту ґрунтів і відкладів. Перша аномалія розташована північніше комбінату «МК Азовсталь» (точка відбору 11), друга — у центральній частині міста (точка відбору 54). Валовий вміст Cu у визначених геохімічних аномаліях досягає 2000 мг/кг, що перевищує фонове значення у 100 разів і ГДК у 60 разів (рис. 46, див. вклейку).

Середнє значення валового вмісту Cu у ґрунтах і відкладах (горизонт 5—10 см) становить 261 мг/кг, що перевищує фонове значення у 13 разів і ГДК у 8 разів. Підвищений вміст Cu у горизонті 5—10 см по відношенню до горизонту 0—5 см свідчить про те, що мідь здатна мігрувати по ґрунтовому розрізу і акумулюватися на значних глибинах. В деяких випадках вміст Cu у горизонті ґрунту 5—10 см досягає надзвичайно високих значень — до 4000 мг/кг, що перевищує фонові значення у 200 разів і ГДК у 120 разів. Така аномалія зафіксована у ґрунтах східної частини міста (точка відбору 32) (горизонт 5—10 см). Значна аномалія Cu відмічена також у південно-східній частині «ММК ім. Ілліча» (точка відбору 35), де валовий вміст міді досягає 2500 мг/кг (рис. 47, див. вклейку).

Цинк (Zn) є біофільним і технофільним хімічним елементом широкого діапазону дії на живі організми з високою рухомістю (Іванов, 1995), що визначає актуальність дослідження його поведінки у різних середовищах, у тому числі у міських ґрунтах.

Кларк Zn в земній корі 76 мг/кг (Гринвуд, Эрншо, 2008). Цинк в земній корі відноситься до халь-

кофілів. Цинк — мінералогенний хімічний елемент, для якого відомо 143 мінерали. Основні цинкові мінерали в земній корі — сфалерит (ZnS — гіпогенний мінерал) і смітсоніт ($ZnCO_3$ — гіпергенний). Розповсюджені також оксид цинку і заліза — франклініт ($ZnO \times Fe_2O_3$) і гідросилікат цинку геміморфіт ($Zn_4Si_2O_7(OH) \times 2H_2O$). Високий вміст Zn в мінералах групи шпінелі. Цинк закріплюється також оксидами мангану (Водяницький, 2009).

Кларк Zn в ґрунтах за Н. Боуеном 90 мг/кг, в чорноземах 46—55 мг/кг (Іванов, 1994—1997).

Для металів-халькофілів (Ag, Cd, Hg, Zn) характерне осадження у вигляді сульфідів і комплектація з органічною речовиною. Реакції в окисних умовах призводять до окислення сульфідів і органічної речовини, що провокує супутній вихід ВМ у ґрунтовий розчин (Водяницький, 2009).

Франклініт, віллеміт, геміморфіт і Zn-вмісний магнетит, що виявленні у важкій фракції забрудненого поверхневого горизонту ґрунту, є головними Zn-вмісними поліюгантами металургійних заводів (Водяницький, 2009).

Цинку властива значна рухомість. Однак, навіть у найбільш сприятливих для його міграції середовищах він швидко сорбується мінеральними (Al, Fe, Mn) і органічними компонентами (Іванов, 1994—1997).

Регіональне фонове значення Zn для ґрунтів м. Маріуполь — 78 мг/кг. Середній валовий вміст Zn у ґрунтах і відкладах м. Маріуполь (горизонт 0—5 см) становить 412 мг/кг, що перевищує регіональне фонове значення у 5 разів і ГДК у 7 разів. У ґрунтах і відкладах (горизонт 0—5 см) виявлено три геохімічні аномалії Zn. Одна аномалія в південній частині «ММК ім. Ілліча» з валовим вмістом Zn у ґрунтах 4000 мг/кг (точка відбору 11), що перевищує фонове значення у 51 раз, дві інші у центральній і східній частині міста з вмістом Zn 3000 мг/кг, що перевищує фонове значення у 38 разів (точки відбору 54, 47). Найбільш забруднені цим ВМ ґрунти і відклади (горизонт 0—5 см) Жовтневого, Орджонікідзенського районів і північно-західна частина міста. Значення Zn, що дорівнюють фоновим або менші за них зустрічаються лише у східній частині міста (рис. 48, див. вклейку).

Середній валовий вміст Zn у ґрунтах і відкладах м. Маріуполь (горизонт 5—10 см) становить 187 мг/кг, що перевищує регіональне фонове зна-

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

чення у 2 рази і ГДК у 3 рази. У ґрунтах і відкладах (горизонт 5—10 см) валові значення Zn значно зменшуються, що свідчить про те, що накопичення цинку зазвичай відбувається у поверхневих горизонтах ґрунтів. Максимальне значення Zn для горизонту 5—10 см ґрунтів і відкладів становить 800 мг/кг, що більше фонового значення у 10 разів. З таким значенням зафіксовано дві геохімічні аномалії. Одна розташована у західній частині міста (поблизу населеного пункту «Старий Крим») (точка відбору 17), друга у південній частині комбінату «МК Азовсталь» (точка відбору 66). Окраїни міста характеризуються значеннями Zn у ґрунтах і відкладах (горизонт 5—10 см) на рівні і менше фонових (рис. 49, див. вклейку).

Хром (Cr) важливий метал чорної металургії. Електронна будова атому Cr подібна до будови Fe і особливо Mn. Хром характеризується як токсичний хімічний елемент (Водяницький, 2009).

Кларк Cr в земній корі відносно високий — 122 мг/кг. Число мінералів (54) — низьке, але за розповсюдженістю його головних мінералів — хромшпінелідів, Cr не поступається іншим поширеним чорним металам. Найбільша кількість його мінералів відноситься до класу оксидів, серед них 15 хромітів. Крім головних компонентів у склад хромітів входять до: 12 % Ti; 0,8 % Mn; 1,2 % V; 0,6 % Co (Іванов, 1994—1997).

Вміст Cr знижується від ультраосновних порід до основних і далі до кислих і лужних. В гіпербазитах концентрація Cr досягає 4400—6500 мг/кг. Гранітоїди бідні на хром. При ґрунтоутворенні хроміт та інші мінерали, що містять Cr стійкі до вивітрювання, що зумовлює присутність хрому в залишковому матеріалі (Водяницький, 2009).

Кларк Cr в ґрунтах світу за О.П. Виноградовим складає 200 мг/кг (Добровольський, 2003). Пізніше у 1966 році Н. Боуеном він був знижений до 100 мг/кг (Bowen, 1989), а в 1979 до 70 мг/кг. Деякі регіональні кларки дуже відрізняються від світових. Наприклад, кларк для ґрунтів США — всього 40 мг/кг (Добровольський, 2003), що вказує на важливість дослідження регіонального фону для Cr. У ґрунтах на гранітоїдах вміст Cr низький — 10 мг/кг, на габроїдах зростає до 100 мг/кг, а на ультрабазитах до 300 мг/кг (Іванов, 1994—1997).

Токсичність Cr залежить від ступеню його окислення. Хромат оксианіону, CrO_4^{2-} , дуже рухомий у ґрунтах і ґрунтових водах. Відновлена форма Cr (III) утворює малорозчинний гідроксид і формує міцні комплекси з ґрунтовими мінералами. Можливість редукції Cr (VI) до Cr (III) дозволяє зменшити негативну дію цього токсиканту (Водяницький, 2009).

Хром широко використовується у металургійній та хімічній промисловості завдяки стійкості до корозії і високій твердості. Згідно з сучасними даними 78 % використаного Cr рано чи пізно потрапляє у навколишнє середовище (Водяницький, 2009).

Фоновий вміст Cr у ґрунтах м. Маріуполь — 50 мг/кг. Середній вміст Cr у горизонті 0—5 см ґрунтів і відкладів м. Маріуполь становить 214 мг/кг, що перевищує фонове значення у 4 рази і ГДК у 2 рази. Валовий вміст Cr у ґрунтах під впливом підприємств чорної металургії досягає 450—500 мг/кг, що перевищує фонове значення у 9—10 разів і ГДК у 5 разів. Нами були виявлені чотири аномалії за вмістом Cr у ґрунтах і відкладах (горизонт 0—5 см). Дві аномалії розташовані у СЗЗ підприємств чорної металургії. Перша у північній частині комбінату «МК Азовсталь» (точка відбору 55), друга у північно-східній частині комбінату «ММК ім. Ілліча» (точка відбору 27) і дві інші у селітебній зоні м. Маріуполь (точки відбору 43, 44). Значна техногенна геохімічна аномалія з перевищенням фонового значення у 7 разів і ГДК у 3,5 рази розташована у східній частині міста, де розташовані сільськогосподарські угіддя. Слід відмітити, що майже вся територія міста забруднена цим хімічним елементом, крім південної його частини (рис. 50, див. вклейку).

Аналіз розподілу Cr у горизонті 5—10 см ґрунтів і відкладів дозволив виділити техногенно-геохімічні аномалії, для яких характерне перевищення фонових значень у 9—12 разів і ГДК у 4,5—6 разів. Відмічається підвищена забрудненість даного горизонту по відношенню до горизонту 0—5 см, що пов'язано із здатністю хімічного елементу мігрувати по ґрунтовому розрізу. Локалізації аномалій двох досліджених горизонтів просторово співпадають. Значення Cr, що дорівнюють або менші за фонові характерні для південної частини міста (рис. 51, див. вклейку).

Результати еколого-геохімічних досліджень компонетів навколишнього середовища м. Маріуполь

Манган (Mn) другий за важливістю метал чорної металургії. Цей токсичний ВМ геохімічно тісно асоційований із Fe. Мінералогія Mn вельми різноманітна. Виявлено 301 його мінеральний вид майже всіх класів і типів: 110 силікатів, 47 фосфатів, 32 оксидів, 27 гідроксидів, 29 арсенатів і т. д. Особливо широко розповсюджені і представляють найбільшу промислову цінність оксиди і гідроксиди Mn (Іванов, 1994—1997).

У ґрунтах Mn широко розповсюджений і відіграє велику роль у формуванні їх хімічного складу. Середній вміст його у ґрунтах оцінюється у 850 мг/кг (Іванов, 1994—1997).

Регіональне фонове значення Mn у ґрунтах м. Маріуполь — 500 мг/кг. Середній валовий вміст Mn у ґрунтах і відкладах (горизонт 0—5 см) м. Маріуполь становить 1772 мг/кг, що перевищує фонове значення у 4 рази. Максимальне значення Mn в цьому горизонті ґрунтів становить 10000 мг/кг, що перевищує фонове значення у 20 разів і ГДК у 7 разів. Дана аномалія локалізується у СЗЗ «ММК ім. Ілліча» (точка відбору 27). Аномалія з вмістом Mn 4500 мг/кг розташована у західній частині міста (точка відбору 72), що перевищує фонове значення у 9 разів і ГДК у 3 рази. У східній частині міста виділено три геохімічні аномалії (точки відбору 38, 57, 68) з вмістом Mn 4000 мг/кг, що перевищує фонове значення у 8 разів і ГДК 3 рази. Найменше значення валового вмісту Mn (400 мг/кг, що менше фонового значення) характерне для південно-східної частини міста (район коси Ляпіна), де розташовані оздоровчі санаторії: «Азовсталец», «Орленок» та ін. (рис. 52, див. вклейку).

Середній валовий вміст Mn у горизонті 5—10 см ґрунтів і відкладів становить 1705 мг/кг, що перевищує фонове значення у 3 рази. Геохімічні аномалії Mn у даному горизонті ґрунтів розташовані майже по всій території міста, крім території поблизу населеного пункту «Старий Крим» та деяких інших окраїн міста. Максимальна концентрація Mn досягає 5000 мг/кг, що перевищує фонове значення у 10 разів і ГДК у 3,5 рази. Дана аномалія локалізується у північній частині «МК Азовсталь» (точка відбору 54). Також виділено ряд аномалій зі значенням Mn 4000—4500 мг/кг, що перевищує фонове значення у 9—10 разів і ГДК у 3 рази (точки відбору 34, 38, 69, 71, 72, 77). Найменше значення валового вмісту Mn — 400 мг/кг для даного горизонту ґрунтів

і відкладів співпадає з горизонтом 0—5 см і характерне для південно-східної частини міста (район коси Ляпіна) (рис. 53, див. вклейку).

Олово (Sn) розповсюджений хімічний елемент у породах земної кори. Його концентрації підвищені у глинистих відкладах (6—10 мг/кг) і понижені в ультраосновних і вапняних породах (0,35—0,50 мг/кг). Олово утворює лише декілька самостійних мінералів, із яких найбільш важливий рудний мінерал — каситерит (SnO_2), дуже стійкий при вивітрюванні. Про присутність Sn у ґрунтах мало даних, хоча олово потрапляє у ґрунти головним чином із материнських порід. Поверхневі горизонти всіх ґрунтів містять майже однакові кількості Sn, в середньому 1,1 мг/кг. Презант (E.W. Presant) приводить інтервал вмістів Sn у ґрунтах 1,1—4,6 мг/кг, а Кік (H. Kick) та ін. 1—4 мг/кг (Kabata-Pendias, Pendias, 2001).

Органометалічні форми Sn та їх здатність до біоаккумуляції привертають в наш час велику увагу через їх зростаюче розповсюдження у навколишньому середовищі і небезпечність для здоров'я людини (Kabata-Pendias, Pendias, 2001).

Регіональне фонове значення Sn для ґрунтів м. Маріуполь становить 2 мг/кг. Середній валовий вміст Sn у ґрунтах і відкладах м. Маріуполь (горизонти 0—5 і 5—10 см) — 6 мг/кг, що вище фонового значення у 3 рази. За допомогою еколого-геохімічного картування виділено 4 аномалії вмісту Sn у ґрунтах і відкладах (горизонт 0—5 см), що локалізовані у центральній та південній частині міста (точки відбору 4, 74, 77, 82) з валовим вмістом олова 20 мг/кг, що перевищує фонове значення у 10 разів. Значень Sn, що відповідають фоновому чи нижчі за нього на території міста не відмічено (рис. 54, див. вклейку).

Для ґрунтів і відкладів (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь виділено дві геохімічні аномалії з валовим вмістом Sn 20 мг/кг, що вище фонового значення у 3 рази. Перша аномалія знаходиться у центральній частині міста (точка відбору 35), друга — у південно-західній (точка відбору 82). Зустрічаються поодинокі ділянки зі значеннями валового вмісту Sn у цьому горизонті ґрунтів, що дорівнюють фоновому (рис. 55, див. вклейку).

Для ґрунтів і відкладів м. Маріуполь було також визначено сумарний показник забруднення (Z_c) за

Результати еколого-геохімічних досліджень компонетів навколишнього середовища м. Маріуполь

методикою Ю.Ю. Саста (1990). Сумарний показник забруднення (Z_c) — один із небагатьох показників, що затверджений санітарно-гігієнічними нормативами для ґрунтів, який враховує поліелементність техногенного забруднення.

У даній роботі Z_c визначено для таких хімічних елементів: Mn, Ni, Co, V, Cr, Mo, Cu, Pb, Zn, Sn.

В результаті виконаних еколого-геохімічних досліджень встановлено, що для ґрунтів і відкладів м. Маріуполь (горизонт 0—5 см) Z_c становить 3—581 при середньому значенні 38. Виділено дві геохімічні аномалії, що відносяться до дуже високого (надзвичайно небезпечного) рівня забруднення ($Z_c > 128$). Перша аномалія розташована у центральній густонаселеній частині міста (точки відбору 45, 54), друга — у північно-західній частині міста (точка відбору 11). Майже половина ґрунтів міста характеризується високим (небезпечним) рівнем забруднення ($Z_c > 32$). Ареоли розсіювання полютантів знаходяться не лише в ССЗ підприємств чорної металургії, але і в селітебно-транспортній, і житловій зонах. За сумарним показником забруднення найбільш чистою є південно-східна частина міста, що відповідає кліматичній розі вітрів (рис. 56, див. вклейку).

Сумарний показник забруднення ґрунтів і відкладів (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь становить 3—591 при середньому значенні 43. За сумарним показником забруднення горизонт 5—10 см ґрунтів і відкладів є більш забрудненим ВМ по відношенню до горизонту 0—5 см. Для горизонту 5—10 см ґрунтів і відкладів виділено чотири геохімічні аномалії,

що відносяться до дуже високого (надзвичайно небезпечного) рівня забруднення ($Z_c > 128$). Дві аномалії розташовані у центральній частині міста (північна частина комбінату «МК Азовсталь») (точки відбору 35, 45), інші дві у західній (точки відбору 32, 62). Приблизно дві треті частини міста характеризується високим (небезпечним) рівнем забруднення ($Z_c > 32$) (рис. 57, див. вклейку).

Також було проаналізовано результати дослідження *радіального* (профільного) *розподілу ВМ* у закладених шурфах (№ 1, 2, 4—12) і розчистці № 3.

Проаналізувавши розподіл таких ВМ як Mn, Cr, Cu, Pb, Zn, Sn у досліджених профілях ґрунтів (див. додаток 4, рис. 58—67) зроблено висновок, що ці хімічні елементи по різному закріплюються у профілі.

Міцно закріплюється у поверхневому горизонті чорноземів Pb. Мідь утворює міцні зв'язки з органічними комплексами і мігрує з ними вниз по профілю ґрунту. Положення Zn може змінюватися в залежності від типу міцності комплексів з органічною речовиною. Хром здатний мігрувати по ґрунтовому розрізу, так як сполуки Cr мають малі константи стійкості.

Велику роль при утворенні техногенних геохімічних аномалій у ґрунтах відіграють геохімічні бар'єри: перший — комплексний сорбційний бар'єр розміщений у верхньому горизонті 0—10 см на якому може акумулюватися до 50 іноді 90 % іонів ВМ; другий — карбонатний (рис. 68, 69).

**Результати еколого-геохімічних досліджень
компонетів навколишнього середовища м. Маріуполь**

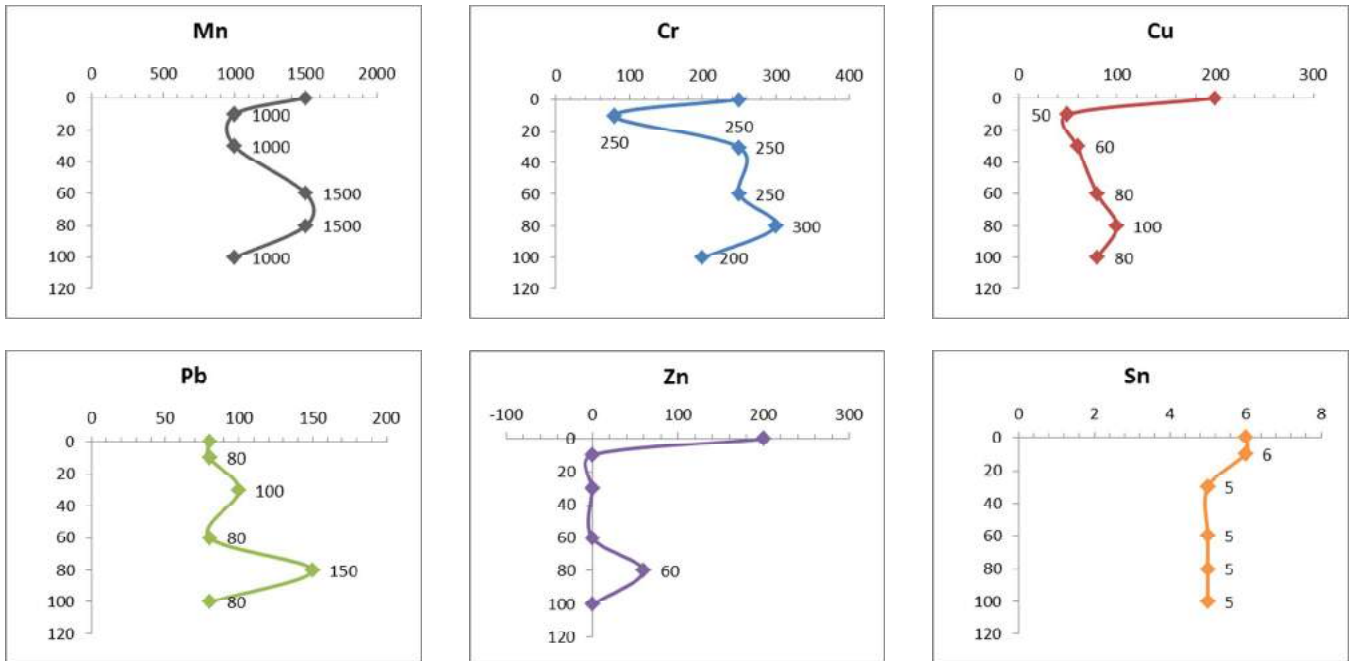


Рис. 68. Валовий вміст ВМ у сучасному дерновому ґрунті м. Маріуполь (розчистка № 3). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

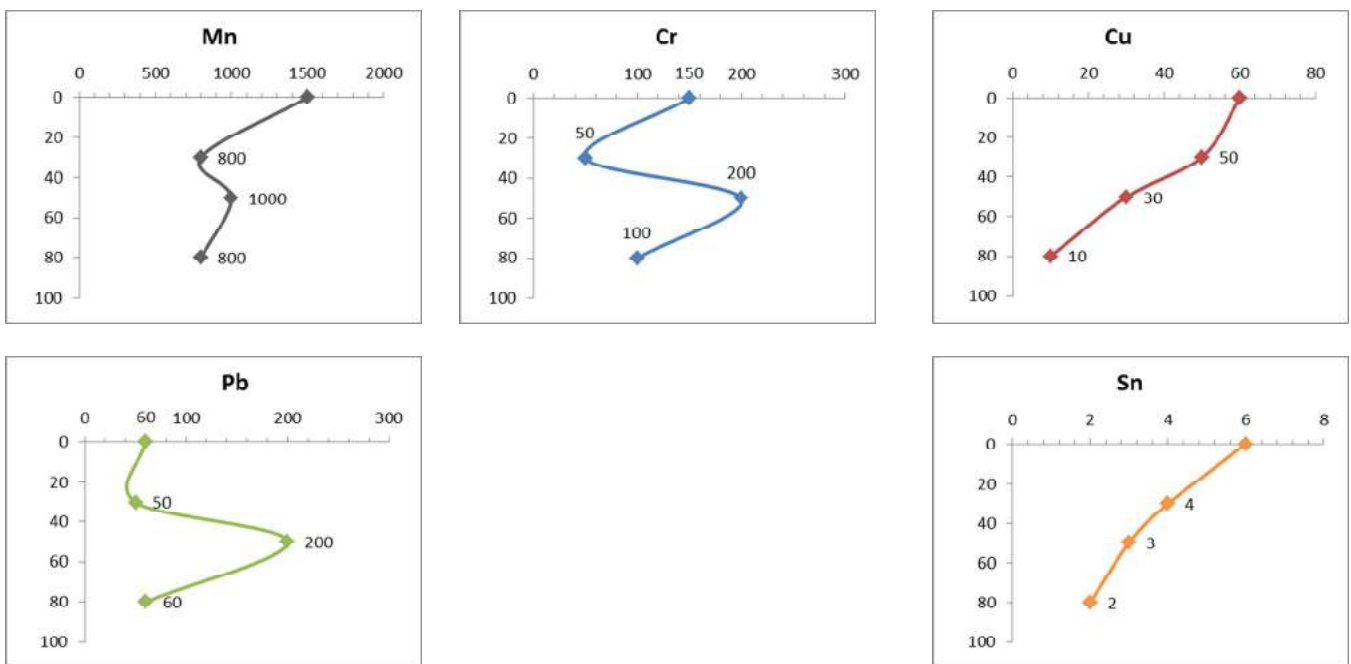


Рис. 69. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземі звичайному приазовському (перехідному до південних) м. Маріуполь (шурф № 4). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

3.2.3. Закономірності поглинання важких металів із сучасних ґрунтів рослинністю (біогеохімічні особливості)

Рослинність є одним з найважливіших компонентів довкілля. Техногенне надходження ВМ у навколишнє середовище негативно впливає не тільки на ґрунти, але і на рослинність. Тому дослідження процесів переходу ВМ із ґрунтів у рослини має важливе наукове та практичне значення. Актуальність даного питання полягає ще й у тому, що рослинність виступає проміжною ланкою міграції ВМ між ґрунтом і організмом людини.

Рослини по різному адаптуються до екстремальних еколого-геохімічних умов природного середовища і володіють різною граничною чутливістю до ВМ.

Основними факторами, що визначають вміст хімічних елементів у рослинах є: умови геохімічного середовища (вміст хімічних елементів у ґрунтах, відносна кількість їх форм знаходження, що засвоюються рослинами, еволюція і адаптація рослин до умов еколого-геохімічного середовища) і вид рослинності (фаза розвитку, особливості розподілу хімічних елементів по органам рослини).

В умовах хімічного забруднення всі перераховані фактори модифікуються під впливом забруднення, що призводить до зміни хімічного складу рослин (Загрязнение..., 1999).

Забрудненість ґрунтів, атмосферні викиди і зміна геологічного середовища міста призвели до погіршення стану рослинності, що підтверджується даними візуальних спостережень. На листі розвивається міжжилковий хлороз, плямистий некроз, випадки знебарвлення листової пластинки.

Проведено еколого-геохімічне дослідження трав'янистої рослинності, на прикладі пирію повзучого (*Elytrigia repens*), який є найбільш розповсюдженим представником міських біоценозів. Аналіз коефіцієнтів біологічного переходу дозволив виявити деякі закономірності у біологічному поглинанні ВМ пирієм повзучим із твердої фази ґрунту (табл. 60).

Найбільш інтенсивно пирій повзучий поглинає Мо і Cu (хімічні елементи сильного біологічного

накопичення), менш інтенсивно Ni, Co, найменше — Cr і V. Коефіцієнт біогеохімічної активності виду, що характеризує інтенсивність поглинання хімічних елементів рослинами становить 10,4. Зольність становить 13,5—14,5 %, що є підвищеним значенням у порівнянні із зольністю трав'янистої рослинності Українського Полісся (Важкі..., 2006).

Коефіцієнт біологічного поглинання Cu високий, так як цей метал має здатність утворювати міцні комплекси з органічною речовиною (коріння і детрит збагачені Cu). Про те, що пирій повзучий є концентратором Cu зазначено також у роботі А.І. Самчука із співавторами (Важкі..., 2006). Також високий коефіцієнт біологічного поглинання Мо, так як це хімічний елемент високої біофільності (Ковальський, Андрианова, 1970).

Слабко і дуже слабо більшість рослин захоплюють V і Cr, які малорухомі у ґрунтах (Авессаломова, 1987). Очевидно з цієї причини у процесі видоутворення в рослин не виробилась потреба у цих хімічних елементах.

Деревна рослинність найбільш активно з ґрунту поглинає Мо, Ni, Co (хімічні елементи сильного біологічного накопичення), менш інтенсивно Cu, Sn, найменш інтенсивно — V і Cr. Найбільший коефіцієнт біогеохімічної активності із досліджених видів дерев мають акація біла і каштан їстівний, найменший — ялина європейська (табл. 61).

Відомо, що в залежності від видової приналежності і місця перебування рослини у своїй наземній частині рослини накопичують Mn від одиниць до сотень мг/кг сухої маси. Для нормального функціонування організму тварин вміст Mn у рослинах повинен бути від 20 до 70 мг/кг (Мальгин, 1978). За даними А. Кабати–Пендіас (Kabata–Pendias, Pendias, 2001) кларковий вміст Mn у трав'янистій рослинності 112 мг/кг сухої маси. Токсична концентрація Mn — 400 мг/кг сухої маси (Іванов, 1995). Вміст Mn у золі досліджених трав'янистих рослин становить 714—1621 мг/кг, деревних — 450—600 мг/кг.

**Результати еколого-геохімічних досліджень
компонетів навколишнього середовища м. Маріуполь**

Таблиця 60

Валовий вміст ВМ у золі листя трав'янистої рослини виду пирії повзучий (*Elytrigia repens*) СЗЗ підприємств чорної металургії м. Маріуполь, мг/кг

Хімічні елементи	«МК Азовсталь» (n=15)			«ММК ім. Ілліча» (n=24)		
	$\frac{Med}{Min - Max}$	σ	КБП	$\frac{Med}{Min - Max}$	σ	КБП
Mn	$\frac{1260}{600 - 2500}$	576	0,55	$\frac{1621}{500 - 3000}$	680	0,78
Ni	$\frac{24}{10 - 100}$	25	0,39	$\frac{50}{100 - 150}$	36	0,96
Co	$\frac{3}{1 - 6}$	1	0,50	$\frac{4}{2 - 8}$	1	0,80
V	$\frac{6}{5 - 10}$	1	0,06	$\frac{8}{4 - 20}$	4	0,07
Cr	$\frac{12}{5 - 30}$	7	0,14	$\frac{17}{5 - 80}$	21	0,05
Mo	$\frac{22}{6 - 40}$	11	3,14	$\frac{14}{4 - 40}$	10	3,50
Cu	$\frac{250}{200 - 350}$	56	2,63	$\frac{149}{50 - 300}$	83	1,99
Pb	$\frac{61}{10 - 300}$	81	0,43	$\frac{51}{3 - 300}$	70	0,31
Zn	$\frac{156}{60 - 450}$	114	0,28	$\frac{190}{60 - 450}$	104	0,29
Sn	$\frac{9}{3 - 20}$	4	0,90	$\frac{6}{3 - 20}$	4	1,00
	БХА		8,9	БХА		9,4
	Зольність, %		13,5	Зольність, %		14,0

Примітка: *Med* — середнє значення хімічного елемента, *Min* — мінімальне значення хімічного елемента, *Max* — максимальне, σ — стандартне відхилення, КБП — коефіцієнт біологічного поглинання, БХА — коефіцієнт біогеохімічної активності виду; n — кількість проб

Не дивлячись на те, що більшість ґрунтів під впливом підприємств чорної металургії містять значну кількість Cr, його доступність для рослин досить обмежена. Так, у золі деревної рослинності валовий вміст Cr — 6–10 мг/кг, у золі трав'яної рослинності — 12–21 мг/кг. За А. Кабатою-Пендіас (2001) вміст Cr у рослинному матеріалі зазвичай складає 0,02–0,20 мг/кг сухої маси. Збільшення вмісту Cr у рослинах пов'язано з антропогенними джерелами. Так, за даними К. Грязновської, середні концентрації Cr у траві поблизу міських вулиць досягали 17 мг/кг сухої маси (Kabata-Pendias, Pendias, 2001).

За даними А. Кабати-Пендіас (2001) природній рівень вмісту Cu у травах суходолу 1–20 мг/кг. За даними В.В. Іванова (1995) вміст Cu у рослинах на

не забруднених територіях коливається від 1 до $n \times 10$ мг/кг сухої маси, а в золі — від 5 до 1500 мг/кг (Kabata-Pendias, Pendias, 2001).

Концентрація Cu у досліджених зразках змінюється у широких межах. Так, середній вміст Cu у золі трав'янистої рослинності СЗЗ підприємств чорної металургії 56–250 мг/кг, деревної рослинності — 8–80 мг/кг.

За даними В.В. Іванова (1995) у рослинах Pb присутній постійно, але вміст його зазвичай незначний. Коефіцієнт біогенності Pb доволі низький. Нормальною вважається концентрація 5–10 мг/кг (суха маса), надлишковою — токсичною 30–300 мг/кг. За даними А. Кабати-Пендіас (2001) природній рівень вмісту Pb у травах суходолу 0,1–10 мг/кг. З авторських даних слідує, що середній

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

валовий вміст Pb у золі трав'янистої рослинності СЗЗ підприємств чорної металургії 27–61 мг/кг,

максимальне значення — 300 мг/кг. У золі деревної рослинності значення Pb становлять 10–40 мг/кг.

Таблиця 61

Середній вміст ВМ у золі деревних рослин відібраних поблизу комбінатів чорної металургії «ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь» м. Маріуполь та коефіцієнти біологічного поглинання

Листя та хвоя	Показники	Хімічні елементи										БХА
		Mn	Ni	Co	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn	
Акація біла (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), n = 9	Вал., мг/кг	600	80	8	20	8	20	40	10	100	4	11,6
	КБП	0,3	2,2	2	0,2	0,1	5	0,6	0,1	0,3	0,8	
Клен гостролистий (<i>Acer platanoides</i> L.), n = 8	Вал., мг/кг	800	40	4	20	8	3	40	20	80	4	5,5
	КБП	0,4	1,1	1	0,2	0,1	0,8	0,7	0,2	0,2	0,8	
Ялина європейська (<i>Picea abies</i>), n = 9	Вал., мг/кг	450	10	3	10	6	10	8	30	100	3	5,3
	КБП	0,2	0,3	0,8	0,1	0,1	2,5	0,1	0,3	0,3	0,6	
Каштан їстівний (<i>Castanea sativa</i> Mill.), n = 10	Вал., мг/кг	600	200	8	10	6	4	50	20	80	3	10,9
	КБП	0,3	5,6	2	0,1	0,1	1	0,8	0,2	0,2	0,6	
Береза бородавчаста (<i>Betula pendula</i> Roth.), n = 9	Вал., мг/кг	500	50	5	20	6	6	20	30	600	4	7,8
	КБП	0,3	1,4	1,3	0,2	0,1	1,5	0,3	0,3	1,6	0,8	
Липа європейська (<i>Tilia europaea</i>), n = 8	Вал., мг/кг	600	20	4	10	10	5	80	40	80	4	6
	КБП	0,3	0,6	1	0,1	0,1	1,3	1,3	0,3	0,2	0,8	

Примітка: КБП — коефіцієнт біологічного поглинання, БХА — коефіцієнт біогеохімічної активності виду, Вал. — валовий вміст хімічного елементу у золі рослини, n — кількість проб

Вміст Zn в рослинах при фоновому його вмісті у ґрунтах доволі непостійний — від 1,2 мг/кг (суха маса) до 73 мг/кг (Kabata–Pendias, Pendias, 2001). За даними А. Кабати–Пендіас (2001) природний рівень вмісту Zn у травах суходолу 12–47 мг/кг. За авторськими даними середні значення вмісту Zn у золі трав'янистої рослинності СЗЗ підприємств чорної металургії 156–190 мг/кг, максимальне значення — 450 мг/кг. У золі деревної рослинності вміст Zn становить — 80–600 мг/кг.

За даними Гофа (L.P. Goff) та ін. звичайний інтервал вмістів Sn у рослинах від 20 до 30 мг/кг золи. Коннор (J.J. Connor) і Шаклетт (H.T. Shaklett) встановили, що середній вміст Sn у золі рослин складає 15 мг/кг. У трав'янистій рослинності вміст Sn, відповідно до робіт Чепмана (H.D. Chapman),

коливається від 0,2 до 1,9 мг/кг сухої маси (Kabata–Pendias, Pendias, 2001). У золі деревної рослинності зон впливу підприємств чорної металургії середній вміст Sn становить 3–4 мг/кг, а у золі трав'янистої рослинності 4–9 мг/кг з максимальним значенням 20 мг/кг.

Аналіз рослинного матеріалу дає менш чітку картину просторового розподілу забруднення в силу здатності біологічних систем до вибіркості і перерозподілу ВМ.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що коефіцієнт біологічного поглинання — відносно постійна величина, хоча на техногенно-забруднених ділянках вміст ВМ у золі рослин у 2–3 рази вищий у порівнянні з фоновими значеннями.

3.2.4. Мікробіологічні особливості сучасних ґрунтів

При техногенному надходженні ВМ відбувається різкий вплив на природні біологічні комплекси, що призводить до зміни рівноважного стану у спільнотах живих організмів, включаючи мікроскопічні гриби. Внаслідок цього відбувається збіднення первинних спільнот мікроскопічних грибів. Порушення стабільності видового складу мікроскопічних грибів у свою чергу призводить до порушення

замкненості кругообігу і змін у хімічному складі ґрунтів. Як показує досвід біогеохімічних досліджень ґрунтів (Аристовская, 1980; Беус і др., 1976; Самохвалова, Фатеев, 2006), при високому техногенному тиску на біоту зростає значення мікроскопічних грибів меланінвмісних видів, як більш стійких до забруднення. Таким чином, з однієї сторони, біогеохімічне дослідження ґрунтів дозволяє встано-

Результати еколого-геохімічних досліджень компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь

вити ступінь деградації, а з іншої — виявити стани при яких можливі незворотні природні процеси.

Під час дослідження ґрунтів поблизу підприємств чорної металургії м. Маріуполь було виділено та ідентифіковано 61 штам, 27 видів і 15 родів мікроскопічних грибів (табл. 62). Домінуючими видами для ґрунтів, відібраних біля комбінату «МК Азовсталь» були *Mucor plumbeus*, *Aspergillus fumigatus* і *Aspergillus flavus*. Останні два види грибів відносяться до III групи патогенності (Саттон и др. 2001), здатні продукувати мікотоксини і викликати різні захворювання людини і тварин. Так, *Aspergillus flavus* продукує афлатоксин, афлатрем,

стеригматоцистину, викликає легеневі інфекції, отомікози, мікотичні синусити, ендокардити. *Aspergillus fumigatus* здатний продукувати гліотоксин, верукулоген, вірідітоксин, фумігатин, фумігалін, гільвеловую кислоту, ерготоксин; є збудником бронхопневмонії, викликає аспергіломи, кератити, оніхомікози, різного роду алергії (Сергеев, Сергеев, 2004). Домінуючими видами для ґрунтів, відібраних біля «ММК ім. Ілліча» були *Rhizopus stolonifer* і *Aspergillus niger*. Важливим фактором є те, що *Aspergillus niger* є меланінвмісний гриб. Часто зустрічалися *Aspergillus flavus* і *Aspergillus fumigatus* (III група патогенності) (Саттон и др., 2001).

Таблиця 62

Частота виявлення мікроскопічних грибів у сучасних ґрунтах і відкладах біля комбінатів чорної металургії м. Маріуполь

№	Назва грибів	Частота виявлення, %	
		«МК Азовсталь»	«ММК ім. Ілліча»
Відділ Zygomycota			
1	<i>Absidia spinosa</i> Lendn.	20,0	—
2	<i>Mucor plumbeus</i> Bonord.	60,0	20
3	<i>Rhizopus oryzae</i> Went & Prins. Geerl.	40,0	—
4	<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.) Vuill.	40,0	60
Група Анаморфних грибів			
5	<i>Acremonium strictum</i> W. Gams	20,0	—
6	<i>Aspergillus alliaceus</i> Thom & Church	—	20,0
7	<i>Aspergillus candidus</i> Link	20,0	—
8	<i>Aspergillus flavus</i> Link	60,0	40,0
9	<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresen.	60,0	40,0
10	<i>Aspergillus niger</i> Tiegh.	20,0	60,0
11	<i>Aspergillus niveus</i> Blochwitz	—	20,0
12	<i>Aspergillus sclerotiorum</i> G.A. Huber	—	20,0
13	<i>Aspergillus ustus</i> (Bainier) Thom & Church	20,0	—
14	<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-Criv.) Vuill.	—	20,0
15	<i>Geotrichum candidum</i> Link	—	20,0
16	<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penz.	20,0	—
17	<i>Curvularia clavata</i> B.L. Jain	20,0	—
18	<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	20,0	—
19	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.	—	20,0
20	<i>Mycelia sterilia</i> (white)	40,0	20,0
21	<i>Mycelia sterilia</i> (dark)	—	20,0
22	<i>Paecilomyces lilacinus</i> (Thom) Samson	20,0	—
23	<i>Penicillium digitatum</i> (Pers.) Sacc.	20,0	20,0
24	<i>Penicillium griseolum</i> G. Sm.	20,0	—
25	<i>Penicillium restrictum</i> J.C. Gilman & E.V. Abbott	—	20,0
26	<i>Scopulariopsis chartarum</i> (G. Sm.) F.J. Morton & G. Sm.	—	20,0
27	<i>Trichoderma viride</i> Pers.	20,0	—

Примітка: «—» означає відсутність гриба у зразках ґрунтів

Ріст мікроскопічних грибів, виділених із зразків ґрунтів і відкладів, відібраних у СЗЗ «ММК ім. Ілліча» та «МК Азовсталь» на різних агаризованих поживних середовищах показано на рис. 70, 71, див. вклейку.

Таким чином, спори грибів, які знаходяться у ґрунтах і відкладах біля промислових підприємств,

потрапляючи разом з пилом в організм, можуть викликати різні захворювання людини і тварин з ослабленим імунітетом.

Проведені мікробіологічні дослідження показують, що в якості індикаторів забруднення сучасних ґрунтів ВМ слугують певні види мікроорганізмів у досліджених відкладах.

3.2.5. Закономірності розподілу важких металів у донних відкладах

Значна кількість ВМ депонуються донними відкладами, тому вони можуть розглядатися як індикатор забруднення навколишнього природного середовища, у тому числі і для оцінки якості води.

Глиниста фракція донних відкладів р. Кальміус представлена переважно гідрослюдою, монтморилонітом, хлоритом. У легкій фракції переважають кварц, польові шпати і слюди (мусковіт), наявно до 40 % рослинних решток, уламки шлаків. У складі важкої фракції найпоширенішими мінералами є гематит, магнетит, ільменіт, гранати, лейкоксен, рутил. Глиниста фракція донних відкладів прибережної частини Азовського моря представлена пе-

реважно гідрослюдою, монтморилонітом, каолінітом, кварцом; легка фракція — кварцом, польовими шпатами, кальцитом, трапляються уламки морської фауни та шлаків. У складі важкої фракції найбільш поширені амфіболи, циркон, гранат, рутил, ільменіт, лейкоксен.

Досліджено вміст ВМ у донних відкладах р. Кальміус і Азовського моря, що зазнають впливу підприємств чорної металургії («ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь»). Фоновими обрані донні відклади р. Каратиш і Азовського моря, зразки яких були відібрані у Першотравневому районі (табл. 63).

Таблиця 63

Середній валовий вміст ВМ у донних відкладах м. Маріуполь і фонових ділянок, мг/кг

Місце відбору проб	Хімічні елементи								
	Ni	Co	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn
Азовське море, східна частина «МК Азовсталь» (n = 9)	50	4	200	200	20	100	300	400	10
Азовське море, поблизу заплави р. Кальміус (n = 8)	70	30	70	700	3	70	300	500	10
Фонові значення для морських донних відкладів	20	2	20	200	1,5	15	15	50	2
Правий берег р. Кальміус, біля «ММК ім. Ілліча» (n = 8)	50	15	70	200	20	30	50	150	50
Лівий берег р. Кальміус, біля «МК Азовсталь» (n = 8)	200	5	250	1000	10	200	100	2000	40
Фонові значення для річкових донних відкладів	20	3	50	100	1	20	15	70	3

Примітка: n — кількість проб

Для низки хімічних елементів характерно перевищення їх вмісту у донних відкладах над фоновими значеннями, що зумовлено, найвірогідніше, їх техногенним походженням.

Згідно результатів спектрального аналізу вміст Pb перевищує фонові значення у 20 разів для морських донних відкладів і в 3—6 разів для річкових.

Валовий вміст Zn в морських донних відкладах більше фонового у 8—10 разів. У донних відкладах р. Кальміус, біля комбінату «МК Азовсталь», вміст Zn досягає 2000 мг/кг, що в 28 раз перевищує фонове його значення, це вказує на техногенний характер забруднення, пов'язаний з роботою комбінату.

Максимальні концентрації Ni, Cr, Mo, Cu відмічені у донних відкладах р. Кальміус, біля комбінату

«МК Азовсталь», які перевищують фонові значення у 5—10 разів. Морські донні відклади мають концентрації Co, Mo, V вищі за фонові значення в 15, 13 і 10 раз відповідно.

Для морських донних відкладів виділено асоціацію ВМ: Pb > Co > Mo > Zn ≥ V. Сумарний показник забруднення становить 79. Рівень забруднення морських донних відкладів оцінено як сильний.

Для річкових донних відкладів характерна така асоціація ВМ: Zn > Mo > Sn > Cu ≥ Cr. Сумарний показник забруднення становить 100. Річкові донні відклади відзначаються дуже сильним рівнем забруднення.

Таким чином, можна впевнено сказати, що донні відклади, як і ґрунти, є надійним індикатором тех-

ногенного забруднення. Контрастний характер зафіксованих аномалій свідчить про те, що основним джерелом надходження та накопичення ВМ у дон-

них відкладах є стічні води, пилові випадіння і площинний змив з прилеглих територій.

3.2.6. Форми знаходження важких металів у сучасних ґрунтах і донних відкладах

Для завдань сучасної екологічної геохімії ґрунтів вивчення лише валового вмісту ВМ є недостатнім. Подібні дослідження можуть відображати лише спрямованість процесів, наприклад, міграції (винесення чи накопичення речовини). Робити висновки про можливі механізми трансформації техногенних форм ВМ у ґрунтах і про їх подальшу долю в даному випадку складно. Наявність різних форм знаходження ВМ, які відрізняються як за рухомістю та біологічною доступністю, так і за механізмами їх закріплення у ґрунті, передбачає їх більш детальне дослідження.

Формою знаходження ВМ у ґрунті далі будемо називати сукупність атомів або іонів хімічних елементів, що переведені із твердої фази у розчин за допомогою певного екстрагента. Вони мають близьку ступінь рухомості у ґрунті, яка залежить від застосованого екстрагенту і/або сполучені в ґрунті з певним типом реакційних центрів (Ладонин, 2002).

У наш час дослідження форм знаходження ВМ заслуговує особливої уваги. Головним чином це стосується рухомих форм, так як їх дослідження дає можливість оцінити здатність різних хімічних елементів та їх сполук переходити із твердої фази ґрунту у ґрунтовий розчин, а після цього переміщуватись по профілю з ґрунтовим розчином і по трофічному ланцюгу переходити в організм людини.

Для проведення еколого-геохімічних досліджень виділено ВМ із ґрунтів за допомогою селективних і неселективних екстрагентів.

У зв'язку зі зростанням забруднення ґрунтів ВМ збільшується інтерес до тих компонентів ґрунтів, які міцно їх закріплюють, що перешкоджає потрап-лянню ВМ у ґрунтову воду і ускладнює надходження їх до рослин. Важливу роль у закріпленні ВМ відіграють гумус, сполуки заліза та мангану та глинисті мінерали.

Потрапляючи у ґрунти ВМ, перш за все їх мобільна форма, зазнають різних трансформацій. Один з основних процесів, що відбувається — закріплення

ВМ гумусовою речовиною. Закріплення відбувається за рахунок утворення ВМ солей з органічними кислотами, адсорбції іонів на поверхні органічних колоїдних систем чи утворення комплексів з гумусовими кислотами. Міграційні здатності ВМ при цьому знижуються. Саме цим в значній мірі пояснюється підвищений вміст ВМ у верхньому шарі ґрунтів з найбільшою кількістю гумусу. Деяка частина іонів ВМ адсорбується на поверхні мінеральних часток. Можливим є також їх проникнення у міжплощинний простір глинистих мінералів чи ізоморфне заміщення іонів інших хімічних елементів в кристалічній решітці (Алексеенко, 2003).

Встановлено, що при забрудненні ґрунтів ВМ змінюється не тільки валовий вміст, але і форми знаходження їх у ґрунтах (табл. 64).

Найменша кількість ВМ характерна для водорозчинної форми, яка містить 0,1—0,15 % від валової кількості хімічних елементів. Слід відмітити, що не дивлячись на дуже високі рівні забруднення ґрунтів, що значно перевищують фонові значення ВМ за валовим вмістом, їх вміст у водній витяжці залишається доволі низьким і перевищує ГДК лише у найбільш забруднених ґрунтах.

Для досліджених ґрунтів вміст ВМ у обмінній формі становить 8—11 %, для фонових — 1—2,3 %.

Наявність форм ВМ, сполучених з карбонатами, є відмінною рисою чорноземів звичайних у зв'язку зі специфічною міцелярною формою карбонатів. Кількість ВМ, сполучених з карбонатами у техногенно-забруднених ґрунтах складає 12—14 %.

Значна частина металів зв'язана з оксидами і гідроксидами заліза. Слід відмітити, що більша частина металів зв'язана з аморфними сполуками заліза. Частка сполук у цій формі складає 38—42 % від валового вмісту ВМ. Ймовірно, це пов'язано з розвитком відновлювальних процесів і оглеснення в перезволожених ґрунтах, які призводять до збільшення частки аморфних сполук і відновленню Fe^{3+} до Fe^{2+} .

**Результати еколого-геохімічних досліджень
компонентів навколишнього середовища м. Маріуполь**

Таблиця 64

Форми знаходження ВМ у сучасних ґрунтах

Хімічні елементи	Форми знаходження (середнє значення)						Валовий вміст, мг/кг	Фон, мг/кг
	1	2	3	4	5	6		
м. Маріуполь (n = 15)								
Zn	$\frac{0,9}{0,15}$	$\frac{60}{10}$	$\frac{84}{14}$	$\frac{240}{40}$	$\frac{84}{14}$	$\frac{132}{22}$	600	78
Pb	$\frac{0,4}{0,1}$	$\frac{44}{11}$	$\frac{48}{12}$	$\frac{168}{42}$	$\frac{52}{13}$	$\frac{88}{22}$	400	18
Cu	$\frac{0,08}{0,1}$	$\frac{6,4}{8}$	$\frac{9,6}{12}$	$\frac{30,4}{38}$	$\frac{12,8}{16}$	$\frac{20,8}{26}$	80	20
с. Мелекіне — фонова ділянка (n = 10)								
Zn	—	$\frac{1,8}{2,3}$	$\frac{4,2}{5,3}$	$\frac{1,8}{2,3}$	$\frac{1,8}{2,3}$	$\frac{70,3}{87,9}$	80	—
Pb	—	$\frac{0,2}{1}$	$\frac{0,4}{2}$	$\frac{0,1}{0,5}$	$\frac{0,5}{2,5}$	$\frac{18,9}{94,5}$	20	—
Cu	—	$\frac{0,2}{1}$	$\frac{0,6}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{0,6}{3}$	$\frac{17,4}{87}$	20	—

Примітка: форми знаходження: 1 — водорозчинна, 2 — легкообмінних іонів, 3 — карбонатів, 4 — аморфних гідроксидів Fe, Mn, Al, 5 — органічної речовини, 6 — важкорозчинна; у чисельнику — мг/кг, у знаменнику — %; n — кількість проб

Сполуки двовалентного Fe²⁺ більш рухливі, вони розчиняються при більш високих значеннях рН, а разом з ними звільняються і сполуки інших ВМ, співосаджених з оксидами заліза. Ці фактори призводять до збільшення рухомості ВМ при надлишковій вологості ґрунтів.

У ґрунтах, що зазнають впливу підприємств чорної металургії збільшується вміст ВМ у формі сполук, зв'язаних з органічною речовиною, від 2,3—3 % до 13—16 %.

У ґрунтах фонових ділянок більша частина ВМ міцно утримується у важкорозчинній формі 87—94,5 % від валового вмісту, для забруднених ґрунтів ця величина в 3—4 рази менша.

Особливості групового складу сполук ВМ у забруднених ґрунтах і донних відкладах. Як показали проведені еколого-геохімічні дослідження, у реакцію з металами залучаються всі компоненти ґрунту, проте участь їх у закріпленні окремих елементів різна. Наприклад, переважний внесок у міцну фіксацію Cu в забруднених ґрунтах вносять сполуки заліза і мангану, в той час як у фонових ґрунтах участь їх у цьому процесі незначна. Що стосується Zn, відмічена низька активність органічних речовин в міцному утримуванні цього елемента, як у фонових, так і у забруднених ґрунтах. Для Pb, на відміну

від інших досліджених металів, характерне зменшення участі сполук заліза і мангану у збільшенні рухомості елемента в умовах забруднення.

Численні дані свідчать про те, що Cu і Zn, що входили первісно до складу достатньо стійких у хімічному відношенні речовин (наприклад, оксидів) і потім потрапили у ґрунти в процесі забруднення, згодом виявляються як у складі ґрунтового розчину, так і в складі форм ВМ, сполучених з різними компонентами ґрунтів (Ладонин, 1995).

Для оцінки ступеню рухомості і біологічної доступності ВМ, в тому числі при техногенному забрудненні, не завжди є необхідність знати, який саме компонент ґрунту утримує ту чи іншу кількість іонів ВМ. У даному випадку можна користуватися методиками, спрямованими на вилучення із ґрунту форм ВМ, що мають певну ступінь рухомості, незалежно від того, з якими компонентами вони були зв'язані.

Найбільше розповсюдження отримали екстрагенти, що дозволяють виділяти із ґрунтів форми ВМ, які можуть бути поглинуті рослинами. Вибір екстрагенту ґрунтується на кореляційних зв'язках між вмістом ВМ у витяжці із ґрунту і в рослинах, що ростуть на цьому ґрунті (Ладонин, 1995).

За допомогою неселективних екстрагентів визначено іонообмінну (ацетатно-амонійний буфер

Результати еколого-геохімічних досліджень компонетів навколишнього середовища м. Маріуполь

(рН 4,8)), резервну (1 н HCl) та фіксовану форми знаходження ВМ (визначалася з розрахунку, залишок після всіх екстракцій). Обґрунтування вибору екстрагентів приведено у розділі 2.5.

Розподіл ВМ по формах знаходження у ґрунтах представлено на рис. 72.

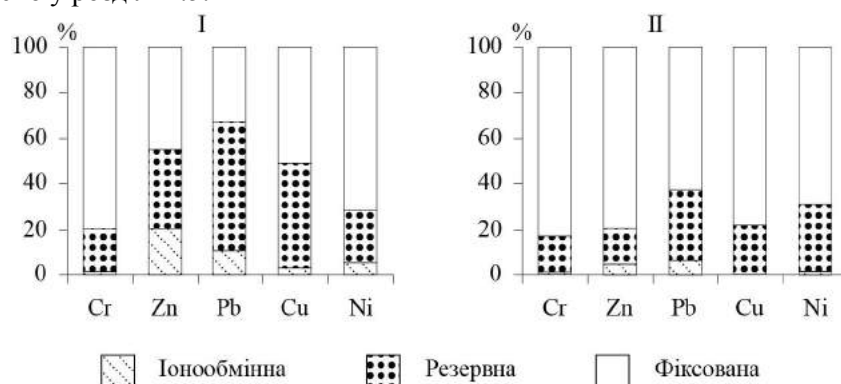


Рис. 72. Форми знаходження ВМ у ґрунтах (горизонт 0—5 см) СЗЗ підприємств чорної металургії «ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь». I — м. Маріуполь, II — с. Мелекіне

Частка іонообмінних форм ВМ у міських ґрунтах м. Маріуполь зменшується в ряду (%): Zn (18,5) > Pb (10,6) > Ni (5,2) > Cu (3,4) > Cr (1,4). Частка резервних форм ВМ у ґрунтах дослідженої ділянки зменшується в ряду (%): — Pb (57) > Cu (45,3) > Zn (31,6) > Ni (23,2) > Cr (19,1). За зменшенням частки фіксованих форм ВМ у ґрунтах (%) можна побудувати ряд: Cr (79,4) > Ni (71,6) > Cu (51,3) > Zn (40,7) > Pb (32,4).

На фонових ділянках ВМ розподіляються наступним чином: с. Мелекіне (%) у іонообмінній формі — Pb (6,3) > Zn (4) > Ni (1) > Cr (0,8) > Cu (0,7); у резервній формі — Pb (31,3) > Ni (30) > Cu

(21,5) > Cr (16,7) > Zn (16,4); у фіксованій формі — Cr (83,3) > Zn (79,6) > Cu (77,8) > Ni (69) > Pb (62,5).

При дослідженні форм знаходження було виявлено, що частка ВМ, які вилучалися з ґрунтів зон впливу підприємств чорної металургії ацетатно-амонійним буфером вища по відношенню до умовно чистих ґрунтів. Рухомість Zn зростає у 5—6 разів, Ni — 4—6, Cu — 3—5, Pb і Cr — 2.

Досліджено розподіл форм знаходження ВМ у річкових та морських донних відкладах зон впливу комбінатів чорної металургії (рис. 73).

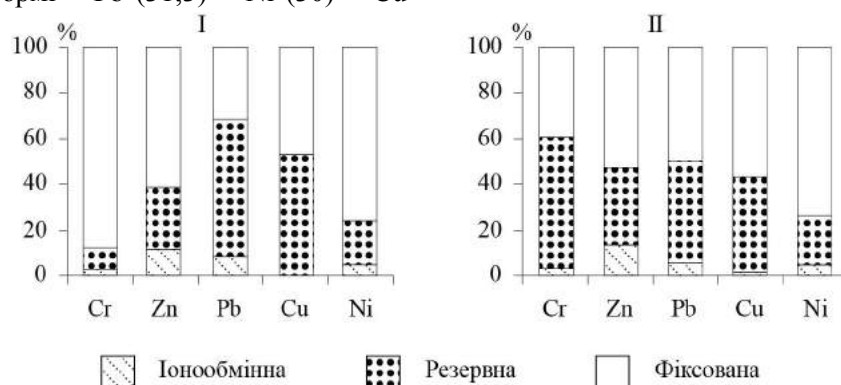


Рис. 73. Форми знаходження ВМ у річкових (I) та морських донних (II) відкладах на території СЗЗ підприємств чорної металургії «ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь» м. Маріуполь

Частка ВМ в іонообмінній формі у донних відкладах поблизу комбінатів чорної металургії зменшується в ряду (%): у річкових відкладах — Zn (11,4) > Pb (7) > Ni (4) > Cr (1,8) > Cu (0,9); у морських відкладах — Zn (13,7) > Pb (5,7) > Ni (4,4) > Cr (3) > Cu (1,2).

Частка ВМ у резервній формі у донних відкладах зменшується в ряду (%): у річкових відкладах — Pb (61) > Cu (53) > Zn (27,5) > Ni (20) > Cr (10,3); у морських відкладах — Cr (57,6) > Pb (44,3) > Cu (41,7) > Zn (33,3) > Ni (21,5).

Результати еколого-геохімічних досліджень компонетів навколишнього середовища м. Маріуполь

Частка ВМ у фіксованій формі у донних відкладах зменшується в ряду: річкові відклади — Cr (87,9) > Ni (76) > Zn (61) > Cu (47,7) > Pb (31,7); морські відклади — Ni (74) > Cu (57) > Zn (52,9) > Pb (50) > Cr (39,4).

Розподіл ВМ значною мірою залежить від хімічних властивостей елементів і форм їх знаходження, меншою — від середовища депонування. На підтвердження цього висновку свідчить співпадіння

рядів, побудованих для ґрунтів і донних відкладів. Незначні неспівпадіння спостерігаються для іонообмінних форм: інверсія крайніх членів ряду Cu і Zn.

Форми знаходження ВМ у пилових випадіннях визначають їх подальшу поведінку у депонуючих геохімічних середовищах. Розподіл форм знаходження ВМ у пилових випадіннях представлено на рис. 74.

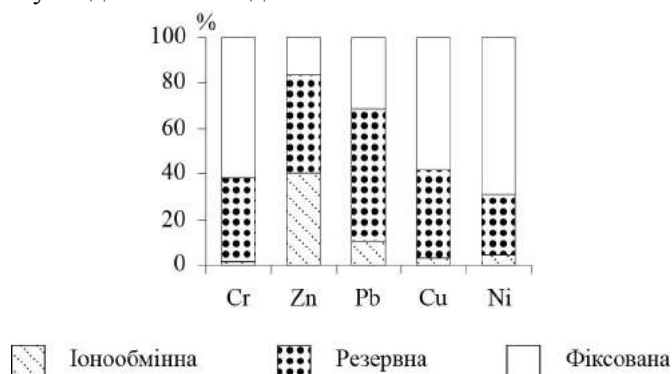


Рис. 74. Форми знаходження ВМ у пилових випадіннях на території СЗЗ підприємств чорної металургії «ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь» м. Маріуполь

рухомість ВМ у пилових випадіннях значно вища у порівнянні з ґрунтами та донними відкладами, що пояснюється відсутністю можливості утворювати стійкі комплекси.

Частка ВМ у іонообмінній формі у пилових випадіннях м. Маріуполь зменшується в ряду (%): Zn (40,6) > Pb (10,6) > Ni (4,3) > Cu (3,4) > Cr (1,6); у резервній формі: Pb (58,3) > Zn (43,2) > Cu (38,8) >

Cr (36,8) > Ni (26,7); у фіксованій формі: Ni (68,4) > Cr (61,6) > Cu (57,7) > Pb (31,2) > Zn (16,3).

Для зменшення ВМ й інших поллютантів у ґрунтах та інших компонентах довкілля м. Маріуполь потрібні в першу чергу: правильна екологічна політика; правильний вибір пріоритетів в області покращення навколишнього середовища; проведення моніторингу довкілля; вибір правильних напрямків боротьби із забрудненням.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СУЧАСНИХ ҐРУНТАХ ТА ІНШИХ КОМПОНЕНТАХ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА М. МАРІУПОЛЬ

З метою зменшення вмісту ВМ у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь і прилеглих територій необхідно в першу чергу проведення такої системи заходів і

видів діяльності як екологічна політика, моніторинг довкілля і правильний вибір напрямків боротьби із забрудненням.

4.1. Екологічна політика і пріоритети в області покращення навколишнього середовища

Екологічна політика визначається як організаційна і контролююча діяльність держави і суспільства, спрямована на охорону і оздоровлення навколишнього природного середовища, ефективне об'єднання функцій природокористування і охорони природи, забезпечення нормальної життєдіяльності і екологічної безпеки громадян (Земля..., 2010).

У рамках окремого регіону ефективна екологічна політика передбачає всебічне екологічне обґрунтування (аргументування) кожного господарського проекту, організацію постійного моніторингу стану навколишнього природного середовища, незалежну і компетентну екологічну експертну службу, охорону окремих об'єктів природи. Важливим є контроль за раціональним використанням природних ресурсів, проведення необхідних природоохоронних заходів, розвиток системи екологічної освіти і виховання (Земля..., 2010).

Екологічну політику в Донецькій області проводить Державне управління охорони навколишнього природного середовища (Держуправління). Основними цілями політики Донецької області у сфері екології і охорони навколишнього природного середовища є створення екологічно прийнятних умов життя для громадян, стимулювання економічного розвитку без нанесення збитків природі, збереження ландшафтного і біологічного різноманіття, досягнення повної відповідності світовим і, зокрема, європейським екологічним вимогам (Земля..., 2010).

Правильна екологічна політика включає такі заходи (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012):

1. удосконалення системи управління та нормативно-правового регулювання у сфері охорони довкілля та екологічної безпеки (нормативні акти, закони, проекти);

2. державний контроль за дотриманням вимог природоохоронного законодавства;

3. виконання державних цільових екологічних програм;

4. моніторинг навколишнього природного середовища;

5. державна екологічна експертиза;

6. економічні механізми природоохоронної діяльності;

7. стандартизація, метрологія у сфері охорони довкілля і природокористування (стандарт);

8. дозвільна діяльність у сфері природокористування;

9. екологічний аудит та екологічне страхування;

10. державна екологічна експертиза проектної документації;

11. наукові дослідження у галузі охорони довкілля;

12. екологічна освіта та інформування;

13. участь суспільства у процесі прийняття рішень з питань, що стосуються довкілля (діяльність громадських екологічних організацій та ін.) і міжнародне співробітництво.

Коротко зупинимось на аргументації проведення деяких заходів.

2. Здійснення *державного контролю за дотриманням вимог законодавства* щодо охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки є одним з основних завдань природоохоронних органів — Державних екологічних інспекцій: України, Донецької області, Азовського моря. Вони здійснюють контроль за охороною, використанням і відтворенням водних ресурсів; контроль за охороною атмосферного повітря; контроль за охороною і використанням земель; контроль за використанням та охороною надр; охороною рослинних ресурсів; охороною тваринного світу; охороною рибних ресурсів; охороною територій та об'єктів природно-заповідного фонду; контроль за поведінням з відходами (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

3. Державне управління охорони навколишнього природного середовища Донецької області на основі даних моніторингу щорічно розробляє і контролює хід виконання природоохоронних заходів розділу «Охорона навколишнього природного середовища» програми економічного і соціального розвитку цього регіону. Природоохоронна програма розробляється за ресурсно-територіальним принципом. При цьому основна увага приділяється найбільш значимим заходам, які мають суттєвий екологічний ефект. Кожен рік затверджується програма заходів, на які виділяються кошти. Наприклад, з 2010 р. Держуправління контролює хід виконання таких *екологічних програм* Донецької області (Земля..., 2010):

- загальнодержавна програма охорони і відновлення навколишнього середовища Азовського моря (ліквідація негативного впливу полігонів і звалищ твердих побутових відходів (наприклад, в Орджонікідзевському районі м. Маріуполь створений новий полігон твердих побутових відходів); заходи з укріплення берегів (наприклад, берегоукріплення проведене у Новоазовському районі — рис. 75, див. вклейку);

- загальнодержавна програма поводження з токсичними відходами;

- регіональний стратегічний план управління твердими побутовими відходами;

- комплекс додаткових заходів охорони довкілля і забезпечення екологічної безпеки.

5. *Державна екологічна експертиза* передбачає аналіз, оцінку і заключення стосовно проектно-документації, інноваційно-інвестиційних проектів, проектів законодавчих та урядових актів (Національна..., 2011).

6. *До економічних механізмів природоохоронної діяльності* у першу чергу відносять екологічний податок і бюджетні програми. Екологічний податок введений за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин і т. д., тому принцип «забруднювач платить», має бути всебічно запроваджений у практику. Ці заходи спрямовані на охорону атмосферного повітря; охорону і раціональне використання водних ресурсів; раціональне використання і зберігання відходів виробництва і побутових відходів; охорону і раціональне використання земель та мінеральних ресурсів; охорону і раціональне використання природних рослинних ресурсів, ресурсів тваринного світу та збереження природно-заповідного фонду. Проводяться ці заходи у рамках державних програм під які виділяються кошти, на-

приклад: підвищення якості атмосферного повітря; очистка стічних вод; моніторинг довкілля та забезпечення державного контролю за додержанням вимог природоохоронного законодавства; формування національної екологічної мережі (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

Наприклад, у 2011 р. на ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» було виконано природоохоронних заходів на суму 44,3 млн. грн., у тому числі капітальні ремонти пилогазоочисних установок: аглофабрики — 22,7 млн. грн.; доменного цеху — 5,3 млн. грн.; вапняно-випалювального цеху — 6,7 млн. грн.; киснево-конвертерного цеху — 342 тис. грн.; мартенівського цеху — 3,9 млн. грн.; капітальні й поточні ремонти природоохоронних споруджень інших цехів металургійного комбінату — 5,5 млн. грн. (Регіональна..., 2012).

8. *Дозвільна діяльність у сфері природокористування* передбачає перш за все введення лімітів на використання природних ресурсів та встановлення граничнодопустимих рівнів забруднення довкілля (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

9. Розвиток системи *екологічного аудиту* сприяє забезпеченню дотримання вимог природоохоронного законодавства в процесі господарської та іншої діяльності і регулюється Законом України «Про екологічний аудит» (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

10. *Державну екологічну експертизу проектно-документації* в Донецькій області проводить відділ державної екологічної експертизи еколого-експертного підрозділу Держуправління. Наприклад, у 2011 р. проводилась державна екологічна експертиза наступних матеріалів: оцінки впливу діючих об'єктів на навколишнє середовище, документації по ліквідації діючих підприємств та проектів генеральних планів. За 2011 р. спеціалістами відділу виконано 227 висновків державної екологічної експертизи (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

11. У Донецькій області кожен рік проводять *наукові дослідження* (6 інститутів Національної Академії Наук України, 17 вищих учбових закладів, більш 100 галузевих науково-дослідних, проектно-конструкторських та технологічних закладів), що дозволяють впроваджувати нові технології і системи з метою охорони навколишнього середовища. Наприклад, у 2010 р. проведено наукові досліджен-

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

ня щодо пілотного впровадження Стратегії національної екологічної політики на період до 2020 р. на прикладі Донецької області. Матеріали використано під час підготовки розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011—2015 рр.». В 2007 р. у м. Маріуполь проводилась розробка оцінки впливу на навколишнє середовище при різних технологічних процесах вантажопереробки (освоєно 48,2 тис. грн.) (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

12. Одна із основних стратегічних цілей національної екологічної політики спрямована на підвищення рівня суспільної екологічної свідомості, що включає в себе **екологічну освіту та інформування**. Основною метою екологічної освіти в державі є формування: екологічного світогляду особистості; екологічної культури окремих осіб та суспільства в цілому; звичок, фундаментальних екологічних знань, екологічного мислення та свідомості, що базуються на ставленні до природи як унікальної цінності. Екологічна освіта має бути самостійним елементом загальної системи освіти і виконувати інтегративну роль у всій її системі. Ця мета досягається поетапно шляхом вирішення освітніх і виховних завдань та вдосконалення практичної діяльності (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

Концепція екологічної освіти України є важливим регламентуючим документом, у якому визначено стратегію і тактичні завдання розвитку екологічної освіти всіх верств населення, які охоплюють всі вікові, соціальні та професійні групи населення з метою формування знань фундаментальних екологічних законів, екологічної свідомості, поведінки та культури громадян і суспільства в цілому. Екологічна освіта проводиться для дошкільників, школярів, студентів, державних службовців, керівників різних рівнів державних та приватних підприємств (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

Система екологічної освіти та виховання включає дві ланки (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012):

1) формальну: *дошкільна, шкільна* (предмет «Основи екології»); *позашкільна* (Український державний центр позашкільної освіти, Національний екологонатуралістичний центр учнівської молоді, Український державний центр туризму та краєзнавства учнівської молоді, Мала Академія наук учнівської молоді); *професійно-технічна* (предмети: «Біологія та основи екології»

(II атестаційний рівень) і «Основи екології» (III рівень)); *вища* (обов'язковий курс «Основи екології», а також «Прикладна екологія»; залежно від спеціальностей — «Агроекологія», «Економіка та природокористування», «Екологічна економіка», «Урбоекологія», «Екологічне право» та ін.); *післядипломна* (Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління при Міністерстві природи України здійснює перепідготовку за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища»);

2) неформальну: *освіта у діяльності громадських організацій* (Всесвітня екологічна ліга (ВЕЛ) — конференції, форуми («Довкілля для України»), періодичні видання: «Екологічний вісник», «Екологія», «Бібліотека ВЕЛ», «Охорона навколишнього природного середовища», «Екологічна освіта та виховання»; всеукраїнська дитяча спілка «Екологічна варта»); *вплив засобів масової інформації, діяльність релігійних громад*.

13. **Участь суспільства** насамперед передбачає участь громадян у процесі прийняття екологічно значущих рішень та діяльність екологічних організацій (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

Участь громадян у процесі прийняття екологічно значущих рішень. З часу ратифікації Україною Організації Конвенції, яка передбачає вільний доступ громадян до екологічної інформації та участі у прийнятті екологічно вагомих рішень з питань охорони довкілля, це стало обов'язковою складовою проведення державної екологічної політики в регіоні (Регіональна..., 2012).

Держуправління приділяє велику увагу питанням екологічного інформування населення, співробітництва з громадськістю і намагається сприяти активізації громадського екологічного руху, залучаючи найширші круги мешканців області до природоохоронної діяльності. Громадська рада, створена при Держуправлінні об'єднала найактивніші громадські екологічні організації регіону і приймає участь у розгляді важливих екологічних питань, практичних природоохоронних заходах та у формуванні екологічної свідомості мешканців Донецької області. Не одне засідання колегії Держуправління не проходить без участі громадян (Регіональна..., 2012).

З метою екологічного інформування населення Держуправління використовує газети (2 рази на місяць, виходить обласна масова екологічна газета «Наш край»), радіо, телебачення (ДТРК «27 канал» транслює телепередачу «Довкілля»; фільм «Приро-

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

дноє, историческое и культурное наследие Донбаса» три частини), Інтернет (сайт Держуправління), проводить конференції, форуми («Довкілля для України», як складової процесу «Довкілля для Європи»), випускає збірники (за матеріалами Доповідей про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області, Держуправління видає збірку «Земля тривоги нашей» і безкоштовно розпо-

всюджує її серед шкіл, вищих навчальних закладів та бібліотек області), атласи (Екологічний атлас Донецької області) та ін. (Земля..., 2010).

Вирішувати різноманітні екологічні проблеми в Донецькій області намагаються різноманітні громадські природозахисні організації (табл. 65).

Таблиця 65

Перелік основних громадських організацій, які входять до складу Громадської ради при Державному управлінні охорони навколишнього природного середовища (Екологічний..., 2012; Регіональна..., 2012)

Назва громадської організації	Напрямок діяльності	Місто
Донецька обласна організація «Всеукраїнська екологічна ліга»	Екологічна освіта	м. Донецьк
Донецька громадська організація «Студенти-спільники природи» при Донецькій ГАУ	Екологічна освіта, виховання і пропаганда	
Обласна громадська організація «Центр сталого розвитку «Роза вітрів»	Проведення природоохоронних акцій і кампаній, екологічне інформування	
Обласна молодіжна еколого-туристична організація «Донецьк»	Екологічна освіта, спортивно-екологічний туризм	
Донецький міський екологічний молодіжний центр «Екос»	Спортивно-екологічний туризм, проведення природоохоронних акцій і кампаній, екологічне виховання	
Обласна організація Донбаське регіональне відділення МАНЕБ	Екологічна освіта	
Обласна асоціація органічного землеробства й садівництва	Пропаганда раціонального використання земельних ресурсів	
Донецька міська дитяча громадська екологічна організація Всеукраїнської дитячої спілки «Екологічна варта»	Екологічне утворення, екологічне інформування, проведення акцій і кампаній	
Донецька обласна організація Всеукраїнського дитячого об'єднання «Екологічна варта»	Екологічна освіта	
Міський клуб любителів бігу «Стаєр»	Спортивно-екологічний туризм, пропаганда здорового способу життя, природоохоронні акції	
Громадське об'єднання «Донецький екологічний рух»	Екологічне інформування, формування суспільної інфраструктури	
Обласна громадська організація «Мобільна служба екологічної безпеки»	Вживання заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, участь у проведенні перевірок підприємствами природоохоронних заходів	
Донецька обласна громадська організація «Екологічний союз Донбасу»	Забезпечення екологічної безпеки	
Донецьке відділення Партії зелених України	Зменшення техногенного навантаження, поліпшення здоров'я громадян, участь у вирішенні екологічних проблем	
Всеукраїнське громадське об'єднання «Всеукраїнська служба порятунку»	Сприяння у створенні єдиної системи попередження виникнення надзвичайних ситуацій	
Донецька міська громадська організація «ЕкоДонбас»	Екологічна освіта, екологічне інформування	
Професійний союз екологів Донбасу	Сприяння в реалізації екологічних, трудових, соціально-економічних, професійних прав громадян у сфері навколишнього природного середовища	
Донецька обласна федерація спортивного туризму	Сприяння розвитку спортивного туризму, охорона навколишнього природного середовища	
Громадська організація «Громадський контроль»	Правове забезпечення, робота зі скарг громадян, захист інтересів громадян, участь у вирішенні екологічних прав громадськості	
Екологічна громадська організація «МАМА-86»	Екологічне виховання	
Міжобласна громадська організація «Азово-чорноморське козацьке військо»	Вживання заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, участь у проведенні спільних рейдів з питань охорони навколишнього середовища	
Донецька обласна громадська організація «Екологічне суспільство Донбасу»	Екологічне інформування, формування суспільної інфраструктури, збереження місць відпочинку	
Донецька міська громадська організація «Агенція розвитку місцевого самоврядування»	Проведення інформаційних кампаній з важливих питань життя територіальних громад	
Донецька обласна громадська організація «Асоціація захисту екологічних прав громадян»	Захист екологічних прав громадськості	

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

Донецька обласна громадська правозахисна організація «ЮРКОМ»	Надання консультацій щодо питань порушень природоохоронного законодавства	
Громадська організація «Громадська рада»	Розвиток громадської активності, впровадження механізмів участі громадян у вирішенні екологічних питань суспільства	
Донецька обласна (регіональна) організація громадської організації «Громадський рух України «За право громадян на екологічну безпеку»	Захист екологічних прав громадськості	
Регіональна природоохоронна правозахисна громадська організація «Екологічна безпека Приазов'я»	Поліпшення екологічної ситуації у Приазов'ї	м. Маріуполь
Громадська організація «Приазовська Академія ресурсного аналізу демократичних інновацій суспільства»		
Міська громадська екологічна організація «Асоціація порятунку Азовського моря»	Екологічне інформування, проведення акцій і кампаній на захист Азовського моря	

Також слід відзначити, що Громадська рада постійно проводить заходи з метою покращення стану довкілля. Так, наприклад, у 2011 р. у с. Мелекіно, Донецької області Громадською радою сумісно з Державним управлінням охорони навколишнього природного середовища було проведено семінар: «Антропогенне навантаження в прибережній зоні Азовського моря і міри по його нормалізації» за участю фахівців Держуправління, громадських організацій, промислових підприємств, науковців.

Загалом успішність розвитку суспільства значною мірою залежить від здатності широких мас громадськості впливати на прийняття рішень, що впливають на стан довкілля. Тому, Громадська рада при Держуправлінні в 2011 р. працювала у напрямі підвищення пріоритету екологічної освіти та інформування населення про наслідки негативного впливу забруднення довкілля на життя та здоров'я людини (Регіональна..., 2012).

Пріоритетами *міжнародного співробітництва у галузі охорони довкілля* є: поглиблення співробітництва з Європейським Союзом, зокрема, співпраця у рамках механізму бюджетної підтримки; посилення співпраці з міжнародними організаціями; поглиблення та координація діяльності в рамках програм і проектів зовнішньої допомоги; забезпечення організаційної діяльності у рамках двостороннього та багатостороннього співробітництва (Національна..., 2011; Регіональна..., 2012).

Одним із пріоритетних завдань органів державної влади є налагодження конструктивних стосунків із закордонними колегами, а також організаціями, діючими на міжнародному рівні. Саме тому, Держуправління приділяє значну увагу міжнародним відносинам в галузі охорони навколишнього природного середовища, адже відкрите інформування закордонного суспільства про екологічну ситуацію у Донбасі здатне зацікавити інвесторів і створити у

світі позитивний образ регіону. З метою формування позитивного іміджу на міжнародній арені у 2011 р. Держуправління взяло участь в проведенні та організації наступних заходів (Регіональна..., 2012):

- Міжнародному екологічному форумі «Довкілля 2011» та IV Міжнародній виставці «Довкілля 2011» (м. Київ); Держуправління прийняло участь у зазначених заходах та представило експозицію «Природно-заповідний фонд Донецької області»;

- екологічному форумі «Екологія промислового регіону» — II етапу Міжнародного Екологічного форуму «Довкілля для України» за організацією Держуправління (м. Донецьк); в роботі форуму прийняли участь більше 300 представників підприємств, державних, наукових та громадських організацій області, представники інших регіонів України та закордонних країн;

- освітній сесії українсько-французького проекту «Низько-вуглецеві можливості для індустріальних регіонів України (LCOIR—UA)» (м. Орлеан, Франція), що виконувався Донецьким національним університетом за участю Бюро геологічних і гірничорудних досліджень при підтримці Європейського Союзу, Донецької обласної державної адміністрації та Державного управління охорони навколишнього природного середовища у Донецькій області;

- Круглому столі «Енергоефективність. Альтернативна енергетика» в рамках IV Міжнародного Інвестиційного Саміту DID 2011: Міжрегіональна та транскордонна співпраця (ICBC);

- семінарі «Плати за екологічні послуги та можливості для їх застосування в басейнах річок Сіверського Дінця та Дунаю»; семінар проведено Всесвітнім фондом природи (WWF) спільно з Сіверсько-Донецьким басейновим управлінням водних ресурсів в рамках проекту WWF Дунай-Карпатської програми за фінансової підтримки Всесвітнього екологічного фонду (GEF) через Програму ООН з навколишнього середовища та Європейської комісії; співорганізаторами проекту виступили САБ Міллер та німецьке товариство міжнародного співробітництва; під час семінару учасники мали нагоду

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

ознайомитись з концепцією плати за екологічні послуги (ПЕУ) з наведенням прикладів схем ПЕУ у Болгарії та Румунії, а також обговорити можливості впровадження ПЕУ в Україні, зокрема на Донбасі;

- семінарах: «Ефективне використання енергії», «Розвиток промисловості, зокрема вугледобування та металургія», «Енергоефективність» (Дні Швеції у м. Донецьк);

- Круглому столі «Використання териконів», організованому Генеральним консульством Федеративної Республіки Німеччини у м. Донецьк спільно з Донбаською національною академією будівництва та архітектури;

- семінарі «Басейн ріки Кальміус: екологія, управління, участь громадськості»; семінар проводився Водним партнерством WWF—SABMiller—GIZ «Вода майбутнього» спільно з Сіверсько-Донецьким басейновим управлінням водних ресурсів;

- першому міжнародному конкурсі «GREEN AWARDS»; Держуправлінням були представлені 3 проекти: 2 в категорії «Найкращий «зелений» проект в системі освіти» — «Червона книга Донецької області: рослинний світ (рослини, що підлягають охороні в Донецькій області)», «Екологічний форум «Екологія промислового регіону — II етап Міжнародного екологічного форуму «Довкілля для України», в категорії «Найкраща «Зелена» технологія/інновація» — «Автоматизована система моніторингу навколишнього середовища Донецької області».

21 грудня 2010 р. Верховна рада України прийняла Закон України «Про основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 р.». Метою Стратегії є «стабілізація і поліпшення стану навколишнього природного середовища України шляхом інтеграції екологічної політики до соціально-екологічного розвитку України для гарантування екологічно безпечного природного середовища для життя і здоров'я населення, впровадження екологічно збалансованої системи природокористування та збереження природних екосистем». У документі також окреслено етапи впровадження, очікувані результати, індикатори результативності та ефективності Стратегії. Закон безумовно сприятиме проведенню реформ та поліпшенню ефективності державного управління у галузі охорони довкілля. Для розвитку регіону впроваджено Угоду щодо регіонального розвитку Донецької області між Кабінетом Міністрів України та Донецькою обласною радою. Угода включає заходи з охорони довкілля спрямовані на: формування екомережі та розвиток природно-заповідного фонду; охорону водних та земельних ресурсів; утилиза-

цію непридатних і заборонених до використання хімічних засобів захисту рослин (Національна..., 2011).

Пріоритетами природоохоронної діяльності визначено (Національна..., 2011):

- підвищення рівня суспільної екологічної свідомості,
- поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки,
- досягнення безпечного для здоров'я людини стану навколишнього природного середовища,
- інтеграція екологічної політики та вдосконалення системи інтегрованого екологічного управління,
- припинення втрат біологічного та ландшафтного різноманіття і формування екологічної мережі (Регіональна..., 2009),
- забезпечення екологічного збалансованого природокористування,
- удосконалення регіональної екологічної політики.

Також були визначені **пріоритети покращення навколишнього середовища Донецької області, зокрема** (Земля..., 2010):

— **атмосферного повітря:**

- зниження рівня забруднення атмосфери у містах області діоксидом азоту, пилом, аміаком, бенз(а)піреном і формальдегідом;
- організаційні і технологічні заходи із попередження збільшення викидів шкідливих речовин від стаціонарних джерел;
- регулювання викидів шкідливих речовин від рухомих джерел;
- орієнтація регіональної екологічної політики на забезпечення тенденції зниження викидів підприємств шляхом застосування законодавчих і економічних заходів;
- покращення якості і деталізації даних, зібраних при екологічному моніторингові атмосферного повітря;
- подальший розвиток автоматизованої системи моніторингу атмосферного повітря Донецької області;
- забезпечення контролю забруднення атмосферного повітря озonom, $PM_{2,5}$ і $PM_{5,0}$.

— **водних ресурсів:**

- зниження рівня забруднення поверхневих вод регіону сульфатами і біогенними речовинами;
- оздоровлення екологічного стану річок Сіверський Донець, Кальміус, Казенний Торець і Кальчик. Реалізація жорстоких заходів по регулюванню скидів стічних вод промисловими підприємствами у річкову сітку;
- регулювання скидів шахтних вод у річки Казенний Торець, Вовча і Кальміус;

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

➤ відновлення діяльності ліквідованих у 1995—2000 рр. і в 2009 р. постів гідрохімічних спостережень на річках регіону;

➤ реалізація організаційних заходів по скороченню скидів забруднених стічних вод промисловими підприємствами регіону;

➤ зменшення поверхневого стоку у водні об'єкти з територій міст і сільськогосподарських угідь;

➤ розвиток автоматизованої системи і сітки моніторингу поверхневих і підземних вод об'єктів області.

— земельних ресурсів і ґрунтів:

➤ збільшення площі рекультивованих земель і забезпечення з 2020 р. тенденції зниження кількості порушених земель;

➤ суттєве збільшення кількості агротехнічних заходів по захисту ґрунтів від ерозії і засухи, а також по підвищенню родючості земель;

➤ переведення із активної сівозміни 100 тис. га деградованої пашні під багаторічні трав'яні культури;

➤ переведення під лісові насадження деградованих сільськогосподарських земель області;

➤ забезпечення до 2025 р. 100 % рекультивації відпрацьованих підприємствами земель, у тому числі і земель, відпрацьованих до 1970 р.;

➤ створення системи управління якістю ґрунтів в регіоні.

— поводження з побутовими і промисловими відходами:

➤ забезпечення суб'єктами господарської діяльності зниження об'ємів утворення відходів з їх наступною утилізацією або знешкодженням;

➤ утилізація накопичених високотоксичних хімічних і коксохімічних відходів у мм Макіївка, Авдіївка, Маріуполь, Єнакієве, Горлівка;

➤ розробка і впровадження технологій утилізації гальванічних відходів у мм Донецьк, Харцизьк, Торез, Дружківка та ін.;

➤ забезпечення екологічно безпечного зберігання непридатних для використання пестицидів, накопичених в області, з наступним їх знешкодженням;

➤ створення потужностей по утилізації і знешкодженню небезпечних відходів, у тому числі з використанням діючих потужностей підприємств;

➤ модернізація існуючих і створення нових регіональних полігонів твердих побутових відходів, будівництво сміттєпереробних заводів, ліквідація стихійних і неорганізованих звалищ;

➤ впровадження процесів видобутку вугілля у шахтах без видачі породи на поверхню, профілактика самозапалення і тушіння породних відвалів і вуглезбагачувальних фабрик.

— збереження біорізноманіття:

➤ створення до 2025 р. регіональної екологічної сітки у відповідності до розробленої модельної схеми;

➤ збільшення до 2025 р. площі природозаповідних фондів області до 6 % території регіону;

➤ реалізація до 2025 р. основних заходів регіональної програми «Ліси Донеччини» і збільшення площі лісів до 2020 р. до 12 % площі регіону;

➤ створення в регіоні системи моніторингу біорізноманіття, вибір біоіндикаторів, визначення територій високого біорізноманіття, оцінка поширеності шкідливих домінуючих видів та ін.;

➤ розробка регіональної стратегії освіти населення і формування суспільної свідомості в області біорізноманіття.

— розвитку системи моніторингу:

➤ сприяння структурній перебудові відомчих мереж і служб спостережень суб'єктів обласного моніторингу;

➤ побудова незалежної від природокористувачів системи автоматизованого контролю основних джерел забруднення навколишнього середовища;

➤ створення автоматизованих систем спостережень за станом навколишнього середовища;

➤ удосконалення нормативно-правового, організаційно-методичного, технічного, інформаційного і програмного забезпечення системи моніторингу;

➤ попередження і прогнозування виникнення небезпечних ситуацій, виконання попереджувальних організаційно-технічних заходів на основі даних моніторингу;

➤ залучення суспільства до участі у розробці екологічних програм на основі даних моніторингу навколишнього середовища.

4.2. Моніторинг навколишнього природного середовища

Моніторинг навколишнього природного середовища у сучасному розумінні можна розглядати як аналітично-інформаційну систему, яка охоплює такі *основні напрями*:

- спостереження за станом довкілля і за факторами, які впливають на окремі його елементи;
- оцінювання та аналіз фактичного стану всіх складових довкілля;
- прогнозування стану довкілля і оцінювання цього стану;
- забезпечення науково-інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень.

4.2.1. Екологічний моніторинг навколишнього природного середовища Донецької області

Важливим напрямком діяльності Державного управління охорони навколишнього природного середовища Донецької області є отримання і представлення достовірної екологічної інформації про стан навколишнього середовища (Земля..., 2010).

У системі екологічного моніторингу Донецької області головними суб'єктами виступають (Регіональна..., 2008):

- організації, які здійснюють координацію та контроль: проведення природоохоронних заходів та природоохоронної діяльності в цілому на підвідомчій їм території; дотримання вимог природоохоронного законодавства і прийняття управлінських рішень (облдержадміністрація, райдержадміністрації, міськвиконкоми міст обласного значення, прокуратура Донецької області та ін.);
- організації, які здійснюють спостереження за станом навколишнього природного середовища та державний санітарний нагляд за об'єктами, які спричинюють антропогенний вплив на довкілля (Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області, Донецька обласна санітарно-епідеміологічна станція, Донецький обласний центр з гідрометеорології та ін.);
- природокористувачі, які впливають на стан довкілля викидами, скидами, відходами своєї виробничої діяльності.

З метою виявлення механізму управління станом навколишнього природного середовища та структури природоохоронної діяльності у Донецькій області відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 30.03.98 № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» були визначені **обласні установи та**

Система моніторингу довкілля — це система спостережень, збирання, обробки, передавання, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін і розробка науково обґрунтованих (аргументованих) рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки (Моніторинг..., 2006; Моніторинг..., 2010; Языкков, Шатилов, 2003).

організації, які здійснюють моніторинг довкілля (Земля..., 2010; Регіональна..., 2009):

- **моніторинг атмосферного повітря:** Донецький обласний центр з гідрометеорології, Донецька державна обласна санітарно-епідеміологічна станція, Державна екологічна інспекція у Донецькій області;
- **моніторинг водних ресурсів:** Державна екологічна інспекція у Донецькій області, Сіверо-Донецьке басейнове управління водних ресурсів, Державне обласне комунальне підприємство «Донецькоблводоканал», Донецька гідрогеолого-меліоративна експедиція, Донецький обласний центр з гідрометеорології, Донецька державна обласна санітарно-епідеміологічна станція, Донецьке державне регіональне підприємство «Донецькгеологія»;
- **моніторинг земельних ресурсів:** Державна екологічна інспекція у Донецькій області, Донецька державна обласна санітарно-епідеміологічна станція, Донецьке обласне управління земельних ресурсів, Донецький державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції, Донецька гідрогеолого-меліоративна експедиція, Донецьке обласне виробниче управління меліорації і водного господарства;
- **моніторинг поводження з відходами:** Державне управління охорони навколишнього природного середовища у Донецькій області, Державна екологічна інспекція у Донецькій області;
- **моніторинг небезпечних геологічних процесів:** Донецька гідрогеолого-меліоративна експедиція, Донецьке обласне виробниче управління меліорації і водного господарства;
- **моніторинг біологічних ресурсів:** Донецьке державне лісогосподарське об'єднання «Донецькліс», Донецька обласна станція захисту рослин, Донецький держа-

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

вний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції.

Суб'єкти системи, які ведуть спостереження за станом навколишнього природного середовища, подають в Держуправління інформацію про якісні і кількісні показники, перевищеннях граничнодопустимих санітарно-гігієнічних норм, небезпечних теригенних і природних явищах тощо. Основними суб'єктами моніторингу є пости. Так у *м. Маріуполь розміщені такі пости: контролю атмосферного повітря Донецького обласного центру з гідрометеорології (4); контролю поверхневих вод Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів (4) і Донецького обласного центру з гідрометеорології (4)*. На основі цієї інформації Державне управління охорони навколишнього природного середовища узгоджує проекти лімітів і дозволів на природокористування і розробляє пропозиції по формуванню природоохоронних програм (Земля..., 2010).

Регіональна система екологічного моніторингу дозволяє не тільки збирати, зберігати і представляти первинну інформацію про стан навколишнього природного середовища, але і визначати тенденції, здійснювати прогнози, рекомендувати управлінські рішення (Земля..., 2010).

На замовлення Державного управління охорони навколишнього природного середовища у 2007 р. була створена *Автоматизована система моніторингу довкілля Донецької області ОМОС. Автоматизована система моніторингу* — це інформаційна система спостережень і аналізу інформації про стан природного середовища для забезпечення органів місцевого самоврядування необхідною інформацією про екологічну ситуацію у регіоні. Система сприяє виявленню критичних факторів антропогенної дії, покращує оперативність і ефективність інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях, сприяє якіснішій аргументації розробки природоохоронних заходів (Екологічний..., 2011).

Система представляє собою апаратно-програмний комплекс, що дозволяє вирішувати завдання регіонального моніторингу. Концептуальна організаційна структура системи і основні інформаційні потоки показані на рис. 76. Як видно з рисунку, інформація від суб'єктів моніторингу і автоматизованих постів контролю передається на центральні сервери, розміщені в Держуправлінні. За допомо-

гою спеціалізованого програмного забезпечення (рис. 77) користувачі автоматизованої системи моніторингу отримують інформацію, яка їх цікавить безпосередньо через Інтернет (Земля..., 2010).

Автоматизована система дозволяє (Екологічний..., 2011):

- контролювати у автоматичному режимі показники забруднення атмосферного повітря: діоксиди сірки і азоту, оксид вуглецю, а також інші інгредієнти, для яких є газоаналізатори, що серійно випускаються;
- контролювати метеорологічні параметри: напрям і швидкість вітру, температуру, вологість і тиск атмосферного повітря, кількість опадів;
- вести бази даних показників забруднення атмосферного повітря і метеопараметрів на територіальному рівні;
- вести бази даних показників забруднення поверхневих вод на територіальному рівні;
- представляти інформацію в графічному, табличному та текстовому вигляді в загальнодоступних форма-тах.

За допомогою автоматизованої системи моніторингові спостереження проводять за наступними складовими докільля: повітряне середовище, водне середовище, тваринний і рослинний світ, ґрунти, клімат (Екологічний..., 2011).

Автоматизована система моніторингу (перший подібний продукт, що реалізується в Україні) в Донецькій області дозволяє оперувати даними про стан атмосферного повітря і поверхневих вод, вести дозвільний паперообіг Держуправління і реєстри викидів, перенесення забруднювачів. Така структура організації даних дозволяє прослідкувати логічні залежності реальних концентрацій забруднюючих речовин від об'ємів їх надходження у природні середовища, оцінювати значення лімітів на викиди, скиди і розміщення відходів, здійснювати часткову автоматизацію видачі дозвільної документації і прогноз змін різних показників. Використання такої системи полегшує доступ користувачів до інформації і дозволяє в майбутньому здійснювати просторові оцінки і прогнози. Також дані автоматизованої системи моніторингу Донецької області використовуються Держуправлінням при розробці природоохоронних заходів Програми соціально-економічного розвитку області, при формуванні поточної звітності для органів державної власності, місцевого самоврядування і суспільства, для здійснення прогнозів стану природних середовищ і проведення наукових досліджень (Земля..., 2010).

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

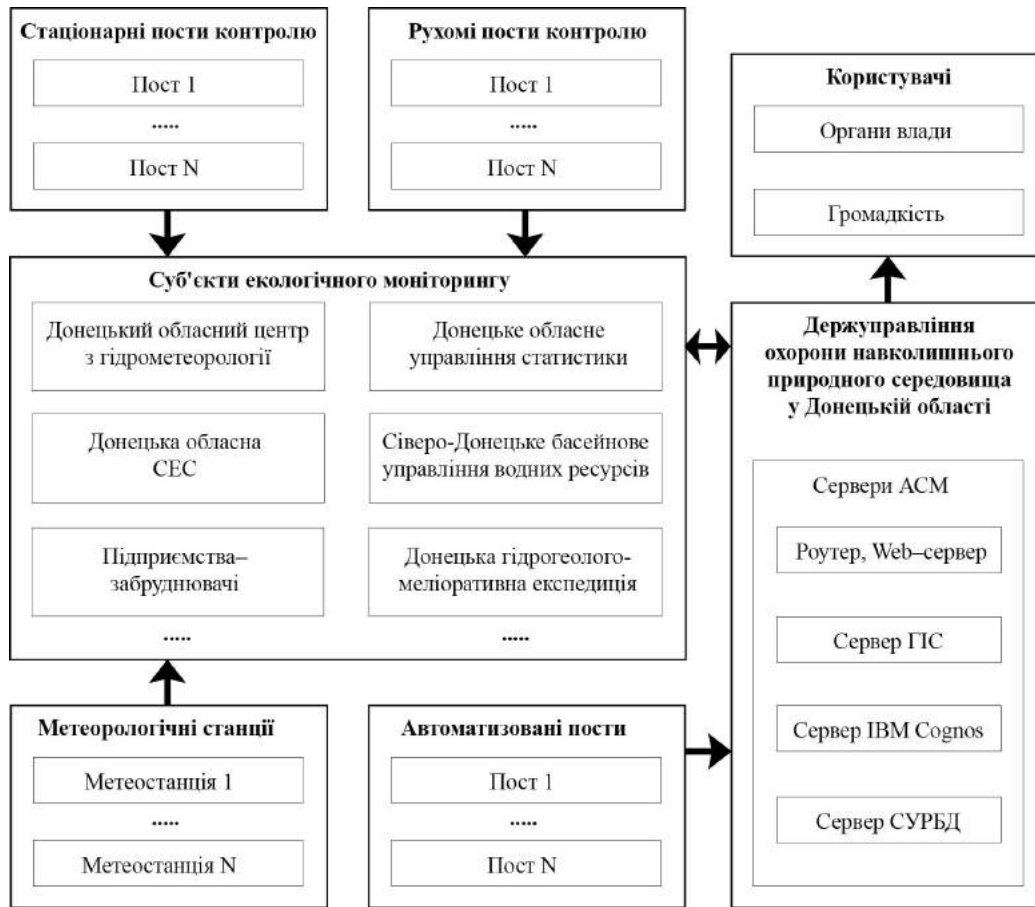


Рис. 76. Організаційна структура автоматизованої системи моніторингу навколишнього природного середовища Донецької області (Земля..., 2010; Регіональна..., 2012)

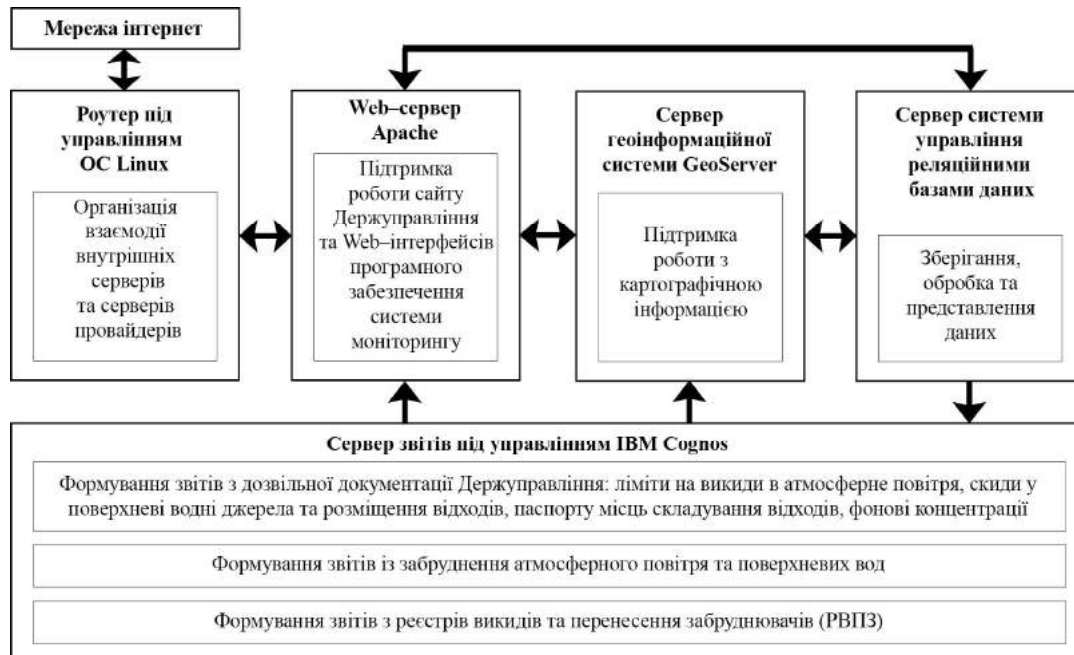


Рис. 77. Структура програмного та апаратного забезпечення автоматизованої системи моніторингу Донецької області (Земля..., 2010; Регіональна..., 2012)

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

4.2.2. Ґрунтово-геохімічний моніторинг

Ґрунтово-геохімічний моніторинг — це підсистема у комплексному моніторингу навколишнього середовища. Враховуючи еколого-геохімічний аспект дослідження ґрунтів, можна сформулювати *мету ґрунтово-геохімічного моніторингу* (Жовинський, Кураєва, 2002):

- контроль за вмістом у ґрунтах хімічних елементів і показниками їх еколого-геохімічного стану;
- встановлення залежності розподілу хімічних елементів у ґрунтах від ґрунтоутворюючих порід, фізико-хімічних особливостей ґрунтів, ландшафтно-кліматичних умов, техногенної дії.

Тобто під час *ґрунтово-геохімічного моніторингу ґрунтів* відбувається збір інформації щодо загальної їх якості для збереження і поліпшення їх екологічних функцій за максимального антропогенного навантаження (Бычинский, Вашукевич, 2008; Гришина и др., 1991; Драган, 2008; Мониторинг..., 2007; Могузова, Безуглова, 2007; Огурцов, Волошин, 2003; Почвенно-экологический..., 1994; Язиков, Шатилов, 2003).

Основними завданнями ґрунтово-геохімічного моніторингу є (Жовинський, Кураєва, 2002):

- встановлення природного, фонового, техногенного, аномального вмісту хімічних елементів у ґрунтах;
- виділення біогеохімічних провінцій за рівнем концентрації хімічних елементів та їх сполук у ґрунтах;
- виявлення шляхів міграції та областей акумуляції хімічних елементів у ґрунтах;
- визначення показників еколого-геохімічного стану ґрунтів;
- створення інформаційно-довідкової системи еколого-геохімічних даних;
- проведення комплексного еколого-геохімічного картування;
- оцінка і прогноз еколого-геохімічного стану ґрунтів;
- розробка заходів по інтоксикації земельних угідь.

Організація і створення ґрунтово-геохімічного моніторингу передбачає вибір показників, що відображають комплексну еколого-геохімічну характеристику ґрунтів. Система показників, крім загальноприйнятих характеристик ґрунтів, повинна включати в себе (Жовинський, Кураєва, 2002):

- *речовинні*: хімічний склад ґрунтів, гранулометричних фракцій, новоутворень; мінеральний склад гранулометричних фракцій; вміст гумусу, карбонатів, органічної складової (гуміну, гумінових і фульвокислот, во-

дорозчинних органічних речовин, хімічних елементів у складі гумусу);

- *фізико-хімічні*: кислотно-основні (реакції ґрунтового розчину, обмінна кислотність, обмінний гідроген, гідролітична кислотність, загальна лужність, кислотнолужна буферна здатність); окисно-відновні (Eh, потенційно буферна здатність, ємність), буферні властивості (ємність катіонного обміну, сума обмінних основ, склад і вміст обмінних основ, константа іонного обміну, ємність аніонного обміну);

- *еколого-геохімічні*: вміст рухомих форм хімічних елементів, зв'язаних з фракціями ґрунтів, елементів у ґрунтовому розчині або витяжці; коефіцієнти накопичення хімічних елементів у ґрунтах; термодинамічні і фізико-хімічні параметри ґрунтів і ґрунтових розчинів; форми міграції елементів у системі «ґрунт—розчин»; потенційно буферна здатність ґрунту до забруднення ВМ;

- *еколого-біологічні*: вміст токсичних хімічних елементів порівняно з ГДК у ґрунтах; сумарний показник забруднення ґрунтів; коефіцієнти біологічного накопичення хімічних елементів рослинністю та ін.

Після розробки приблизно в кінці 80 — початку 90-х рр. минулого століття концепції моніторингу ґрунтового покриву, в європейських країнах проведено декілька турів досліджень. При цьому роботи у різних країнах проводилися з використанням різних підходів і методів (Медведев, Лактионова, 2012).

Необхідно підкреслити, що концептуальні основи моніторингу ґрунтового покриву у колишньому Радянському Союзі були запропоновані давно, але широкого розвитку цей напрям не отримав. Більш того, не дивлячись на констатацію погіршення стану ґрунтового покриву, моніторинг так і не був налагоджений (Добровольський и др., 1983; Моніторинг..., 2006).

В Україні у даний час тільки розробляються методичні основи створення загальнодержавного моніторингу, що включає в себе спостереження за забрудненням атмосферного повітря, ґрунтів, природних вод. Рівень дослідження цих об'єктів різний. Якщо контроль за станом атмосферного повітря, підземних та поверхневих вод спирається на широку мережу пунктів спостережень та аналітичних лабораторій, то контроль за станом і забрудненням ґрунтів не організований і проводиться лише на окремих полігонах (Жовинський, Кураєва, 2002).

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

Моніторингові дослідження ґрунтів у європейських країнах проводять із врахуванням значної кількості показників і точок спостережень. Наприклад, у Баварії (Німеччина) обладнано 238 постійних ділянок спостережень (полігонів). В Австрії була запропонована модель для прогнозування рухомості металів і забруднення ґрунтових вод (Медведев, Лактионова, 2012).

Для прикладу можна охарактеризувати нову систему ґрунтового моніторингу в Угорщині, яка діє з 1992 р. як незалежна підсистема інтегрованої системи інформації про навколишнє середовище. Система включає 1200 репрезентативних постійних майданчиків, у тому числі 800 на сільськогосподарських землях, 200 — в лісах і 200 — так званих «hot spots» (що охоплюють 12 різних типів екологічної небезпеки чи особливо вразливі об'єкти: деградава-

ні ґрунти, меліоративні об'єкти, площадки, що приликають до джерел питної води, заповідні території, індустріальні, сільськогосподарські і міські забруднені об'єкти та ін.). Програма моніторингу в Угорщині включає визначення майже 100 показників стану ґрунтів, рослинності та вод, частина із яких вимірюються щорічно, частина раз у три місяці, частина один раз у шість років (Медведев, Лактионова, 2012).

Найбільш популярні показники (індикатори), які використовуються майже у всіх європейських країнах: загальний вуглець, мікроелементи, ВМ, нітрати, рН, гранулометричний склад, ємкість катіонного обміну та ін. Інформацію про програми спостережень в деяких країнах Європейського Союзу приведено у табл. 66.

Таблиця 66

Моніторинг ґрунтів у деяких країнах Європейського Союзу (Медведев, Лактионова, 2012)

Країна	Програма спостережень									
	Моніторинг ґрунтів як частина ICP-F і ICP-M мереж	Навність мереж моніторингу ґрунтів	Загальні властивості (С, рН та ін.)	Елементи живлення (Р, Мп, К, NO ₃ та ін.)	Хімічний склад ґрунтів і вод	Мікробіологічні властивості та ґрунтова фауна	Аероперенесення забруднення	Радіонукліди	ВМ, мікроелементи	Органічні хімікати і пестициди
Австрія	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Великобританія	+	+	+	+	—	—	—	—	+	—
Данія	+	+	+	+	—	—	+	—	+	—
Нідерланди	+	+	+	—	—	—	—	—	+	+
Німеччина	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Норвегія	+	+	+	+	—	—	—	—	+	+
Франція	+	+	+	+	—	+	—	+	—	—
Швейцарія	+	+	+	+	—	—	—	—	+	—
Швеція	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примітка: ICP-F — мережа оцінки і моніторингу аерального забруднення лісів; ICP-M — міжнародна програма комплексного моніторингу; «+» — спостереження здійснюються, «—» — спостереження не здійснюються

Щодо моніторингових досліджень ґрунтів, то у щорічниках Центральної геофізичної обсерваторії по м. Маріуполь приведено дані про вміст 6 хімічних елементів і значення рН по 20 точкам постійного спостереження. У табл. 67 наведено порівняння авторських даних за 2012 р. з результатами моніторингу ґрунтів м. Маріуполь за 1992—2010 р. Центральної геофізичної обсерваторії.

За результатами спостережень, що наведені в табл. 67 середній валовий вміст Cu у ґрунтах м. Маріуполь з 1992 р. по 2012 р. становить —

71 мг/кг (мінімальне значення 32 мг/кг спостерігалось у 1994 р., максимальне — 175 мг/кг у 2012 р.). Середній валовий вміст Ni становить 36 мг/кг (мінімальне — 20 мг/кг (1993 р.), максимальне — 89 мг/кг (2012 р.)). Середній валовий вміст Pb становить 95 мг/кг (мінімальне — 43 мг/кг (1999 р.), максимальне — 259 мг/кг (2012 р.)). Середній валовий вміст Zn у ґрунтах м. Маріуполь за двадцятилітній період спостережень становить — 274 мг/кг (мінімальне — 68 мг/кг (2000 р.), максимальне — 542 мг/кг (1994 р.)). Середній валовий вміст Mn у

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

ґрунтах міста за період спостережень становить 1874 мг/кг (мінімальне — 662 мг/кг (1994 р.), максимальне — 3306 мг/кг (2001 р). Щодо значень рН,

то середнє значення становить 7,4 (мінімальне — 6,6 (2010 р.), максимальне — 8,2 (2002 р.)).

Таблиця 67

Статистичні дані Центральної геофізичної обсерваторії, щодо вмісту ВМ і значень рН у сучасних ґрунтах м. Маріуполь

Роки	рН	Хімічні елементи / Вміст (мг/кг)				
		Mn	Cu	Ni	Pb	Zn
		Фон				
		500	20	32	18	78
1992	8,0	1920	54	24	59	174
1993	7,5	1694	56	20	—	174
1994	7,3	662	32	22	59	542
1995	7,3	1566	62	33	45	252
1996	7,6	1353	63	36	60	166
1998	7,8	2592	58	52	73	102
1999	7,1	2093	64	38	43	68
2000	7,0	1260	54	44	202	114
2001	7,6	3306	68	36	70	460
2002	8,2	2332	80	33	72	250
2003	7,3	1765	98	30	78	388
2004	7,4	2243	71	39	65	300
2005	8,1	1627	94	23	85	414
2006	7,6	2076	69	27	111	237
2007	7,5	1348	52	21	88	202
2008	7,3	1795	110	43	91	318
2009	6,9	1549	61	42	122	141
2010	6,6	2659	33	27	119	486
2012 ¹	7,5	2175	85	57	153	608

Примітка: ¹дані отримані авторами

Отримані дані дозволяють оцінити загальну екологічну ситуацію у м. Маріуполь. Найменші значення вмісту ВМ у ґрунтах міста відмічено у 1993, 1994, 1999 рр., найбільші у 2001 і 2012 рр. Підвищені значення за 2012 р. можна пояснити тим, що авторські дані розраховані по значній кількості точок спостережень, а саме — 87, на відміну від 20 точок відбору по яким приведені дані Центральної геофізичної обсерваторії.

Для більш об'єктивного дослідження необхідно створити пункти моніторингу ґрунтів з сучасним лабораторним обладнанням, розробити систему інформативних еколого-геохімічних показників і

створити інформаційну базу даних для розробки методів реабілітації забруднених ґрунтів.

Система моніторингу в Україні потребує удосконалення, особливо це стосується районів з підвищеним техногенним навантаженням. Для цього необхідно: переймати досвід Європейських країн; доповнювати системи еколого-геохімічних досліджень такими показниками як форми знаходження ВМ, мікробіологічні властивості, аероперенесення забруднення та ін.

4.3. Напрями боротьби із забрудненням важкими металами сучасних ґрунтів

Незбалансоване антропогенне навантаження на довкілля протягом багатьох десятиріч обумовило значну техногенну ураженість компонентів навколишнього середовища (ґрунти, рослинність, поверхневі і підземні води, атмосферне повітря тощо).

Надзвичайно активна виробнича та господарська діяльність людини спричинила значні зміни у довкіллі м. Маріуполь і прилеглих територій. Найбільшу небезпеку для навколишнього середовища досліджуваної території становить забруднення ґрунтів ВМ, що потрапляють переважно від викидів підприємств чорної металургії.

Забруднення ґрунтів м. Маріуполь і прилеглих територій різними поллютантами призводить до їх *деградації*, що діагностується перш за все спадом їх родючості. Деградація ґрунтів призводить до зниження рівня безпеки життєдіяльності людини, ґрунтово-екологічного дискомфорту, втрати придатності ґрунтів для екологічно орієнтованого сільськогосподарського виробництва.

Одним із важливих чинників, які викликають деградацію ґрунтів, є *техногенне забруднення*, під яким слід розуміти екзогенне привнесення у ґрунти полютантів, що обумовлюють негативні зміни фізичних, фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунтів, погіршення умов життєдіяльності ґрунтової біоти, флори і фауни, порушення нормального росту і розвитку культурних рослин аж до їх загибелі (Бреславець, Юрченко, 2009).

Основними ознаками деградації є такі (Бреславець, Юрченко, 2009):

- під дією кислих полютантів і внаслідок взаємодії катіонів ВМ з поглинальним комплексом ґрунтів спостерігається підкислення ґрунтового розчину у темно-сірих ґрунтах до рН 4,5; чорноземах опідзолених — до 4,6; чорноземах південних — до 5,3.
- забруднення ґрунтів ВМ значно посилює вилугування лужних і лужноземельних металів (Са, Mg, К та ін.) і гумусових речовин.
- внаслідок декальцинації верхніх шарів ґрунтів при забрудненні ВМ знижується агрегативна стійкість колоїдного комплексу, що за сприятливих умов зволоження призводить до втрати тонкодисперсного матеріалу.
- при техногенному забрудненні погіршується мікробіологічна і ферментативна активність ґрунтів.

В умовах збільшення антропогенного навантаження від забруднення довкілля ВМ досить актуальним є пошук шляхів їх *детоксикації* для відновлення екологічних функцій ґрунтів (Шматков, Яковичина, 2012). Оскільки, *здоров'я ґрунту* — це його здатність невизначено довго функціонувати в якості компоненту наземної екосистеми, забезпечуючи її біопродуктивність і підтримуючи якість води і повітря, а також здоров'я рослин, тварин і людини (Doran et al., 1996; Соколов, 2010).

Наукова проблема *детоксикації* (руйнування і знешкодження різних токсичних речовин хімічними, фізичними або біологічними методами) і *деконтамінації* (очищення поверхні від забруднювачів — контамінантів (як правило, мова йде про видалення хвороботворних мікроорганізмів)) токсичності ВМ залишається актуальною проблемою сучасності, що потребує подальшої розробки нових методів, підходів до її вирішення (Самохвалова, 2006).

При дослідженні впливу ВМ на ґрунти та інші компоненти довкілля виділяють три основні напрями дослідних напрацювань з означеної проблеми (Самохвалова, 2006):

- 1) *екологічний* — дослідження впливів техногенних хімічних факторів на навколишнє середовище, шляхів міграції полютантів по трофічних ланцюгах, природоохоронного значення меліорантів;
- 2) *санітарний* — зменшення вмісту ВМ у компонентах навколишнього природного середовища до гранично допустимих (безпечних) рівнів, впровадженням спеціальних заходів (технологічних, методичних та ін.);
- 3) *гігієнічний* — розробка допустимих концентрацій полютантів, вимог і рекомендацій у поєднанні з моніторингом стану та якості навколишнього середовища.

Для покращення екологічного стану сучасних ґрунтів (зниження вмісту ВМ тощо), поліпшення екологічного стану навколишнього середовища, збереження здоров'я населення м. Маріуполь у першу чергу необхідно проведення: ґрунтово-геохімічного моніторингу, теоретичної аргументації та практичної апробації заходів щодо зниження вмісту токсикантів.

Існують *два напрями боротьби із забрудненням ВМ ґрунтів*: перший із них — *запобігання надходження токсикантів у ґрунтову екосистему*;

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

другий шлях — боротьба з уже існуючим забрудненням (Дабахов и др., 2005).

Запобігання надходженням політантів (у тому числі іонів ВМ) у ґрунти та відклади — скорочення небезпечних викидів, встановлення ефективної системи фільтрів, перехід на новітні технології виробництва, обмеження використання «брудних» осадів стічних вод, органічних і мінеральних добрив, хімічних меліорантів тощо.

Як приклад, можна навести той факт що у травні 2011 р. на ПАТ «МК Азовсталь» було повністю виведено з експлуатації останні 4 мартенівські печі й здійснений перехід на конвертерний спосіб виробництва сталі. Виведення з експлуатації мартенівських печей, крім зниження споживання природного газу мало ще й значний екологічний ефект: зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу м. Маріуполь на 1200 тон у рік, зменшення щорічного споживання морської води й скидання стічної води, перестали утворюватися відходи мартенівських шлаків. Також було повністю модернізовано і введено до експлуатації сучасне обладнання для посиленої фільтрації і перекачування залізвмісних шлаків. Витрати на капітальний ремонт склали близько 7 млн. грн., ефективність обладнання збільшена майже у 2 рази.

Боротьба з уже існуючим забрудненням. Всі методи *детоксикації* (видалення) ВМ у ґрунтах поділяються на *фізичні*, *хімічні* та *біологічні* (наприклад, фітореємедіація). Використання фізичної детоксикації (видалення і захоронення забрудненого шару, промивання ґрунту, електрореємедіація) є досить обмеженим. Поширенішими є методи хімічної детоксикації, яку здійснюють шляхом взаємодії катіонів ВМ з хімічними компонентами ґрунту за реакціями гідролізу, окиснення–відновлення, хімічної сорбції та ін. Фітореємедіація складається з двох принципово різних стратегій: фітоекстракції — вирощуванні рослин–гіперакумуляторів, здатних вилучати ВМ у значних кількостях, та, навпаки, фітостабілізації — толерантних рослин до рівня забруднення ґрунту до 1,5 ГДК (Шматков, Яковишина, 2012).

Загальноприйняті методи детоксикації техногенно-забруднених ґрунтів іноді зумовлюють цілий ряд проблем: призводять до виникнення несприятливих побічних ефектів (формування фронту рН при електрохімічній реємедіації, порушують мінера-

льний режим живлення рослин при застосуванні цеолітів), або спричинюють вторинне забруднення навколишнього середовища (промивання забрудненого шару ґрунту може призвести до надходження ВМ у ґрунтові води). Більшість методів фізичної та хімічної детоксикації складно застосовувати для очищення територій, де родючість має велике значення (Шматков, Яковишина, 2012).

Тому виникає потреба розглядати проблему детоксикації ВМ комплексно у системі «ґрунт—рослина», на основі аналізу наявних методів, слід обрати екологічно найбезпечніші, для підвищення ефективності здійснивши спробу їх поєднання. Вибір того чи іншого методу визначається місцем, де проводиться детоксикація (тип ґрунту, наявність ґрунтових вод, кількість опадів за рік та в період вегетації), характеристикою джерела забруднення (постійне чи тимчасове), хімічними властивостями самого токсиканта (хімічна форма, концентрація, здатність до міграції по ґрунтовому профілю) (Шматков, Яковишина, 2012).

Якщо, говорити більш детально, то серед заходів детоксикації ґрунтів, забруднених ВМ слід відзначати такі як *вапнування*, *внесення органічних добрив*, *використання природних і штучних сорбентів*, *глинування*, *застосування мінеральних добрив*, *біореємедіація*, *фітомеліорація*, *промивання*, *видалення забруднюючого шару* (Дабахов и др., 2005; Ступин, 2009; Титова и др., 2001; Екологія..., 2008):

— *вапнування* (внесення вапна); є мало ефективним і недоцільним на слабкокислих і нейтральних ґрунтах важкого гранулометричного складу (Алексеев, 1987; Самохвалова, 2006);

— *внесення органічних добрив* (гній великої рогатої худоби, осад стічних вод, пташиний послід, компост з побутового сміття, свинячий гній, житня солома);

Найменш стійкими до забруднення є малогумусні низькородючі ґрунти зі слабкою буферною здатністю. Внесення органічних добрив, сприяючи поліпшенню ґрунтової родючості (підвищується біологічна активність, збільшується запас поживних елементів, ємність катіонного обміну, поліпшуються водно-фізичні властивості ґрунтів), призводять зазвичай до підвищення стійкості ґрунтів до антропогенного впливу. Компоненти органічних добрив при цьому, утворюючи з іонами ВМ органо-мінеральні сполуки різної природи, знижують їх рухливість.

Однак ефект від застосування різних видів органічних добрив неоднозначний. Значний вплив на рухливість

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

ВМ надає ступінь розкладання органічних добрив. Так, відразу після внесення у ґрунт не розкладеної соломи відбувається підвищення рухливості ВМ за рахунок утворення низькомолекулярних розчинних органічно-мінеральних комплексів. Потім, у міру розкладання органічної речовини, починає проявлятися іmobilізуючий ефект (Сизов и др., 1990).

За здатністю різних органічних добрив знижувати доступність рослинам Cd, за даними італійських дослідників, перевагу мають у низхідному порядку: гній великої рогатої худоби, осад стічних вод, пташиний послід, компост з побутового сміття, свинячий гній, житня солома (Сизов и др., 1990). У дослідях з порівняльного дослідження перепрілого й свіжого гною, зеленого добрива і торфу в еквівалентних дозах рухливість Pb найбільш ефективно обмежував торф.

Наявні у даний час рекомендації щодо застосування органічних добрив в якості хімічних меліорантів на забруднених ВМ ґрунтах носять не певний характер, що пов'язано з недостатністю проведених досліджень і суперечливістю наявних даних.

Неопрацьованими є питання і про дози, що застосовують. Деякі дослідники, враховуючи відносну екологічну безпеку даного класу добрив, рекомендують на забруднених ділянках вносити підвищені дози органічної речовини. Однак у цьому випадку при швидкому розкладанні і мінералізації великих доз органічних добрив у ґрунті можуть накопичуватися значні кількості нітратів і нітритів, що несприятливо з санітарно-гігієнічних позицій (Ильин, 1991).

Таким чином, враховуючи, що застосування оптимальних доз органічних добрив покращує гумусовий стан ґрунту, а гумус відіграє важливу роль у зв'язуванні токсичних ВМ, можна однозначно рекомендувати цей захід. Однак позитивний результат при цьому, швидше за все, виявиться лише через деякий час, тому внесення органічних добрив необхідно застосовувати у комплексі з іншими заходами (вапнування, фосфоритування, внесення сорбентів та ін.) З ряду органічних добрив найкраще застосовувати торф і торфогнойові компости з високим ступенем розкладання. Звичайно, солома і слабозкладений гній через деякий час також дадуть позитивний ефект, але для його прискорення їх краще піддати компостуванню, що сприятливо і з агрохімічної точки зору.

— **використання природних** (цеоліти — клиноптилоліт тощо) і **штучних** (комплексуютьовачі, іонообмінні смоли, активоване вугілля, відходи деяких виробництв і т. д.) **сорбентів**;

Одним з перспективних природних сорбентів вважаються цеоліти (Пупынин, 1999; Сизов и др., 1990). *Цеоліти* — це природні гідроалюмосілікати каркасної будови, структура яких включає в себе порожнини і канали молекулярного розміру, зайняті рухливими катіонами і

молекулами води. Ці мінерали діють за принципом молекулярних сит, розділяючи суміші речовин залежно від розмірів атомів і молекул. Структурні особливості цеолітів визначають участь в іонообмінному процесі тільки катіонів, в основному, катіонів ВМ. Найбільшою ємністю володіє Na-форма цеоліту.

Рівноважна обмінна ємність типового цеоліту клиноптилоліту становить (м-екв/100 г) для: Pb — 96—196, Cd — 125, Hg — 237, Cu — 95—107, Zn — 109, Co — 44, Ni — 17 (Сизов и др., 1990). Внесення у ґрунт клиноптилоліту у дозі 15 тон/га збільшує ємність поглинання ґрунту на 15—20 %, післядія триває від 7 до 20 років (Григора, 1985). За даними Г.В. Ціціашвілі та ін. (Сизов и др., 1990), у досліді на ділянках з внесенням цеоліту в дозі 0,2 г/кг вміст Pb у рослинах кукурудзи був 0,004 %, а без внесення — 0,008 % при вмісті Pb у ґрунті 200 мг/кг.

Однак частіше в літературі зустрічається точка зору, що цеоліт не представляє значного інтересу як інактиватор ВМ. Так, у серії дослідів відзначався суттєвий позитивний ефект від внесення цеоліту тільки при нормі внесення 100 тон/га у польовому досвіді і 10 % від маси ґрунту — у вегетаційному. Причому ефект спостерігався тільки на малородючих ґрунтах (Цилу, 1992). В іншому експерименті інактивуючий ефект від внесення цеоліту виявився дуже слабким і не відзначився на надходженні ВМ у рослинну продукцію. Більш того, при використанні цеоліту без добрив погіршилося живлення рослин N, P і K, а використання добрив підвищило вміст у рослинах Zn та Cd (Байдина, 1991, 1994, 1995).

При випробуванні цеоліту у польових умовах навіть максимальна доза 40 т/га не дозволила отримати гігієнічно чисту продукцію. Збільшення ЕКО ґрунту від 40 тон/га цеоліту склало не більше 1—3 % (Влияние..., 1994).

Таким чином, результати використання цеолітів досить суперечливі, хоча це може пояснюватися використанням у дослідях їх різних форм на різних ґрунтах. Тим не менш, для отримання необхідного ефекту норма даного сорбенту не повинна бути нижче 40—50 тон/га на низькородючих ґрунтах, а на родючих, що мають важкий гранулометричний склад і відносно високий вміст гумусу, норма має бути ще вищою. Найчастіше застосування цеолітів виявляється економічно недоцільним і можливе лише у випадку, коли вони є місцевою сировиною.

Крім природних сорбентів, робляться спроби створення штучних сорбентів, що володіють високою ємністю, селективністю і низькою вартістю виробництва і застосування. В якості штучних сорбентів випробовуються комплексуютьовачі, іонообмінні смоли, активоване вугілля, відходи деяких виробництв тощо.

Наприклад, в Японії, Франції та Німеччині запатентований метод фіксації ВМ меркапто—8—триазином, заснований на утворенні нерозчинних металомістких спо-

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

лук. Елементи живлення — Ca, Mg, K — в цьому випадку не закріплюються. Реактив вносять у вигляді розчину, аерозолі або з вапном. Недоліком методу є обмежена ємність та інактивуюча здатність препарату (Добровольський, Гришина, 1985). У Німеччині застосовуються іонообмінні смоли, які утворюють з металами хелатні сполуки, що володіють високою міцністю зв'язку (Сизов и др., 1990). Їх застосовують у кислотній або сольовій формі, вносячи у ґрунт у вигляді порошку або гранул в дозах, що визначаються рівнем забруднення. При цьому випробування показують цілком прийнятні результати — натрієва форма катіоніту сорбувала близько 95 % Pb. Тим не менш, повністю досягти поставленої мети — високої ємності, селективності і дешевизни одержуваних препаратів — досі не вдалося.

Актуальним напрямком еколого-геохімічних досліджень є розробка реабілітаційних заходів з використанням композиційних сорбентів–меліорантів. *Меліорантами* називають речовини, що використовуються для покращення фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Вони впливають на хід реакції, склад і співвідношення основ, форм міграції ВМ у ґрунтових розчинах і поглинаючому комплексі. Характер хімічної меліорації визначається вмістом у ґрунті макро– і мікроелементів, потребою рослин у мінеральних солях, кислотністю, засоленістю та мікробіологічною діяльністю (Важкі..., 2006).

Актуалізація вивчення екологічного значення застосування меліорантів пов'язана із здатністю меліорантів виконувати функцію відновлення природного стану ґрунтової системи, впливаючи на реакцію ґрунту, весь комплекс фізико-хімічних властивостей ґрунтів, на дозування надходження хімічних елементів у ґрунтовий розчин, міграційні процеси у системі «ґрунт—рослина». Меліоранти слід розглядати як антидоти у системі «ґрунт—рослина», застосування яких сприяє запобіганню, зниженню або ліквідації токсичних процесів, спричинених забрудненням (Самохвалова, 2006).

Деякі автори (Клименко та ін., 2011) пропонують використовувати в якості меліорантів фосфорити.

Виділяють чотири види хімічної меліорації: солерегулююча — внесення у ґрунти мінеральних добрив, гіпсування ґрунтів; кислоторегулююча — вапнування ґрунту; ґрунтоукріплююча — поліпшення структури ґрунтів; санітарно-дезінфекційна — обробка поля пестицидами. Як хімічні меліоранти використовують такі хімічні речовини: карбонат кальцію, оксид кальцію, хлорид амонію, гідроксид амонію, а також різні мінеральні добрива — сечовину, амонійну селітру, а також багато інших калійно-фосфатних добрив (Важкі..., 2006).

Гірські породи і відходи гірничо-видобувної промисловості також можуть бути використані як меліоранти або замітники мінеральних добрив, якщо вміст у них K і P досить високий. Мінеральними меліорантами можуть

служити породи як осадового, так і магматичного походження. До осадових порід–меліорантів відносяться карбонатні, глинисті та піщані утворення, а також вуглецеві сланці. Особливо цінними меліорантами для покращення фізико-хімічних властивостей і водного режиму як піщаних так і глинистих ґрунтів є цеоліти, доломіти, мергелі, глауконітвміщуючі породи, сапропелі, торфи, монтморилоніти, глауконіти (Важкі..., 2006).

Дослідження ефективності застосування поліакрилонітових і вугільних сорбентів, які модифікували фосфорною і ароматичними гідроксамовими кислотами для проведення еколого-геохімічних моніторингових досліджень здійснено у районах м. Києва. Система використання сорбентів пройшла успішну апробацію на дерново-підзолистих ґрунтах Київської міської агломерації (Худайкулова та ін., 2012).

В якості пропозиції щодо оптимізації екологічного стану ґрунтів м. Маріуполь ми пропонуємо провести аналогічне впровадження даної методики.

— *глинування* (внесення глини (монтморилоніт, іліт, вермикуліт), дозволяє значно збільшити катіонообмінну ємність ґрунтів);

На рухливість поліютантів значно впливає мінералогічний і гранулометричний склад ґрунтів, тому гарні результати може дати глинування легких ґрунтів. Внесення глини, що містять мінерали з кристалічною решіткою, що розширюється (монтморилоніт, іліт, вермикуліт), дозволяє значно збільшити катіонообмінну ємність ґрунтів. Міцність зв'язку ВМ з глинистими мінералами залежить від їх будови і зростає від каолініту до монтморилоніту. Міцність зв'язку також залежить від рН середовища та вмісту органічної речовини. Відзначено, що ґрунтові глинисті мінерали сорбують ВМ тим сильніше, чим більше органічної речовини міститься у ґрунті (Сизов и др., 1990).

Мають значення і властивості самих металів. Встановлено, що міцність фіксації глинистими мінералами зменшується у ряду: $Pb^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+}$.

У той же час необхідно підкреслити, що для отримання ефекту від такого заходу зниження токсичності ВМ у ґрунті норма застосовуваної глини повинна бути дуже високою. Так, для того, щоб збільшити частку фізичної глини на 10 % (за класифікацією Н.А. Качинського) і перевести ґрунт з однієї категорії (наприклад, супіщаного) в іншу (легкосуглинковий), потрібно 200—300 тон/га глини (при цьому необхідно враховувати її мінералогічний склад).

Крім цього, глинування може викликати деякі негативні явища, а саме, підкислення ґрунтів, оскільки глинисті мінерали є джерелом іонів H^+ , або знизити концентрацію біогенних елементів у результаті їх поглинання мінеральними колоїдами. Тому глинування повинно супроводжуватися вапнуванням, внесенням органічних і

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

мінеральних добрив. В цілому глинування є достатньо дорогим заходом, який може проводитися, якщо родовище глини знаходиться недалеко.

— *застосування мінеральних добрив*; рухливість ВМ може суттєво змінюватися під дією мінеральних добрив, при цьому добрива можуть відігравати як позитивне, так і негативне значення.

Наприклад, фосфоритування кислих ґрунтів є одним із прийомів детоксикації ВМ, але цей прийом ефективний лише при сильному забрудненні ґрунтів, так як для утворення осаду необхідна певна (висока) концентрація осадкоутворюючих елементів у розчині.

Зниженню рухливості ВМ сприяє вміст у мінеральних добривах катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH^+ та ін., які є антагоністами ВМ і перешкоджають їх проникненню у рослини.

Внесення мінеральних добрив сприяє зниженню концентрації ВМ у рослинах за рахунок прояву ефекту «біологічного розбавлення». Так, навіть при збільшенні рухливості Cd на 18—40 % і Pb на 8—10 %, як це було при внесенні мінеральних добрив в одному з дослідів (Черных и др., 1995), збільшення врожайності в 1,5—2 рази призвело до зниження концентрації ВМ у рослинах.

Крім цього, мінеральні добрива сприяють відтворенню органічної речовини ґрунту, збільшенню її біологічної активності, зростанню мікробної біомаси і т. д., що опосередковано сприяє поліпшенню екологічного стану ґрунтів.

Деякі автори для покращення екологічного стану ґрунтів Західного Полісся пропонують використовувати фосфорити не тільки в якості добрив, але і в якості комплексних меліорантів (Клименко та ін., 2011).

В цілому, дані про значення добрив у визначенні характеру поведінки ВМ у ґрунтах навряд чи можуть використовуватися при проведенні рекультивативної забруднених ґрунтів, однак їх необхідно брати до уваги при прогнозі екологічного стану ґрунтово-біотичного комплексу.

— *біоремедіація* — це будь-який процес, у якому використовують мікроорганізми, гриби, рослини та їх ферменти, спрямований на повернення забрудненого довкілля в його природний стан (Геохімічна..., 2008).

Як зазначає у своїй статті В.Л. Самохвалова (2014) *біоремедіація* — здатність різних груп живих організмів у процесі своєї життєдіяльності розкладати або акумулювати у своїй біомасі забруднювачі (ВМ, радіонукліди; азотні, фосфорні та органічні сполуки тощо). За умови відновлення життєздатності й видової розмаїтості природного мікробіоценозу ґрунту біологічні методи є ефективними, проте сам процес очищення забрудненого ґрунту досить повільний і тривалий.

Для оцінки ступеню забруднення території використовують *біоіндикатори* — це види рослин, тварин, мікроорганізмів, грибів та інших біологічних істот, за допо-

могою яких можна оцінити ступінь забруднення навколишнього природного середовища, здійснювати контроль його якості і змін. При екологічному моніторингу забруднень використання біоіндикаторів часто дає більш цінну інформацію, чим пряма оцінка забруднення приладами, так як біоіндикатори реагують відразу на весь комплекс забруднень, в тому числі невідомих нам і тих, що з'явилися у результаті трансформації. Наприклад, пожовтіння листя у сливи і квасолі є індикатором наявності у цих рослинах ВМ (Говта, 2007).

Біотестування і біодіагностика забруднених ґрунтів виконують вимоги сучасності по їх дослідженню. Біотестування є найбільш доцільним методом визначення інтегральної токсичності ґрунтів. Цей метод доступний і простий у застосуванні, не вимагає складного лабораторного устаткування і може бути рекомендований дослідникам різних рівнів підготовки. У свою чергу і біодіагностика техногенного-забруднення ґрунтів є досить простим методом, який здатний дати реальну оцінку його стану (Коробкин, Передельський, 2003).

У людей найкращим індикатором забруднення довкілля є психологічний стан. Психологічний стан у людей, які працюють і живуть поблизу хімічних, металургійних та інших виробництв є нестабільним. Всі мешканці в тій чи іншій мірі відчувають шкідливий екологічний вплив, який проявляється у психічних захворюваннях, розладах, депресіях (Говта, 2007).

Біоремедіацію ґрунтів можна здійснювати двома способами (Геохімічна..., 2008):

1) внесенням у забруднений ґрунт біоелементів (N, P), води, кисню, що сприяє збільшенню активності ґрунтових мікроорганізмів, а отже, деструкції забрудників.

2) біоаугментацією — внесенням у забруднений ґрунт спеціально селекціонованих чи генетично модифікованих високоактивних штамів-деструкторів; біоремедіацію забрудненого ґрунту здійснюють у біореакторах — резервуарах чи контейнерах (пульпові, сухого типу), у яких контролювано відбувається біодеструкція забруднювачів.

Відповідно до розробленої В.Л. Самохваловою (2014) концептуальної моделі біоремедіації забруднених ВМ ґрунтів передбачається використання класу біологічних методів їх ремедіації з градацією їх на дві групи — *методи біодеградації забруднювачів за використання мікроорганізмів* і *методи біонакопичення* рослинами і/або перерозподілу забруднювачів у ґрунті за одночасного впливу на біологічну та косну (мінеральні речовини, що є продуктами деструкції гірських порід і утворюються без участі живих організмів, компоненти біологічного колообігу) складові ґрунту, що призводить до оптимізації його екологічного стану за рахунок збільшення вмісту органічної речовини та її зв'язування глинистими мінералами і поліпшення структурного стану ґрунту, трофіч-

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

ного і газового режимів, властивостей ґрунтової системи в цілому; до біодетоксикації та біодеконтамінації ВМ через розширення популяцій ґрунтових мікроорганізмів, використання рослин фітомеліорантів.

Принцип *методів деградації забруднювачів у ґрунтах за використання мікроорганізмів* полягає у деструкції забруднювачів різними видами мікроорганізмів за рахунок активізації аборигенної мікрофлори або внесення у ґрунт певних культур мікроорганізмів, використання комплексних біопрепаратів та інших методів за створення оптимального середовища для розвитку певних груп мікроорганізмів, що розкладають забруднювач. Ґрунт стає придатним для вирощування рослин (Самохвалова, 2014).

Методи біопоглинання включають фіторе mediaцію (різні види рослин) та зооремедіацію (мікрофауна ґрунту, дощові черв'яки тощо), що прискорюють біодеградацію забруднювачів у ґрунтах (Самохвалова, 2014).

До методів *фіторе mediaції* належать природна і штучна фіторе mediaція. Природну фіторе mediaцію використовують за інтенсивного природного заростання полів фільтрації дикоростучими видами, що накопичують ВМ та інші забруднювачі, штучну фіторе mediaцію — за додавання у ґрунт поживних речовин разом із висівом фіторе mediaторів для інтенсифікації процесів ре mediaції ґрунтів, що триває за таких умов десятки-сотні років; використання технології застосування металоакумулюючих рослин спеціальної селекції на забруднених ВМ ґрунтах (Самохвалова, 2014).

Варто виділити два способи штучної фітомеліорації — підвищення доступності ВМ для рослин і екстрагування їх із ґрунту толерантними видами — акумуляторами, що швидко дають приріст і утворюють велику біомасу. Для підвищення біодоступності ВМ застосовуються різні хелатуючі агенти, зміну рН ґрунтового середовища, окисно-відновні добавки, використовують явище антагонізму іонів за створення конкуренції між іонами ВМ за сорбційні місця тощо (Самохвалова, 2014).

Арсенал фіторе mediaції за способами впливу на забруднювач ґрунту включає можливість використання чотирьох основних методів (Самохвалова, 2014):

➤ *фітостабілізація* — нагромадження, або іммобілізація рослиною забруднюючих речовин із ґрунту або ґрунтових вод за реалізації різних механізмів процесів (абсорбція ВМ корінням і нагромадження їх у рослині, адсорбція ВМ у прикореневій зоні (ризосфері) і/або їхнє осадження);

➤ *фітодеградація* — руйнування забруднюючих речовин із ґрунту рослиною у ході метаболічних процесів після поглинання або за впливу корневих виділень до поглинання;

➤ *фітовипаровування* — здатність рослини поглинати забруднюючі речовини із ґрунту або ґрунтових вод у

процесі підтримки водного балансу за виведення забруднювача у процесі транспірації;

➤ *ризидеградація* — розкладання забруднювачів мікроорганізмами ризосфери; посилення ефективності функціонування мікробіоти за рахунок біологічно активних корневих виділень рослин.

Аналіз запатентованих способів біоре mediaції забруднених ґрунтів в Україні свідчить про використання амброзії, яку збирають до набуття повної фази цвітіння (Патент..., 2005), хоча її використання має обмеження внаслідок алергічної дії на людей; технічних олійних культур — ріпаку або суріпиці, або тифону як рослин-акумуляторів ВМ (Патент..., 2010б), висів і вирощування кукурудзи або пшениці, скошування їх фітомаси та її утилізацію (Патент..., 2013); газонної трави за попередньої обробки насіння розчином гумінового стимулятора-адаптогена (Патент..., 2009); використання стрес-толерантних трансгенних рослин пшениці до дії ВМ (Патент..., 2010а).

В Україні розроблено спосіб вирощування сільськогосподарських культур на ґрунтах, забруднених ВМ (Патент..., 2007а), що передбачає передпосівну обробку ґрунту та насіння шляхом його дражування біогумусом черв'яка. У іншому відомому способі (Патент..., 2007б) використовують біогумус червоного каліфорнійського черв'яка або біогумус дощового черв'яка разом із природним сапропелем у складі агроекологічного препарату «біокольчуга». У наступному відомому способі (Патент..., 2008а) для рекультивативної техногенно-забруднених ґрунтів також використовують натуральний біогумус і глауконіт за співвідношення компонентів 50—90 та 50—10 вагових (у %). Відомий інший спосіб (Патент..., 2008б), що передбачає використання промислового препарату «Гумівіт» як складової суміші, котра підвищує вміст ґрунтових мікроорганізмів.

— *фітомеліорація* — інтенсивне вирощування спеціально підібраних культур рослин, що володіють здатністю концентрування у своїй біомасі токсичні хімічні елементи і наступному їх видаленні; на сьогоднішній день є одним з найбільш перспективних способів реабілітації забруднених ВМ ґрунтів (Кучерявий, 2003).

При відновленні (рекультивативній) забруднених ґрунтів методом фітомеліорації (або фітоекстракції) виділяють чотири етапи:

1) перший етап пов'язаний з оцінкою ступеню забруднення території і виявлення пріоритетного забруднювача (особлива увага приділяється визначенню рухомих форм хімічних елементів), оскільки при відносно низькій концентрації токсичних елементів у ґрунті для його відновлення достатньо заходів по обмеженню рухливості ВМ (вапнування, внесення сорбентів та ін.), без застосування фітомеліоративних заходів. З іншого боку, при дуже високій концентрації у ґрунті токсичних хімічних

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

елементів використання рослин-фітоекстракторів також не планується, але вже з іншої причини — фітотоксичність середовища не дозволить створити сприятливі умови для вирощування рослин і, тим більше, не дасть можливості отримати високу біомасу.

Наприклад, А.Д. Темралеева, Д.Л. Пинский (2010) пропонують використовувати зелені водорості *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brebisson *Chlorella vulgaris* Beijerinck для альготестування ґрунтів, забруднених ВМ. Запропонована методика дозволяє отримати більш повну і об'єктивну інформацію про рівень забруднення ґрунтів, відрізняється простотою прийомів проведення біотесту і економічністю у матеріальному та просторово-часовому плані. Таким чином, екотоксикологічні дослідження водоростей являють собою фундаментальну базу для вирішення прикладних екологічних завдань, таких як розробка методів контролю забруднення ґрунтів ВМ.

У статті С.С. Волощинської (2008) «Біоіндикація стану забруднення довкілля важкими металами (на прикладі автомагістралі «Київ — Варшава»)» зазначено, що найбільша накопичувальна здатність, зокрема Pb, характерна для подорожника звичайного (*Plantago major* L.), полину звичайного (*Artemisia vulgaris* L.) і полину гірко-го (*Artemisia absinthium* L.).

2) підбір культур, здатних до екстракції хімічних речовин, що забруднюють даний конкретний ґрунт (основними критеріями вибору є високий ступінь акумуляції токсичних елементів у рослинах, можливість отримання значних обсягів біомаси при мінімальних витратах на їх вирощування та районування культур до конкретних ґрунтово-кліматичних умов меліорованих територій).

За ступенем акумуляції ВМ у біомасі запропоновано обирати рослини, що нагромаджують більше 1 % вмісту металів або в 100 разів більше, ніж зазвичай виявляють у рослинах (Summary..., 1994; Salt et al., 1998).

Встановлено такі закономірності за нагромадженням ВМ рослинами для:

- Cd — люпин > вика > конюшина > редис > кукурудза > овес > ячмінь > озима пшениця;
- Pb — люпин > конюшина > вика > редис > кукурудза > овес > озима пшениця > ячмінь;
- Zn — конюшина > вика > люпин > редис > кукурудза > овес > озима пшениця > ячмінь;
- Cu — конюшина > вика > люпин > редис > кукурудза > овес > ячмінь > озима пшениця (Стратегія..., 2002).

Крім того, в якості гіперакумуляторів пропонуються до використання ряд дикорослих видів: гірчиця сарептська і біла, пирій повзучий, верба прутувидна, ярутка синювата, ріпак та ін. У той же час вказується, що у зв'язку з різною ефективністю окремих видів по вилу-

ченні металів з ґрунту, доцільно використовувати суміш видів.

Наприклад, у разі забруднення ґрунтів Pb слід використовувати бобові культури: вику, люцерну, горох, чорні боби тощо. На забруднених ґрунтах, де вирощування харчових і кормових рослин не рекомендується, економічно виправданим є вирощування гірчаку сахалінського, який за рік може з 1 га поглинути 24 кг Pb (Ильинский, 2003а, б).

3) розробка системи культивування рослин-фітоекстракторів. При цьому основна увага приділяється пошуку ефекторів фітоекстракції — речовин, що підсилюють рухливість елементів, що вилучаються з метою прискорення процесу фітомеліорації. В іншому випадку він може затягнутися на десятки й сотні років. Технологія вважається ефективною, якщо на відновлення забрудненої території витрачається не більше 5—10 років.

В якості ефекторів запропоновано використання хелатоутворюючих агентів (ЕДТА (етилендіамінтетраоцтова), ДТПА (діетилентріамінпентаоцтова) кислоти та ін.), ефективність яких у конкретних умовах попередньо оцінюється у вегетаційних дослідах (Huang et al., 1997). У деяких випадках екстракції сприяє поєднання хелатоутворюючих агентів з обробкою рослин гербіцидами або регуляторами їх росту (Галиулин, Галиулина, 2003).

4) прибирання та утилізація отриманої біомаси, в основному в якості біопалива або для рекуперації (повернення частини матеріалів або енергії для повторного використання у тому ж технологічному процесі) з неї кольорових металів, або складування на спеціальних звалищах (Галиулин, Галиулина, 2003). У той же час в цих рекомендаціях недостатня увага приділяється забрудненню повітряного середовища, пов'язаного зі спалюванням (викиди оксидів вуглецю, азоту, сірки, інших забруднювачів), технологічним труднощам висушування матеріалу та іншим проблемам.

В цілому фітомеліорація може вважатися досить перспективним методом очищення забруднених ВМ ґрунтів і відкладів, причому як сільськогосподарських, так і міських. У той же час необхідна всебічна апробація методики на практиці, так як застосування фітоекстракції може бути обмежене і толерантністю рослин.

Співробітником Інституту фізіології рослин і генетики НАН України Ж.З. Гуральчук (2012) досліджено особливості використання арбускулярної мікоризи для фітореємедіації ґрунтів, забруднених ВМ. Вона показала перспективність використання арбускулярних мікоризних грибів (*Glomus mosseae* (Nicol. Et Gerd.), *Gigaspora rosea* Nicol. & Schenchuk) з метою фітореємедіації (використання рослин для вилучення або стабілізації небезпечних речовин з метою зменшення їх токсичності) ґрунтів. Така технологія може бути застосована не лише для ВМ, але й для радіонуклідів, пестицидів. Вона є низьковитратною,

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

може бути впровадженою не тільки на сильно забруднених ділянках, а й на суміжних з ними, менш забруднених, і дає змогу зберегти родючість ґрунту після вилучення металів. Найважливішими напрямками фітореємедіації є фітоекстракція, ризофільтрація та фітостабілізація. Для фітореємедіації ВМ краще підходять автохтонні арбускулярні мікоризні гриби, виділені із ґрунтів, забруднених металами. Оскільки різні забруднені ґрунти характеризуються неоднаковим складом забрудників, бажано підбирати комбінації рослин і арбускулярні мікоризи грибів, які були найпридатнішими для фітоекстракції чи фітостабілізації (Гуральчук, 2012).

Особливо слід відзначити колективну монографію «Древесные насаждения в оптимизации техногенной и рекреационной среды Приазовья» у якій узагальнено результати комплексних досліджень з проблем оптимізації техногенного та рекреаційного середовища Приазов'я. Наведено загальну оцінку цієї природно-кліматичної зони. Розглянуто питання життєдіяльності деревних інтродуцентів в умовах індустриального та рекреаційного середовища. Велику увагу приділено питанням вікової структури, видового складу, а також аналізу стану деревних порід та чагарників в умовах рекреації та промислового забруднення (Поляков и др., 1992).

Автори (Поляков и др., 1992) зазначають, що для м. Маріуполь характерний «український» тип забруднення, коли в періоди з температурною інверсією і циклональною погодою у приземному шарі повітря зосереджена основна маса промислових і транспортних забруднювачів атмосфери, негативно діючих на рослини (затримка росту, симптоми враження, погіршений фотосинтез, дихання, біосинтез білків, жирів тощо, деструкція ядра, мембран та ін.).

Зелені насадження вважаються надійним і перевіреним засобом захисту від забруднення повітря, їх справедливо називають «легенями міста». Безумовно, зелені насадження і прикрашають місто, але перш за все вони відіграють важливу роль у справі по оздоровленню навколишнього середовища. Зелені масиви сприятливо впливають на мікроклімат. Влітку у лісах і парках помітно прохолодніше (температура повітря у спекотну жарку погоду на 10—12 °С нижча). У парках на 15—30 % вища вологість, що призводить до зниження температури повітря, створюючи ефект фізіологічного комфорту для людини. Над найбільш великими зеленими масивами у межах міста влітку встановлюються низхідні потоки повітря. Із атмосфери пил осідає на кронах дерев і чагарників. Один гектар дерев хвойних деревних порід затримує за рік 40 тон пилу, а листяних — біля 100 тон (Поляков и др., 1992).

Наявність рухомих форм Fe і Mn у зоні коренів показує, що найбільш активно сприяє переходу нерозчинних

сполук заліза в розчинні — дуб, каштан і клен, а мангану — дуб і каштан (Поляков и др., 1992).

Деревні породи характеризуються різною здатністю акумулювати ВМ. Краще всього накопичують (Поляков и др., 1992):

➤ Fe — айлант найвищий, береза повисла, клен ясеніподібний, бузок звичайний, скумпія кожевєнна, яблуня домашня, шовковиця біла — до 790 мг/кг сухої речовини;

➤ Mn — софора японська, шовковиця біла, айлант найвищий, клен звичайний, верба біла, клен сріблястий — до 300 мг/кг;

➤ Zn — тополя Боле, бузок звичайний, катальпа бігнонієвидна, береза повисла, вишня звичайна — до 180 мг/кг;

➤ Cu — каштан кінський звичайний, горіх грецький, ясен зелений, абрикос звичайний, клен звичайний, айлант найвищий — до 29 мг/кг;

➤ Pb — акація біла, липа дрібнолиста, бузок звичайний, яблуня домашня, айлант найвищий — до 6 мг/кг.

Результати досліджень колективу авторів (Поляков и др., 1992) показують, що зелені насадження сприяють значному оздоровленню навколишнього середовища. Санітарно-гігієнічна роль рослин здійснюється, з одного боку за рахунок їх пилезатримуючої здатності, а з іншого — за рахунок акумуляції різноманітних складових забруднення. Один гектар деревних рослин у середньому здатний осадити із атмосферного повітря до 18 тон пилу і нейтралізувати шляхом поглинання із ґрунту і повітря до 150—200 кг металів.

Приймаючи до уваги посушливий клімат, умови зволоження у Приазов'ї можна вважати досить несприятливими. А висока запиленість, загазованість і задимленість у такому місті, як Маріуполь, потребує систематичного поливу деревних рослин. Дослідження вчених Донецького ботанічного саду НАН України за останні 10 років по інтродукції нових декоративних, стійких і перспективних деревних порід і чагарників дозволили збільшити їх асортимент для Північного Приазов'я до 165 видів. В цілому із 165 видів, виявлених у насадженнях міста, 15 віднесені до нестійких, це горобина, береза, дейція, вейгела, верба Матсуді, сосна кримська, ялина звичайна, катальпа, шаровидна форма клена звичайного, лимонник китайський та ін. 72 види рослин охарактеризовані як відносно стійкі до: морозів — юкка нитчаста, шовковиця біла, слива Піссорпа, маклюра помаранчева; засух — калина звичайна, верба ламка, смородина чорна, чубушник крупноквітковий; газостійкості — яблуня плакуча вишнеплідна, плосковеточник східний, тополя біла, кінський каштан; солевиносливості — клен сріблястий, бобівник, липа кавказька, ялина колюча. 78 видів із високою стійкістю: каркас східний, обліпіха крушиновидна, горіх грецький, виноград амурський, айлант найвищий, платан

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

кленолистний та ін. Це не означає, що дані породи рослин у всіх випадках не мають ні яких пошкоджень і на них не діють негативні шкідливі фактори, але навіть в екстремальних умовах вони залишаються життєздатними і успішно виконують своє функціональні призначення (Поляков и др., 1992).

В умовах постійної загазованості атмосферного повітря сірчистим газом найбільш високу газопоглинаючу здатність має липа дрібнолиста, кінський каштан, потім береза повисла, дуб черешчатий і акація біла (Поляков и др., 1992).

Рекомендований асортимент деревних рослин для створення насаджень у зоні дії промислових підприємств включає 113 видів, а для створення рекреаційних насаджень в літоральній зоні — 84. Запропонований перелік видів диференційований за газостійкістю або солевисливістю, що дозволить аргументовано підбирати необхідні види рослин для тієї або іншої зони (Поляков и др., 1992).

Створення стійких насаджень в екстремальних місцевих умовах визначається правильним підбором рослин і своєчасним проведенням необхідних агротехнічних заходів. Внесення органічних і мінеральних добрив, вапнування або гіпсування ґрунтів здатне збільшити газостійкість і життєздатність насаджень рослин. У засушливих умовах полив повинен бути рясним і регулярним, а застосування дощування знижує концентрацію фітотоксикантів у листках і також сприяє підвищенню стійкості рослин (Поляков и др., 1992).

Оптимізація мінерального і водного живлення рослин у зоні промислового забруднення стає основною умовою підвищення стійкості захисних деревних насаджень, а також їх ефективності в «оздоровленні» середовища (Поляков и др., 1992).

Створення насаджень у зоні дії промислових підприємств здійснюється в масштабах цілого регіону, так як локальні заходи будуть малоефективними. Якщо одне дерево здатне поглинути і знешкодити за вегетаційний період до 150 г ВМ і 1 кг газів, то для нейтралізації річного викиду крупного металургійного заводу необхідна площа санітарно-захисної зони біля 100 тис. га, тому проблема оздоровлення навколишнього середовища і підвищення його якості повинна вирішуватися в основному технічними засобами, а використання пилепоглинаючої здатності рослин може розглядатися лише як засіб доочищення атмосфери (Поляков и др., 1992).

Отже, відновлення техногенно-забруднених ВМ ґрунтів при використанні біологічних методів є перспективним напрямом, що динамічно розвивається. Переваги використання біологічних методів ремедіації ґрунтів є такі: екологічна чистота й безпека використання біологічних методів ремедіації, мінімальне порушення фізичного й хімічного складу ґрунтів; їх застосування не потре-

бує значних витрат матеріальних ресурсів; висока ефективність за низьких концентрацій забруднювача. *Перспективи подальшого розвитку методів біоремедіації ґрунтів* за впливу фактора забруднення ВМ пов'язані з розробкою нових способів екологічно безпечного використання хімічно деградованих ґрунтів при використанні біологічних методів і за вирішення таких задач (Самохвалова, 2014):

- аналіз сучасних методів і технологій біоремедіації ґрунтів;
- моніторингу ґрунтів за дослідження змін властивостей і функцій ґрунтової системи та проведення біоремедіації техногенно-забруднених ВМ ґрунтів;
- наукове обґрунтування спектра рослин, сівозмін культурфітоценозів, що є придатними для використання як фітомеліоранти за різних рівнів і характеру забруднення ґрунтів різного генезису;
- розробка мікробних і ферментних препаратів, дослідження їх впливу на властивості ґрунту, на здатність до біодеградації ВМ і за їх використання для розроблення нових способів і технологій ремедіації забруднених ґрунтів;
- проведення еколого-економічного оцінювання ефективності використання біологічних методів ремедіації ґрунтів для ефективного менеджменту ґрунтовими ресурсами.

— *промивання ґрунтів* — метод видалення ВМ з кореневого шару (застосовують для сильно забруднених ґрунтів); метод принципово відрізняється від розглянутих вище, так як заснований не на закріпленні токсичних хімічних елементів (як всі попередні), а на виведенні металів за межі орного шару у складі певних розчинів.

Негативні сторони промивання ґрунтів:

- метали з верхніх горизонтів потрапляють у ґрунтові води і забруднюють їх;
- разом з іонами ВМ з кореневого шару вилучаються і необхідні рослинам елементи живлення;
- самі реактиви можуть володіти певним фітотоксичним впливом і погіршувати властивості ґрунтів.

В якості реагентів для промивання забруднених ґрунтів пропонується використовувати розчинні солі заліза, зокрема FeCl_3 (Водяницький, 1985), так як Fe володіє порівняно невеликою фітотоксичністю і досить активно витісняє з ґрунту катіони ВМ (при внесенні солей заліза можливе поліпшення фізичних властивостей ґрунтів за рахунок збільшення структурності ґрунту: агрегування відбувається у результаті склеювання мінеральних часток залізо-гуматними комплексними сполуками).

Після промивання ґрунтів з метою зниження вмісту ВМ роблять комплексне їх окультурення: вапнування, внесення мінеральних і органічних добрив, що дозволить компенсувати втрати біогенних елементів при промиванні.

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

— *видалення забрудненого шару* (механічного видалення забрудненого шару, розміщення його на спеціально відведених майданчиках (полігони, санкціоновані звалища) і завезення чистого ґрунту (відкладів)); захід досить дорогий і його треба використовувати тільки у самих крайніх випадках, коли забруднення ґрунтового покриву досягає рівня, при якому обмеження рухливості металів раніше розглянутими способами недостатньо ефективно, а видалення токсикантів за допомогою промивання або фітоекстракції вимагає значних матеріальних ресурсів та часу.

Слід зазначити, що ефективність розглянутих вище заходів (вапнування, внесення органічних і мінеральних добрив, природних або штучних сорбентів і т. д.) може виявитися недостатнім у конкретних умовах. У такому разі доцільним буде *застосування комплексу заходів*, спрямованих на досягнення поставленої мети (наприклад, поєднання вапнування з внесенням органічних і мінеральних добрив, або вапнування із внесенням цеолітів та ін.). При цьому поєднання різних прийомів може стати значно ефективнішим, насамперед, через комплексність впливу: добрива, наприклад, будуть сприяти зниженню токсичного ефекту ВМ для рослин і утворення малорухомих органо-мінеральних комплексів, а вапно збільшить ємність поглинання ґрунту, стимулюючи утворення нерозчинних солей і сприяючи збільшенню міцності органо-мінеральних комплексів.

Слід, відзначити, що першим кардинальним шляхом запобігання забрудненню ґрунтів ВМ є обмеження їх надходження на поверхню відкладів шляхом удосконалення технологій промислового виробництва (Бреславець, Юрченко, 2009).

Деякі автори пропонують поєднання різних прийомів при детоксикації ґрунтів забруднених ВМ. Наприклад, А.І. Бреславець, А.І. Юрченко (2009) пропонують меліорацію забруднених ВМ ґрунтів здійснювати:

- через зменшення рухомості металів при підвищенні рН кислих ґрунтів вапнуванням, внесенням цеолітів тощо;
- видалення ВМ з ґрунтів промиванням або сильними кислотами та комплексонами;
- видалення і захоронення у спеціальних кавальєрах надмірно забрудненого шару ґрунтів;
- вирощування на забруднених територіях рослин-концентраторів ВМ (фітомеліорація); цей захід вважається екологічно привабливим, економічно рентабельним і перспективним.

Автори (Бреславець, Юрченко, 2009) пропонують деградовані землі успішно використовувати для вирощування технічних культур, які не застосовуються для продовольчих потреб. Передусім це стосується рослин, які використовуються для виробництва біопалива, зважаючи на неухильне зростання потреби у ньому як в Україні, так і за кордоном. При цьому важливо зробити такий підбір рослин, які б, з одного боку, давали високий вихід сировини для біопалива, з іншого — були стійкими до токсичних речовин, що містяться у ґрунті. Така рослинність могла б успішно виконувати роль фітомеліоранта, виносячи з ґрунтів значну кількість токсичних речовин.

Г.Г. Шматков, Т.Ф. Яковишина (2012) зазначають, що найперспективнішими для поєднання серед методів детоксикації є такі:

- вирощування толерантних до токсичної дії ВМ сільськогосподарських культур з внесенням сорбент-меліорантів;
- вирощування рослин-гіперакумуляторів у поєднанні з внесенням ефектора фітоекстракції та регулятора росту рослин.

Проблема забруднення ВМ набуває глобальних масштабів і потребує нового інноваційного підходу до детоксикації техногенно-забруднених металами чорноземів звичайних для відновлення їх екологічних функцій, головною серед яких є родючість, та одержання екологічно безпечної продукції рослинництва. Все це можна здійснити таким чином (Шматков, Яковишина, 2012; Яковишина, 2006):

- у разі забруднення ґрунту до 5,0 ГДК вирощувати толерантні культури (просо) у поєднанні з внесенням сорбент-меліорантів (K_2CO_3 та K_2S);
- у разі забруднення понад 5,0 ГДК для виносу ВМ з ґрунту використовувати рослини-гіперакумулятори (петрушка кучерява, бурячок стінний, резуха Галлера, гірчиця сарептська та ін. у поєднанні з ефектором фітоекстракції (ЕДТА — етилендіамінтетраоцтова кислота) та регулятором росту рослин («Корневін»).

Таким чином, *заходи, що рекомендуються до застосування на забруднених ВМ ґрунтах*, можна розділити на *дві групи* (Дабахов и др., 2005).

Перша група заходів рекомендується для *ґрунтів і відкладів, що знаходяться у межах населених пунктів* і не використовуються у сільському господарстві. При цьому на ґрунтах з надзвичайно високим рівнем забруднення система подібних заходів включає у себе промивання ґрунтів і/або заміну забрудненого ґрунту на привізний. На ґрунтах, що мають невисоку ступінь забруднення

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

можна обмежитися заходами по запобіганню деградації ґрунтів: створенням і збереженням зелених зон, газонів та інших видів територій із зеленим покривом.

Друга група заходів спрямована на зниження рухливості ВМ у ґрунтах, що використовується у сільському господарстві. В цілому вона включає у себе внесення мінеральних і органічних добрив, штучних і природних сорбентів, вапнування, глинування та інші заходи, які застосовуються як окремо, так і в комплексі. Однак у

кожному конкретному випадку рекомендовані заходи з рекультивації та відновлення забруднених ВМ ґрунтів повинні бути чітко аргументовані як з економічних, так і з науково-теоретичних позицій.

Загалом розробка системи заходів починається з визначення ступеню забруднення території. Потім для кожної категорії забруднених ґрунтів та відкладів пропонуються певні заходи (табл. 68—70).

Таблиця 68

Заходи по використанню сучасних ґрунтів м. Маріуполь і прилеглих територій у залежності від їх забруднення ВМ (Дабахов и др., 2005; Титова и др., 2001; Тяжелые..., 1997)

Вміст	Рівні	Заходи
	Дуже низький, низький	Для біологічно важливих хімічних елементів (Zn, Cu та ін.) необхідні мікродобрива або добавки у корми у залежності від вмісту рухомих форм сполук елементів в ґрунтах і вмісті їх у продукції
Середній	Не потрібні	
Підвищений	Видалення впливу джерела забруднення та періодичний контроль ґрунтів і продукції	
Високий	Обов'язкове усунення впливу джерела забруднення, постійний контроль вмісту ВМ у ґрунтах і продукції	
Дуже високий	Підбір сільськогосподарських культур, що не накопичують ВМ, комплекс агротехнічних заходів по зменшенню надходження металів у продукцію (вапнування, застосування органічних і мінеральних добрив); виключити вирощування зелених культур і овочів	
Забруднення	Середнє	Вирощування культур, що не накопичують ВМ (зернові на зерно, насінники трав, технічні культури, саджанці плодкових і ягідних культур, квітникарство) з обов'язковим застосуванням комплексу агротехнічних заходів щодо зниження надходження металів у продукцію
	Високе, дуже високе	Виключити вирощування культур для продовольчих цілей; необхідні додаткові розробки щодо рекультивації ґрунтів

Таблиця 69

Схема оцінки прилеглих до м. Маріуполь сільськогосподарських земель за ступенем забруднення хімічними речовинами (Блінова та ін., 2009; Дабахов и др., 2005; Муравьев и др., 2008; Титова и др., 2001)

Категорія ґрунтів за ступенем забруднення	Характеристика забрудненості ґрунтів	Можливе використання	Необхідні заходи
Допустиме забруднення	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує фонове значення, але не вище ГДК	Використання під будь-які культури	Зниження рівня впливу джерел забруднення ґрунтів; здійснення заходів щодо зниження доступності токсикантів для рослин (вапнування, внесення органічних добрив і т. п.)
Помірно шкідливе забруднення	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК при лімітуючому загально санітарному, міграційно водному та міграційно повітряному показниках шкідливості, але нижче ГДК по транслокаційному показнику	Використання під будь-які культури за умови контролю за якістю сільськогосподарської продукції	Заходи, аналогічні категорії 1; при наявності речовин з лімітуючим міграційним водним або міграційним повітряним показниками проводять контроль за вмістом цих речовин у робочій зоні сільськогосподарського виробництва, у поверхневих і підземних водах
Високе шкідливе забруднення	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК при лімітуючому транслокаційному показнику	Використання під технічні культури без отримання на них продуктів харчування та кормів, у яких можливий вміст хімічних речовин вище ГДК; використання під сільськогосподарськими культури обмежене за рахунок рослин-концентраторів хімічних речовин	Крім заходів, зазначених для категорії 1, обов'язковий контроль за вмістом токсикантів у рослинах, що використовуються в якості продуктів харчування та кормів; обмеження використання зеленої маси на корм худобі за рахунок рослин-концентраторів хімічних речовин
Надзвичайно шкідливе забруднення	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК по всім показникам	Виключення із сільськогосподарського використання	Заходи щодо зниження рівня забруднення та зв'язування токсикантів у ґрунтах; контроль за вмістом токсикантів у робочій зоні сільськогосподарського виробництва, у поверхневих і підземних водах

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

Таблиця 70

Рекомендації по усуненню наслідків несприятливих процесів на міських ґрунтах (Добровольський, 1997)

Негативні процеси	Рекомендації по категоріям земель				
	Забудова міського і сільсько-го типу	Загального користування: промислові зони, теплові електроцентралі	Сільськогосподарського використання: пашня, городи, ферми	Природоохоронні, рекреаційні	Резерв, пустирі, сміттєзвалища, кар'єри
1. Зменшення озелененості території	Спостереження за дотриманням норм озеленених територій на одну людину, збільшення площі за рахунок ліквідації запованих територій	При високих ГДК — збір і очищення поверхневих вод із запованих територій, озеленення	Виведення сільськогосподарських земель за межі міста, переведення їх у лісопаркову категорію	Мінімізувати частку запованих земель; організація дорожньо-стежкової сітки	Організація території
2. Засипка і зрізання	Створення родючого шару, контроль за чистотою ґрунту		Створення родючого шару, контроль за чистотою ґрунту, планування рельєфу	Планування рельєфу, створення родючого шару, контроль за чистотою ґрунту, рекультивация	Рекультивация, контроль за чистотою ґрунтів, підбір культур
3. Захаращеність поверхні	Ліквідація сміттєзвалищ	Підтримання санітарного стану території	Прибирання поверхні, підтримання санітарного стану	Прибирання території	Заходи по очищенню токсичних відходів, рекультивация
4. Ерозія водна	Засипка ерозійних форм, відведення поверхневого стоку; задерніння і заліснення	Відведення поверхневого стоку, задерніння і заліснення; при складному рельєфі — терасування	Терасування, контурна оранка, шліювання, вибір сільськогосподарських культур, організація водозаборів, правильний сільськогосподарський обробіток під час оранки, підбір культур, осушення	Збереження лісових і трав'янистих екосистем, організація стежково-дорожньої сітки, збереження дернини і лісової підстилки; формування лісових галявин і лісосмуг	Закріплення схилів, задерніння, заліснення; організація водозаборів
Вітрова (дефляція і видування)	Задерніння, поливи газонів і доріг	Задерніння, поливи газонів і доріг, закриття зберігання сипучих матеріалів	Задерніння, застосування травопільної системи, зрошення	Задерніння, заліснення	Рекультивация з наступним задернінням і залісненням
5. Порушення водного балансу: а) Підтоплення б) Висушування	Дренажні роботи по зниженню рівня ґрунтових вод	Осушення, відведення поверхневого стоку з території	Осушувальна меліорація, підземний гончарний дренаж	Осушувальна меліорація, вертикальний і горизонтальний дренаж, підбір культур	Дренажні роботи для відведення ґрунтових вод з наступним очищенням
	Поливи у період вегетації рослин	Поливи і миття доріг для видалення пилу	Зрошувальна меліорація, планування території і вологозберігаючі заходи	Поливи у період вегетації, підбір культур	Поливи, боротьба з пожежами, миття підземних шляхів
6. Переуцільнення шару з корінням рослин	Планування пішохідно-дорожньої сітки, рихлення ґрунту і посів трав	Задерніння відкритих просторів, рихлення і полив	Рихлення, оранка, культивация і підбір культур	Заходи по збереженню природних функцій екосистем: організація території	Рекультивация території
7. Порушення теплового режиму: а) підігрів	Ізоляція ґрунтів від теплових комунікацій при нестачі вологи у ґрунті або підбір культур при підвищеній вологості	Підбір культур у залежності від нестачі вологи або надлишку	Підбір сільськогосподарських культур у залежності від нестачі вологи або надлишку, виключити озимі культури	Ізоляція ґрунтів від теплових комунікацій	Підвищена ізоляція ґрунтів від теплових комунікацій

Пропозиції щодо зменшення вмісту важких металів у сучасних ґрунтах та інших компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь

б)Промерзання	Збільшення снігового покриву, перешкоджання видування снігу		Збільшення снігового покриву, перешкоджання видування снігу, виключити озимі культури	Снігозахисні насадження	Перешкоджання видування снігу
8. Виснаження і порушення органічного профілю	Внесення органічно-мінеральних добрив, вибір і підсів трав, рихлення поверхневих горизонтів, поливи	Внесення органічно-мінеральних добрив, рихлення, полив; при надлишку ГДК підсіпка або заміна гумусового шару	Агротехнічні заходи, окультурення рілєвого шару, рихлення; підбір сільськогосподарських культур	Виключити витоптування, захаращення, ерозію і хімічне забруднення лісової підстилки, біорізноманіття	Ліквідація сміттєзвалищ, засипка органічного матеріалу, задерніння
9. Скорочення біорізноманіття, зараження патогенними мікроорганізмами	Знезараження ґрунту і підтримання системи у життєздатному стані: внесення органічно-мінеральних добрив, поливи, рихлення	Знезараження і санація території, заміна поверхневого шару, збір і видалення поверхневих стоків та їх очищення	Знезараження і санація сільськогосподарських територій, науково дозоване застосування пестицидів і гербіцидів, вермикюльтура	Створення і підтримання багатфункціональної полікомпонентної структури біогеоценозу, санація і знезараження ґрунту і біоти	Ліквідація сміттєзвалищ і засипка кар'єрів; санація, створення природного комплексу
10. Забруднення ВМ та іншими токсикантами	При високому ГДК — заміна гумусового шару, при низькому — задерніння поверхні; винесення джерел забруднення, відведення і очищення стоків	Ізоляція забруднених територій буферними зеленими зонами; всередині територіальна технологічна меліорація відкритих просторів; регулярне миття доріг територій	Виведення земель із сільськогосподарського використання; хімічна і агротехнічна меліорація, переведення земель у лісо- і паркову категорію	Вивести джерела забруднення, створення буферної зеленої зони, агролісотехнічна меліорація; підбір стійких лісових і трав'янистих культур	Ізоляція сміттєзвалищ від геохімічно пов'язаних територій; рекультивация території
11. Підкислення або підлужнення ґрунтів	Необхідне вапнування у розрахунку від рН	Ліквідувати надходження сухих і мокрих лужних та кислих викидів	Виведення сільськогосподарських земель за межі міста і агрохімічна меліорація	Моніторинг за станом кислотно-лужної реакції; агрохімічна меліорація; підбір стійких лісових культур	Рекультивация території; створення стійких трав'янисто-чагарникових угруповань

Проведені еколого-геохімічні дослідження компонентів навколишнього середовища (грунти, ґрунтові мікроорганізми, рослинність, донні відклади) м. Маріуполь з використанням мікроморфологічного, мінералогічного, спектрального, атомно-абсорбційного аналізів, методик визначення форм знаходження ВМ, оцінки аерогенного забруднення і біогеохімічних досліджень дали змогу зробити наступні висновки.

1. Основним джерелом забруднення довкілля м. Маріуполь є підприємства чорної металургії (металургійні комбінати «ММК ім. Ілліча» та «МК Азовсталь»). За результатами спектрального аналізу середній вміст Pb у пилових випадіннях відібраних поблизу металургійних комбінатів перевищує фонові значення у 27 разів, Zn — 11, Ni — 6, Cu — 5. Внаслідок повітряного перенесення, викиди комбінатів чорної металургії поширюються на значні відстані і відкладаються у ґрунтах, рослинах, воді, донних відкладах та інших компонентах довкілля, значно забруднюючи та змінюючи їх властивості.

2. Ґрунти й відклади м. Маріуполь зазнають постійного значного техногенного навантаження на їх профілі, що підтверджується даними мікроморфологічного, мінералогічного і фізико-хімічних аналізів.

Проведені мікроморфологічні дослідження дозволили виявити на території м. Маріуполь такі природні ґрунти з ознаками урбопедогенезу, які формувалися при поєднанні біогенно-аккумулятивних (гумусоутворення, гумусонакопичення, дерновий процес) і гідрогенно-аккумулятивних (карбонатизація, загіпсування) ЕГП: чорноземи звичайні, чорноземи звичайні приазовські, чорноземи звичайні солонцюваті приазовські, дернові та чорноземоподібні карбонатні ґрунтові відклади. Внаслідок значної забрудненості ґрунтів міста, у першу чергу викидами металургійних комбінатів у ґрунтах слабо проявляються типові для чорноземів морфологічні і мікроморфологічні ознаки: наявність кротовин, складних мікроагрегатів, пор та ін. Верхні генетичні горизонти ґрунтів (0—0,20 м) деформовані твердими викидами промислових об'єктів, характеризуються погіршеним гумусовим і агрегатним складом. Під мікроскопом переважно у верхніх генетичних горизонтах (0,0—0,30 і 0,0—0,60 м) ґрунтів відзначається значна кількість

часточок шлаків, вугілля, скла та ін. Серед досліджених профілів найбільший вміст поллютантів відзначається у ґрунтах розчистки № 3 (дуже велика кількість часточок техногенного генезису міститься у Нр горизонті), шурфів № 9 (рівномірно забруднений по всьому профілю) і № 10 (Нк горизонт є найбільш забрудненим із всіх досліджених).

Дослідження мінералогічного складу техногенно-забруднених ґрунтів показало, що вплив підприємств чорної металургії призводить до його зміни. Встановлено, що не тільки глинисті, але і первинні мінерали урбанізованих ґрунтів піддаються впливу техногенних факторів. До них відносяться процеси вивітрювання, міграції мінералів по профілю ґрунтів, втрати і новоутворення смектиту та ін. Особливістю сучасних урбанізованих ґрунтів є значний вміст залізовмісних мінералів — гетиту, гематиту, магнетиту, франклініту, які надходять у ґрунти в основному у складі викидів підприємств чорної металургії.

Забрудненість ґрунтів ВМ та іншими поллютантами призводить до змін їх фізико-хімічних властивостей (рН, катіонно-обмінна ємкість), які відрізняються від властивостей чорноземів звичайних фонові ділянки (с. Мелекіне). Зменшується вміст органічної речовини у 1,4 рази, порушується природна рівновага рН поверхневого шару ґрунтів, зменшується лужність, на порядок зменшується вміст обмінних катіонів (H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), а також ємність катіонного обміну ґрунтів. У результаті цих процесів ґрунти характеризуються дуже низькою буферною здатністю, наприклад, на фоновій ділянці коефіцієнт буферності досягає 50, а на території м. Маріуполь у зоні впливу підприємств чорної металургії зменшується більше чим у 10 разів.

Результати повного хімічного аналізу міських ґрунтів показали, що у них значно підвищений вміст оксидів заліза (у 2,6 рази) та кальцію (2,7) порівняно з фоновією ділянкою, що пояснюється тим, що викиди підприємств чорної металургії у значних кількостях містять Fe і Ca.

У міських ґрунтах (урбаноземи, урботехноземи і природні ґрунти з ознаками урбопедогенезу) в основному під впливом підприємств чорної металургії значно підвищується валовий вміст ВМ у порівнянні з умовно чистими ґрунтами (чорноземи звичайні

— с. Мелекіне). Наприклад, вміст Zn зростає у 6—7 разів, Pb — 10—40, Cu — 10—15, Cr, Mg — 4—5.

Встановлено, що сучасні урбанізовані ґрунти у зонах впливу підприємств чорної металургії характеризуються такою техногенною геохімічною асоціацією ВМ: $Pb > Cu > Zn > Cr > Mn$.

Особливістю міських ґрунтів є високі частки техногенності ВМ. Висока техногенність встановлена для Zn — 99 %, Cu — 75 %; середня — Cr — 70 %, Ni — 69 %, Mo — 67 %, Sn — 67 %, Mn — 60 %, це найбільш техногенні хімічні елементи у ґрунтах, що перебувають під впливом металургійних комбінатів. Для порівняння була розрахована техногенність ВМ на фоновій ділянці біля с. Мелекіне, у межах якої всі приведені елементи мають низьку, недостовірну техногенність.

На основі визначення сумарного показника забруднення встановлено, що для ґрунтів м. Маріуполь (горизонт 0—5 см) він становить 3—581 при середньому значенні 38. Виділено дві геохімічні аномалії, що відносяться до дуже високого (надзвичайно небезпечного) рівня забруднення ($Z_C > 128$). Перша аномалія розташована у центральній густонаселеній частині міста, друга — в північно-західній частині. Майже половина ґрунтів м. Маріуполь характеризується високим (небезпечним) рівнем забруднення ($Z_C > 32$). Техногенні геохімічні аномалії вмісту ВМ у ґрунтах знаходяться не лише в санітарно-захисних зонах підприємств чорної металургії, але і у селітебно-транспортній і житловій. За сумарним показником забруднення найбільш чистою є південно-східна частина міста, що відповідає кліматичній розі вітрів.

Сумарний показник забруднення ґрунтів і відкладів (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь становить 3—591 при середньому значенні 43. За сумарним показником забруднення горизонт ґрунтів і відкладів 5—10 см є більш забрудненим ВМ по відношенню до горизонту 0—5 см. Для горизонту ґрунтів і відкладів 5—10 см виділено чотири геохімічні аномалії, що відносяться до дуже високого (надзвичайно небезпечного) рівня забруднення ($Z_C > 128$). Дві з них розташовані у центральній частині міста (північна частина комбінату «МК Азовсталь»), інші дві у західній. Приблизно дві треті частини території м. Маріуполь характеризується високим (небезпечним) рівнем забруднення ($Z_C > 32$).

При утворенні техногенних геохімічних аномалій у ґрунтах зон впливу підприємств чорної мета-

лургії 50—90 % ВМ концентрується у поверхневих горизонтах ґрунтів і відкладів (0—10 см) за рахунок комплексного сорбційного бар'єру.

Забруднення ґрунтів внаслідок роботи металургійних комбінатів «ММК ім. Ілліча» та «МК Азовсталь» призвело до порушення природного співвідношення форм знаходження ВМ.

Основними агентами утримування ВМ у ґрунтах техногенно-забруднених територій як у міцно, так і у неміцно зв'язаному стані виступають оксиди заліза, алюмінію, мангану (38—42 % від загального вмісту) та органічні речовини (13—16 і% відповідно). У природних чорноземних ґрунтах домінують важкорозчинні форми (87—94,5 % від загального вмісту) тоді як для забруднених ґрунтів ця величина в 3—4 рази менша.

Вміст іонообмінних форм ВМ у ґрунтах м. Маріуполь зменшується в ряду (%) Zn (18,5) > Pb (10,6) > Ni (5,2) > Cu (3,4) > Cr (1,4); резервних — Pb (57) > Cu (45,3) > Zn (31,6) > Ni (23,2) > Cr (19,1); фіксованих: Cr (79,4) > Ni (71,6) > Cu (51,3) > Zn (40,7) > Pb (32,4). На фоновій ділянці ВМ розподіляються наступним чином: у іонообмінній формі — Pb (6,3) > Zn (4) > Ni (1) > Cr (0,8) > Cu (0,7); резервній — Pb (31,3) > Ni (30) > Cu (21,5) > Cr (16,7) > Zn (16,4); фіксованій — Cr (83,3) > Zn (79,6) > Cu (77,8) > Ni (69) > Pb (62,5). Внаслідок забруднення ґрунтів ВМ збільшується частка рухомих форм (Zn у 5—6 разів, Ni — 4—6, Cu — 3—5, Pb і Cr — 2).

3. Техногенне надходження ВМ у навколишнє середовище м. Маріуполь негативно впливає не тільки на ґрунти, але і на *рослини*, які по різному адаптуються до екстремальних еколого-геохімічних умов довкілля і володіють різною граничною чутливістю до ВМ.

Сучасний еколого-геохімічний стан рослинного покриву (трав'яниста та деревна рослинність) на території м. Маріуполь значно відрізняється від фонових аналогів. Відмічено, що найбільший вміст ВМ у золі рослин характерний для територій зон впливу підприємств чорної металургії, що у 2—3 рази вище у порівнянні з фоновими значеннями.

Аналіз рослинного матеріалу дає менш чітку картину у порівнянні з ґрунтами просторового розподілу забруднення у силу здатності біологічних систем до вибіркості і перерозподілу ВМ. Наприклад, пирій повзучий найбільш інтенсивно поглинає Mo і Cu (хімічні елементи сильного біологічного

накопичення), менш інтенсивно Ni, Co, найменше — Cr і V. Коефіцієнт біогеохімічної активності виду, що характеризує інтенсивність поглинання хімічних елементів рослинами становить 10,4. Зольність становить 13,5—14,5 %, що є підвищеним значенням у порівнянні із зольністю трав'янистої рослинності Українського Полісся.

Деревна рослинність (акація біла, клен гостролистий, ялина європейська, каштан їстівний, береза бородавчата, липа європейська) найбільш активно з ґрунту поглинає Mo, Ni, Co (хімічні елементи сильного біологічного накопичення), менш інтенсивно Cu, Sn, найменш інтенсивно — V і Cr. Найбільший коефіцієнт біогеохімічної активності із досліджених видів дерев мають акація біла і каштан їстівний, найменший — ялина європейська.

4. Збільшення вмісту ВМ у ґрунтах зон впливу підприємств чорної металургії та зміна їх фізико-хімічних властивостей (рН, ємність катіонного обміну та ін.) призводить до порушення видового складу ґрунтової мікобіоти. Наявність патогенних мікроорганізмів у ґрунтах зон впливу підприємств чорної металургії, не характерних для фонових ділянок (*Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*), є еколого-геохімічним критерієм індикації забруднення ґрунтів.

Дослідження видового різноманіття мікобіоти урбанізованих ґрунтів м. Маріуполь дозволило зробити висновок, що для ґрунтів зон впливу комбінатів чорної металургії характерні не типові для фонових ділянок мікроорганізми: *Mucor plumbeus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*. Важливим фактором є те, що *Aspergillus niger* є меланінвмісний гриб, резистентний до забруднення, а *Aspergillus flavus* і *Aspergillus fumigatus* відносяться до III група патогенності, здатні продукувати мікотоксини викликати різні захворювання людини і тварин (бронхопневмонію, легеневі інфекції, мікотичні синусити, ендокардити, аспергіломи, кератити, оніхомікози, різного роду алергії).

5. Велика кількість ВМ депонуються донними відкладами, які можна розглядати як індикатор забруднення навколишнього природного середовища, а також якості води. Валовий вміст ВМ у донних відкладах річки Кальміус і Азовського моря перевищує фонові концентрації. Наприклад, для Pb у 20 разів для морських і в 3—6 — річкових відкладів; Zn — 8—10 і 28 відповідно.

Для морських донних відкладів із сумарним показником забруднення 79 виділено асоціацію ВМ: Pb > Co > Mo > Zn ≥ V. Для річкових (Z_C = 100) донних відкладів характерна така асоціація ВМ: Zn > Mo > Sn > Cu ≥ Cr. За геохімічними показниками було встановлено, що морські донні відклади характеризуються сильним рівнем забруднення, а річкові — дуже сильним.

Розподіл (частка) форм знаходження ВМ у донних відкладах зон впливу металургійних комбінатів наступний у: іонообмінній формі зменшується в ряду (%): річкові відклади — Zn (11,4) > Pb (7) > Ni (4) > Cr (1,8) > Cu (0,9); морські відклади — Zn (13,7) > Pb (5,7) > Ni (4,4) > Cr (3) > Cu (1,2); резервній: річкові — Pb (61) > Cu (53) > Zn (27,5) > Ni (20) > Cr (10,3); морські — Cr (57,6) > Pb (44,3) > Cu (41,7) > Zn (33,3) > Ni (21,5); фіксованій: річкові — Cr (87,9) > Ni (76) > Zn (61) > Cu (47,7) > Pb (31,7); морські — Ni (74) > Cu (57) > Zn (52,9) > Pb (50) > Cr (39,4).

6. Результати досліджень показують, що довгострокова діяльність підприємств чорної металургії («ММК ім. Ілліча», «МК Азовсталь») та інших об'єктів забруднення м. Маріуполь призвела до накопичення ВМ у таких біокосних систем як ґрунти, рослинність, донні відклади та інших компонентах довкілля. Внаслідок чого відбувається зміна наступних показників оцінки стану навколишнього середовища: речовинних (хімічний і мінеральний склад), фізико-хімічних (кислотно-основні, окисно-відновні, буферні властивості), геохімічних (коефіцієнти концентрації, сумарний показник забруднення, техногенність хімічних елементів, співвідношення їх форм знаходження) та еколого-біологічних (видове різноманіття ґрунтової мікобіоти, коефіцієнти біологічного поглинання хімічних елементів рослинністю, їх біогеохімічна активність).

Для зменшення вмісту ВМ у ґрунтах та інших компонентах довкілля м. Маріуполь потрібні у першу чергу: 1) правильна екологічна політика, 2) вибір пріоритетів в області покращення навколишнього середовища, 3) проведення моніторингу довкілля і 4) визначення відповідних напрямків боротьби із забрудненням.

1) *Правильна екологічна політика* передбачає: удосконалення системи управління та нормативно-правового регулювання у сфері охорони довкілля та екологічної безпеки (нормативні акти, закони, проекти); державний контроль за дотриманням вимог

природоохоронного законодавства; виконання державних цільових екологічних програм; моніторинг навколишнього природного середовища; державну екологічну експертизу; економічні механізми природоохоронної діяльності; стандартизацію, метрологію у сфері охорони довкілля і природокористування (стандарти); дозвільну діяльність у сфері природокористування; екологічний аудит та екологічне страхування; державну екологічну експертизу проектної документації; наукові дослідження у галузі охорони довкілля; екологічну освіту та інформування; участь суспільства у процесі прийняття рішень з питань, що стосуються довкілля (діяльність громадських екологічних організацій та ін.) і міжнародне співробітництво.

2) *Правильний вибір пріоритетів в області покращення навколишнього середовища* м. Маріуполь, зокрема атмосферного повітря, водних і земельних ресурсів, поводження з побутовими і промисловими відходами, збереження біорізноманіття і розвитку системи моніторингу.

3) *Проведення моніторингу довкілля*: атмосферного повітря, водних, земельних і біологічних ресурсів, поводження з відходами, небезпечних геологічних процесів. Особливу увагу потрібно звернути на ґрунтово-геохімічний моніторинг, що передбачає: контроль за вмістом у ґрунтах хімічних елементів і показниками (речовинні, фізико-хімічні, еколого-геохімічні і еколого-біологічні) їх еколого-геохімічного стану; встановлення залежності розподілу хімічних елементів у ґрунтах від ґрунтоутворюючих порід, фізико-хімічних особливостей ґрунтів, ландшафтно-кліматичних умов, техногенної дії.

4) *Напрямки боротьби із забрудненням ВМ ґрунтів*:

— запобігання надходження поллютантів у ґрунти та відклади: скорочення небезпечних викидів, перехід на новітні технології виробництва, використання якісного вугілля на підприємствах чорної металургії, встановлення ефективної системи фільтрів, обмеження використання «брудних» осадів стічних вод, органічних і мінеральних добрив, хімічних меліорантів тощо;

— боротьба з уже існуючим забрудненням; для оптимізації екологічного стану сучасних ґрунтів ми рекомендуємо проведення теоретичного обґрунтування та практичної апробації таких заходів: вапнування, внесення органічних добрив, використання природних та інших сорбентів, глинування, застосування мінеральних добрив, біоремедіація, фіторемердіація (фітомеліорація), промивання ґрунтів, видалення забруднюючого шару і т. д. Найбільш ефективним засобом боротьби із забрудненням ґрунтів та інших компонентів навколишнього м. Маріуполь і прилеглих територій ВМ є фіторемердіація у поєднанні з внесенням ефекторів фітоекстракції та регуляторів росту рослин. Загалом біологічні методи ремедіації забруднених ґрунтів є одним із ефективних інструментів природоохоронних технологій.

Виконані дослідження можуть бути використані як для прогнозування екологічної обстановки на локальному та регіональному рівнях, так і для вирішення різних прикладних задач — архітектурно-планувальних, рекреаційних та ін.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця 50

Зразки відібрані на мікроморфологічний і мінералогічний аналізи із сучасних ґрунтів і відкладів у шурфах (Ш.) і розчистці (Р) м. Маріуполь

№ зразка	Ш., Р.	Глибина відбору зразка, м
1.12	Ш. 1	0,0—0,10
2.12		0,10—0,20
3.12		0,30—0,40
4.12		0,50—0,60
5.12		0,70—0,80
6.12		0,90—1,0
7.12	Ш. 2	0,0—0,10
8.12		0,10—0,20
9.12		0,30—0,40
10.12		0,50—0,60
11.12	Р. 3	0,0—0,10
12.12		0,30—0,40
13.12		0,60—0,70
14.12		0,80—0,90
15.12		1,0—1,10
16.12	Ш. 4	0,0—0,10
17.12		0,10—0,20
18.12		0,30—0,40
19.12		0,50—0,60
20.12		0,80—0,90
21.12	Ш. 5	0,0—0,10
22.12		0,10—0,20
23.12		0,30—0,40
24.12		0,50—0,60
25.12		0,80—0,90
26.12	Ш. 6	0,0—0,10
27.12		0,10—0,20
28.12		0,30—0,40
29.12		0,50—0,60
30.12	Ш. 8	0,0—0,10
31.12		0,10—0,20
32.12		0,20—0,30
33.12		0,30—0,40
34.12		0,0—0,10
35.12	Ш. 9	0,10—0,20
36.12		0,20—0,30
37.12		0,40—0,50
38.12		0,60—0,70
39.12		0,80—0,90
40.12		0,90—1,0
41.12	Ш. 10	0,10—0,20
42.12		0,20—0,30
43.12		0,40—0,50
44.12		0,50—0,60
45.12		0,70—0,80
46.12		0,80—0,90
47.12	Ш. 12	0,0—0,10
48.12		0,10—0,20

ДОДАТКИ

Додаток 2

Таблиця 51

Результати спектрального аналізу зразків сучасних ґрунтів і відкладів у шурфах (Ш.) № 1, 2, 4—12 і розчистці (Р.) № 3 закладених у межах м. Маріуполь

№ зразка і глибина його відбору, м		Ш., Р.	Вміст хімічних елементів, мг/кг																												
			Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Mo	Zr	Hf	Nb	Cu	Pb	Ag	Sb	Bi	Zn	Cd	Sn	Ge	Ga	Be	Sc	Ce	La	Y	Yb	P	Ba	Li
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1.12	0,10—0,20	Ш. 1	1000	80	20	5000	200	100	—	1000	—	10	500	100	1	—	2	100	—	6	—	20	2	20	100	50	50	5	1000	400	30
2.12	0,30—0,40		1000	200	20	6000	150	200	—	1000	—	10	80	100	1	—	2	—	—	6	—	20	2	30	100	50	50	5	1000	500	50
3.12	0,50—0,60		800	200	20	5000	150	200	—	800	—	10	400	80	1	—	2	—	—	6	—	20	2	20	100	50	50	5	1000	400	40
4.12	0,70—0,80		600	200	20	6000	250	250	—	1000	—	10	50	100	1	—	2	—	—	5	—	20	1	30	100	50	50	5	1000	500	50
5.12	0,90—1,0		1000	200	30	10000	300	300	2	1500	60	15	10000	200	5	—	2	—	—	6	—	25	2	40	200	100	60	6	800	600	50
6.12	0,10—0,20	Ш. 2	600	80	20	5000	250	100	3	1000	—	10	40	50	1	—	2	—	—	4	—	10	2	20	100	80	50	5	800	400	40
7.12	0,30—0,40		1000	80	20	4500	150	80	3	1000	—	8	50	80	1	—	2	—	—	4	—	20	2	20	100	80	50	5	800	300	30
8.12	0,50—0,60		800	200	20	6000	150	150	6	1000	—	6	100	100	1	—	2	—	—	4	—	20	1	30	150	100	50	5	1000	800	40
9.12	0,10—0,20	Р. 3	1000	80	20	4500	150	80	6	800	—	8	50	80	1	—	2	—	—	6	—	20	1	20	100	80	50	5	800	400	40
10.12	0,30—0,40		1000	150	20	6000	200	250	6	1500	60	20	60	100	1	—	2	—	—	5	—	20	2	30	150	100	50	5	1000	600	40
11.12	0,60—0,70		1500	200	20	6000	200	250	2	800	—	10	80	80	1	—	2	—	—	5	—	25	2	30	200	80	50	5	1000	400	30
12.12	0,80—0,90		1500	200	20	8000	200	300	2	1500	80	20	100	150	1	—	2	60	—	5	—	20	1	50	100	80	60	6	1000	600	30
13.12	1,0—1,10		1000	200	20	5000	200	200	2	1000	—	10	80	80	1	—	2	—	—	5	—	20	1	20	100	60	50	5	800	400	40
14.12	0,10—0,20	Ш. 4	1500	200	20	5000	200	150	2	600	—	10	60	60	1	—	1	—	—	6	—	20	2	30	100	80	50	5	1000	400	40
15.12	0,30—0,40		800	80	10	4000	200	50	2	500	—	10	50	50	1	—	1	—	—	4	—	10	1	10	100	60	40	4	600	400	30
16.12	0,50—0,60		1000	100	10	5000	200	200	1	800	—	5	30	200	1	—	2	—	—	3	—	10	2	40	100	60	60	6	600	2000	30
17.12	0,80—0,90		800	60	10	4000	150	100	1	600	—	3	10	60	1	—	1	—	—	2	—	8	2	20	100	50	50	5	500	600	40
18.12	0,10—0,20	Ш. 5	1000	150	10	4500	200	150	1	1000	—	10	40	150	1	—	1	50	—	3	—	10	2	30	100	60	50	5	600	600	30
19.12	0,30—0,40		1000	200	20	6000	300	150	1	1500	30	10	60	100	1	—	2	50	—	3	—	8	2	40	100	50	60	6	800	600	30
20.12	0,50—0,60		600	100	10	4500	100	100	1	600	—	8	30	40	1	—	2	—	—	3	—	8	2	20	100	60	50	4	600	600	20
21.12	0,80—0,90		600	80	10	4500	100	100	—	600	—	5	50	100	1	—	2	50	—	2	—	8	1	30	100	60	50	5	600	600	30
22.12	0,10—0,20	Ш. 6	1000	100	10	4000	100	100	—	450	—	6	40	100	1	—	2	—	—	4	—	10	2	20	100	50	50	4	600	400	30
23.12	0,30—0,40		2000	100	10	6000	200	150	1	1000	—	10	60	100	1	—	2	—	—	4	—	10	2	30	100	60	50	6	1000	500	20
24.12	0,50—0,60		2500	100	20	5000	150	200	—	400	—	8	80	80	1	—	2	—	—	4	—	10	2	30	100	60	50	5	800	500	40

Додатки

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
25.12	0,0—0,10	III. 7	1500	100	8	4000	100	400	2	400	—	8	60	100	1	—	2	—	—	4	—	10	2	20	100	80	50	5	600	500	40
26.12	0,10—0,20		500	10	—	800	30	20	—	50	—	3	40	200	1	—	2	2000	—	10	10	8	1	—	100	40	20	3	600	—	—
27.12	0,20—0,30		600	200	6	6000	300	400	3	1000	—	6	50	30	1	—	2	—	—	2	—	8	3	30	150	100	60	5	600	500	30
28.12	0,40—0,50		800	80	6	2000	80	300	3	300	—	3	50	80	1	—	2	—	—	4	—	10	1	20	100	80	50	5	600	600	40
29.12	0,60—0,70		600	80	6	3000	100	300	3	400	—	5	40	50	1	—	2	—	—	3	—	8	1	20	100	60	50	5	600	500	40
30.12	0,0—0,02	III. 8	800	80	5	2000	150	200	3	400	—	4	40	60	1	—	2	—	—	3	—	8	3	10	100	80	40	5	600	400	30
31.12	0,10—0,20		800	200	20	8000	400	200	—	1500	—	10	250	100	1	—	2	—	—	3	—	10	4	40	100	80	80	8	1000	500	40
32.12	0,20—0,30		1000	150	20	6000	300	150	1	800	—	6	50	100	1	—	2	—	—	4	—	10	3	30	100	80	60	6	600	800	40
33.12	0,30—0,40		800	100	10	4000	150	100	1	400	—	6	50	60	1	—	2	—	—	3	—	10	2	20	100	50	40	4	600	500	40
34.12	0,10—0,20	III. 9	1000	80	10	5000	100	300	1	800	—	10	50	100	1	—	2	—	—	4	—	8	2	20	300	150	60	5	800	500	30
35.12	0,20—0,30		500	60	8	3000	80	100	2	350	—	5	300	100	1	—	2	200	—	3	—	8	2	10	200	80	40	4	600	500	40
36.12	0,40—0,50		800	100	10	5000	100	100	2	800	—	15	80	80	1	—	2	—	—	3	—	8	2	20	100	80	60	5	800	500	40
37.12	0,60—0,70		600	80	10	5000	100	150	2	1000	—	10	50	80	1	—	2	60	—	3	—	8	2	30	100	80	50	5	1000	500	40
38.12	0,80—0,90		500	50	6	4000	100	100	2	400	—	6	40	60	1	—	2	—	—	3	—	10	1	20	100	60	40	5	500	400	30
39.12	0,90—1,0		600	80	8	4500	100	250	2	1000	—	6	40	80	1	—	2	—	—	3	—	10	1	30	100	50	50	6	800	500	40
40.12	0,10—0,20	III. 10	800	100	10	2500	80	100	2	350	—	5	80	100	1	—	2	—	—	5	—	8	2	20	100	50	40	4	800	400	40
41.12	0,20—0,30		1000	100	20	3000	100	150	2	450	—	6	60	100	1	—	2	—	—	5	—	10	2	30	100	60	50	5	800	500	40
42.12	0,40—0,50		1000	100	10	5000	100	100	2	1000	—	20	400	80	1	—	1	—	—	3	—	10	2	30	100	100	50	5	800	500	40
43.12	0,50—0,60		800	100	10	5000	100	150	4	1500	50	20	50	80	1	—	1	—	—	2	—	8	3	40	100	100	50	6	800	400	30
44.12	0,70—0,80		600	80	10	5000	100	100	3	1000	—	10	40	50	1	—	1	—	—	2	—	8	2	30	100	100	50	6	800	400	30
45.12	0,80—0,90		600	100	10	3000	100	150	2	400	—	6	300	80	1	—	2	—	—	4	—	10	1	20	100	80	40	4	1000	400	40
46.12	0,05—0,15	III. 11	600	80	8	3000	80	100	2	600	—	5	80	80	1	—	1	—	—	4	—	10	1	10	100	60	50	4	800	500	40
47.12	0,25—0,35		600	200	20	6000	300	400	3	800	—	10	100	80	1	—	2	—	—	3	—	10	3	40	100	60	80	8	800	800	40
48.12	0,0—0,02	III. 12	500	60	5	1000	80	80	3	300	—	6	50	100	1	—	2	—	—	4	—	10	1	8	100	60	40	4	600	500	30
49.12	0,0—0,10		500	80	10	1000	60	50	—	300	—	8	80	60	1	—	1	—	—	4	—	10	1	8	200	50	30	4	800	400	30
50.12	0,10—0,20		400	60	6	1500	80	30	—	300	—	20	40	50	1	—	2	60	—	3	—	6	1	6	200	50	30	3	600	300	30

Результати спектрального аналізу зразків відібраних із сучасних ґрунтів і відкладів на території м. Маріуполь

№ зразка	Горизонт, см	Вміст хімічних елементів, мг/кг																												
		Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Mo	Zr	Hf	Nb	Cu	Pb	Ag	Sb	Bi	Zn	Cd	Sn	Ge	Ga	Be	Sc	Ce	La	Y	Yb	P	Ba	Li
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1a	0—5	1000	100	10	5000	200	150	2	800	50	20	80	100	1	—	3	50	—	6	—	10	2	30	200	100	60	6	1000	800	50
1б	5—10	800	80	8	4000	150	150	2	600	—	10	80	250	1	—	1	50	—	6	—	10	2	10	100	50	50	5	1000	800	50
2a	0—5	800	80	8	4000	100	100	2	800	50	10	60	100	1	—	1	—	—	5	—	10	1	20	100	60	50	5	800	600	50
2б	5—10	800	100	10	5000	100	200	2	100	100	20	80	50	1	—	2	—	—	6	—	10	2	20	100	60	60	6	100	600	50
3a	0—5	3000	60	6	10000	80	150	2	800	60	40	100	100	2	—	2	200	—	6	2	15	1	50	100	80	60	6	2000	4000	20
3б	5—10	2000	100	20	10000	200	150	2	5000	200	30	100	100	3	—	2	50	—	5	2	15	3	60	100	80	80	10	2000	2000	20
4a	0—5	800	100	10	4000	200	200	2	500	—	20	80	50	1	—	2	—	—	6	—	10	2	20	100	60	50	6	800	500	30
4б	5—10	2000	100	20	5000	200	300	2	800	60	10	100	100	2	—	2	30	—	5	—	10	3	50	100	80	60	6	2000	600	50
5a	0—5	2000	80	5	4000	150	200	—	100	—	10	100	500	3	—	1	800	—	10	4	10	1	10	100	60	50	5	2000	200	20
5б	5—10	3500	60	4	4000	150	100	—	300	—	10	80	400	3	—	1	300	—	8	3	10	1	8	100	50	40	5	1000	200	20
6a	0—5	800	60	6	4000	200	200	2	400	—	10	100	80	1	—	10	500	—	8	—	8	1	10	200	80	40	5	3000	400	30
6б	5—10	1000	200	10	5000	200	300	2	800	50	20	200	100	1	—	5	300	—	6	—	10	1	30	200	80	50	6	2000	800	50
7a	0—5	800	80	10	4000	200	200	2	500	—	10	100	100	1	—	5	500	—	5	—	8	1	10	200	80	50	6	1000	400	40
7б	5—10	800	100	10	5000	200	300	2	800	50	20	100	100	1	—	4	300	—	6	—	10	2	30	200	80	60	6	800	400	40
8a	0—5	800	80	10	4000	150	250	2	500	—	20	80	80	1	—	3	60	—	5	—	10	1	20	200	60	50	6	800	600	50
8б	5—10	800	80	10	4500	200	200	3	800	50	20	300	100	1	—	4	60	—	6	—	10	1	30	300	200	60	6	600	600	50
9a	0—5	600	80	10	400	80	100	3	800	60	20	100	300	1	—	3	80	—	5	—	10	1	10	200	100	40	50	1000	1000	30
9б	5—10	800	100	10	4500	100	400	5	100	100	30	100	150	1	—	4	80	—	8	—	10	1	20	200	100	50	6	2000	1000	40
10a	0—5	800	100	10	5000	300	250	2	800	80	30	100	60	1	—	5	—	—	6	—	10	1	30	200	100	60	8	1000	400	30
10б	5—10	800	100	10	4500	200	200	2	1000	100	20	300	60	1	—	5	—	—	3	—	10	1	20	200	80	50	6	1000	400	40
11a	0—5	600	100	20	4500	300	350	1	600	—	20	2000	80	1	—	5	4000	—	5	—	15	2	20	300	200	60	6	800	500	60
11б	5—10	500	60	8	3500	100	60	1	500	—	10	50	20	1	—	4	—	—	2	—	4	1	10	100	40	40	4	500	300	40
12a	0—5	2000	50	6	3000	100	250	1	600	—	10	80	40	1	—	5	50	—	5	—	4	1	10	100	30	40	4	1000	400	40
12б	5—10	1500	100	20	5000	150	200	3	800	60	20	300	100	1	—	4	50	—	5	—	15	1	20	100	60	60	6	800	500	50
13a	0—5	1000	80	10	5000	250	150	4	800	60	20	100	40	1	—	4	30	—	3	2	10	1	20	100	60	50	5	800	400	50
13б	5—10	1500	150	20	8000	300	200	2	2000	100	30	100	100	1	—	4	60	—	5	2	15	2	40	100	60	80	8	1000	500	50
14a	0—5	3500	80	6	4000	150	200	3	500	—	10	100	80	1	—	3	200	—	3	—	6	1	80	100	40	50	5	3000	400	30
14б	5—10	1000	80	8	3500	80	60	2	600	—	6	200	100	1	—	4	200	—	6	—	8	1	20	100	80	60	6	1000	500	30
15a	0—5	1000	100	8	4500	150	200	3	800	60	10	100	80	1	—	4	200	—	5	—	10	1	10	200	80	60	5	2000	400	30

Додатки

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
15б	5—10	800	80	10	4000	80	60	3	800	50	8	200	100	1	—	4	50	—	4	—	8	1	20	300	200	50	5	1000	400	30
16a	0—5	1500	100	10	3000	200	250	—	1000	100	10	1000	80	2	—	4	800	—	5	2	15	1	30	100	60	60	6	1000	60	80
16б	5—10	800	100	10	5000	200	150	—	800	60	10	100	80	2	—	4	—	—	5	—	8	1	20	100	60	60	6	800	400	50
17a	0—5	1500	80	8	5000	200	200	1	1000	100	10	80	80	1	—	3	—	—	5	—	8	1	20	100	50	50	5	800	400	50
17б	5—10	1000	150	20	5000	200	250	1	800	60	10	1000	100	1	—	3	800	—	6	—	10	1	20	100	60	60	6	1000	600	40
18a	0—5	1000	60	8	4000	200	80	3	1500	80	10	80	60	1	—	4	—	—	5	—	6	1	8	100	60	40	4	800	300	30
18б	5—10	2000	200	20	8000	300	250	2	1000	60	30	300	80	1	—	4	—	—	6	—	20	2	30	200	80	60	6	1500	800	60
19a	0—5	3000	30	4	4500	80	400	2	500	—	10	100	60	1	—	2	400	—	5	—	6	1	10	100	50	40	4	1000	600	30
19б	5—10	800	200	20	6000	100	250	2	1000	80	20	100	100	1	—	2	100	—	5	—	15	1	30	150	50	50	5	1000	500	40
20a	0-5	2000	100	20	4000	250	250	3	600	—	10	250	80	1	—	3	50	—	5	—	10	1	20	100	60	60	5	800	500	40
20б	5-10	3000	150	10	400	300	600	2	800	—	10	300	150	1	—	3	100	—	8	—	10	1	20	100	50	50	5	1000	600	30
21a	0-5	1000	100	10	4500	150	300	2	600	—	10	200	150	1	—	3	200	—	10	—	10	1	20	100	60	50	5	800	600	50
21б	5—10	800	80	10	4000	80	250	2	500	—	8	100	80	1	—	3	80	—	5	—	20	1	20	200	80	60	5	800	500	50
22a	0—5	1000	200	20	8000	200	300	2	2000	80	10	100	80	1	—	3	60	—	6	2	10	1	30	200	80	60	6	800	500	30
22б	5—10	800	80	10	6000	200	100	2	800	—	10	800	50	1	—	3	300	—	10	—	10	1	20	100	60	50	4	500	500	40
23a	0—5	1000	80	10	500	150	150	2	800	—	10	200	200	1	—	2	200	—	6	—	10	1	8	100	60	40	5	800	400	40
23б	5—10	1000	100	10	6000	200	250	3	1000	60	10	300	80	1	—	3	100	—	5	2	10	2	20	100	50	60	6	1000	500	50
24a	0—5	2000	100	10	6000	200	300	1	1000	60	10	800	100	1	—	3	1000	—	8	—	10	1	20	100	60	60	5	800	500	30
24б	5—10	1500	200	20	8000	250	250	1	1000	60	10	100	100	1	—	3	100	—	8	—	10	2	30	100	80	60	6	1000	800	50
25a	0—5	1000	100	20	4000	250	300	3	1000	—	20	100	80	1	—	2	80	—	6	—	20	2	20	200	80	50	6	2000	600	40
25б	5—10	1000	100	20	6000	300	300	2	1000	—	20	200	80	1	—	2	80	—	6	—	20	2	50	200	80	80	8	2000	800	50
26a	0—5	1000	60	8	250	100	200	2	500	—	10	60	300	1	—	2	80	—	6	—	10	1	10	100	50	30	4	2000	500	30
26б	5—10	1000	150	20	3500	200	200	2	800	—	50	150	300	1	—	2	80	—	6	—	30	1	20	100	50	40	5	2000	1000	40
27a	0—5	10000	100	10	4500	200	500	2	600	—	10	150	300	2	—	2	800	—	6	—	20	2	30	200	60	40	5	2000	1000	40
27б	5—10	3000	80	10	1000	100	200	3	500	—	6	80	300	1	—	2	500	—	5	—	20	1	20	200	80	40	4	1000	1500	40
28a	0—5	1000	100	20	2500	200	200	3	600	—	20	300	50	1	—	2	—	—	6	—	10	2	20	200	80	40	4	1000	600	50
28б	5—10	1500	250	20	8000	300	300	3	2000	60	30	200	80	1	—	2	100	—	5	—	10	1	40	200	80	60	6	2000	600	50
29a	0—5	1000	150	20	5000	250	300	3	800	—	20	100	80	1	—	2	60	—	6	—	20	2	30	200	100	50	5	2000	600	50
29б	5—10	1500	200	20	8000	400	300	3	1000	60	30	100	80	1	—	2	80	—	6	—	20	2	30	200	100	50	5	2000	800	50
30a	0—5	2000	200	20	5000	300	250	3	1000	60	20	200	100	1	—	2	80	—	5	—	20	2	50	100	80	80	6	2000	800	50
30б	5—10	1000	100	10	8000	350	300	2	1000	60	10	2000	100	2	—	2	—	—	5	—	20	2	40	100	80	50	6	2000	600	50
31a	0—5	2000	100	10	5000	300	400	2	800	—	20	200	100	1	—	2	—	—	6	—	20	2	30	100	50	40	6	2000	600	50
31б	5—10	1000	100	10	4000	200	250	3	800	—	20	250	100	1	—	2	—	—	6	—	20	2	20	300	100	40	5	2000	400	40
32a	0—5	1000	100	20	4500	300	250	3	1000	60	20	200	150	1	—	2	—	—	5	—	20	1	30	100	60	50	5	2000	600	40

Додатки

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32б	5—10	1000	100	20	4000	300	200	3	1000	60	20	4000	100	2	—	2	—	—	6	—	20	1	20	100	60	50	5	2000	500	40
33a	0—5	1500	100	10	2500	200	100	3	500	—	10	200	300	1	—	2	150	—	8	—	20	1	20	200	100	50	5	3000	500	30
33б	5—10	1000	100	20	1000	200	200	3	200	—	10	200	200	1	—	2	300	—	8	—	20	1	8	—	20	40	4	3000	500	50
34a	0—5	3500	150	20	6000	400	400	2	800	—	20	200	100	1	—	2	—	—	5	—	20	2	40	—	—	60	6	800	800	50
34б	5—10	4000	150	30	10000	600	500	3	100	—	20	300	100	1	—	2	—	—	5	—	20	2	50	—	—	80	8	800	800	50
35a	0—5	3000	80	6	3000	100	200	3	500	—	10	100	200	1	—	2	300	—	5	—	8	1	20	—	—	40	4	800	400	30
35б	5—10	3000	100	8	4000	200	450	2	1000	—	10	2500	300	1	—	2	350	—	20	—	10	1	40	—	20	50	6	1000	800	40
36a	0—5	3000	80	8	4000	200	300	2	500	—	10	100	200	1	—	2	300	—	5	—	10	1	5	—	—	40	4	800	600	30
36б	5—10	2500	80	8	3000	200	200	—	800	—	6	1000	200	1	—	2	350	—	4	—	8	2	30	150	80	50	5	600	500	40
37a	0—5	3000	100	8	500	300	300	5	1000	—	10	100	200	1	—	2	300	—	5	—	8	2	20	100	60	50	5	1000	500	40
37б	5—10	3500	80	10	2500	150	300	3	400	—	6	80	200	1	—	2	200	—	5	—	8	1	10	100	50	40	4	1000	1000	40
38a	0—5	4000	150	20	8000	350	400	4	1000	—	10	400	200	1	—	2	200	—	4	—	10	1	40	100	80	50	6	2000	1000	30
38б	5—10	4000	100	20	5000	300	400	4	1000	—	15	80	200	1	—	2	200	—	3	—	10	1	40	100	80	50	5	1000	1000	40
39a	0—5	1000	60	6	3000	200	80	4	600	—	10	80	100	1	—	2	500	—	5	—	8	1	10	200	100	40	4	800	800	40
39б	5—10	3000	200	20	5000	300	350	4	1000	—	40	300	200	1	—	2	400	—	5	—	10	1	35	100	60	50	5	1000	2000	40
40a	0—5	1500	200	20	5000	300	400	6	1000	—	20	100	100	1	—	2	100	—	5	—	20	2	30	100	100	50	6	1000	800	80
40б	5—10	2000	100	20	5000	300	350	2	2000	60	20	80	60	1	—	2	100	—	5	—	10	2	40	100	40	50	5	1000	800	60
41a	0—5	500	50	4	3000	100	60	3	1000	60	10	60	80	1	—	2	—	—	5	—	10	2	40	100	50	60	6	1000	600	50
41б	5—10	1500	100	10	300	200	300	10	800	—	10	50	60	1	—	2	—	—	6	—	10	1	20	300	100	50	5	800	600	50
42a	0—5	1000	80	6	3000	200	200	2	800	—	8	50	60	1	—	2	—	—	5	—	8	2	10	—	20	30	4	600	400	30
42б	5—10	2500	150	20	4500	300	400	3	1000	60	30	200	200	1	—	2	300	—	6	—	20	2	30	100	40	50	5	800	800	50
43a	0—5	2500	100	10	4500	350	500	2	1000	—	20	200	80	1	—	2	200	—	6	—	10	3	50	100	50	40	5	800	800	50
43б	5—10	2000	80	8	4000	200	300	2	1000	—	10	80	50	1	—	2	200	—	4	—	10	1	40	100	60	50	4	600	600	40
44a	0—	3000	100	10	4000	300	450	2	600	—	10	200	300	1	—	3	400	—	20	—	10	1	50	100	50	50	5	800	500	30
44б	5—10	1000	100	10	6000	400	300	2	1500	80	10	800	80	1	—	3	300	—	6	—	10	1	50	100	60	50	5	800	500	30
45a	0—5	3000	60	8	3000	100	200	6	800	—	10	150	10000	1	—	4	300	—	10	—	5	1	10	400	200	40	4	1000	400	20
45б	5—10	3000	200	10	3000	100	450	4	600	—	10	200	10000	2	—	3	300	—	8	—	6	1	20	—	30	40	4	800	1000	40
46a	0—5	3000	200	10	5000	200	300	2	1000	—	10	100	60	1	—	3	500	—	4	—	20	1	40	100	60	50	5	800	800	40
46б	5—10	2000	80	10	3000	100	300	4	2000	60	8	80	80	1	—	2	—	—	5	—	8	1	40	400	150	40	5	600	600	50
47a	0—5	1500	80	8	2500	80	100	3	1000	—	6	250	50	1	—	3	3000	50	6	—	5	1	8	—	20	30	4	800	400	30
47б	5—10	1000	80	20	4000	200	300	3	2000	—	20	200	60	1	—	3	400	—	4	—	6	1	80	100	50	50	5	600	600	40
48a	0—5	1500	150	20	4000	300	300	5	2500	60	20	100	80	1	—	2	100	—	5	—	6	1	80	150	100	50	5	800	500	50
48б	5—10	3000	150	20	4000	200	400	2	1000	—	20	100	80	1	—	2	80	—	4	—	8	1	80	100	80	50	5	1000	800	50
49a	0—5	1000	100	8	3000	300	250	2	800	—	10	400	60	1	—	3	200	—	6	—	5	2	8	100	50	40	4	600	300	30
49б	5—10	1000	100	8	4500	350	200	6	1500	—	10	80	80	1	—	3	60	—	8	—	6	2	10	200	100	50	5	600	300	40

Додатки

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
50a	0—5	1500	200	20	6000	300	400	3	1500	80	20	100	100	1	—	3	100	—	8	—	10	2	20	100	100	40	5	800	600	50
50б	5—10	1000	200	20	4500	250	300	5	800	—	10	80	80	1	—	2	80	—	5	—	10	2	20	100	100	30	4	600	600	40
51a	0—5	1000	60	10	4000	100	150	3	800	—	8	100	100	1	—	3	300	—	8	—	5	1	6	—	30	30	3	1000	300	40
51б	5—10	1000	80	10	3000	150	100	3	400	—	6	60	100	1	—	3	200	—	8	—	6	1	5	—	30	30	3	1000	300	40
52a	0—5	1500	100	20	4500	300	300	2	1000	—	8	80	100	1	—	3	300	—	10	—	10	1	20	100	80	40	5	1000	400	50
52б	5—10	1000	100	10	4000	250	250	1	800	—	8	80	60	1	—	3	80	—	4	—	8	1	10	—	40	30	4	600	400	40
53a	0—5	1000	40	5	1000	100	80	—	400	—	6	50	60	1	—	3	200	—	5	—	3	1	3	—	—	20	3	3000	100	—
53б	5—10	1000	100	10	2000	150	400	—	500	—	15	80	100	1	—	2	200	—	5	—	20	1	10	—	40	40	5	2000	600	50
54a	0—5	1500	80	10	1000	100	300	1	600	—	8	2000	150	2	—	2	3000	60	6	—	20	1	6	—	40	30	4	1000	800	40
54б	5—10	5000	40	10	1500	60	150	1	400	—	8	80	100	1	—	2	200	—	5	—	10	1	4	100	50	30	3	800	1000	40
55a	0—5	2000	100	10	1000	200	450	1	500	—	20	100	80	1	—	3	200	—	8	—	6	1	5	100	80	30	4	1000	200	20
55б	5—10	3000	100	10	3000	250	300	1	1500	80	20	80	80	1	—	3	200	—	5	—	6	1	30	100	50	40	4	800	500	20
56a	0—5	3000	100	20	4000	300	300	1	1000	—	6	100	300	1	—	2	450	—	5	—	10	2	30	—	20	50	5	3000	800	30
56б	5—10	2000	60	8	2000	80	250	1	400	—	4	80	400	1	—	2	450	—	4	—	8	1	10	—	—	40	4	1000	800	30
57a	0—5	4000	100	10	3000	200	300	1	500	—	4	50	150	1	—	2	400	—	5	—	8	2	20	—	20	50	5	1500	800	30
57б	5—10	2000	80	8	2000	100	250	2	500	—	4	60	200	1	—	2	400	—	4	—	8	2	30	—	30	50	4	800	1000	30
58a	0—5	800	80	8	2000	200	150	1	500	—	5	50	100	1	—	2	—	—	4	—	8	2	20	—	20	50	4	800	300	30
58б	5—10	600	100	10	3000	300	300	1	800	—	8	60	200	1	—	2	80	—	6	—	10	2	40	100	50	50	5	800	500	40
59a	0—5	2000	150	10	3000	250	350	2	800	—	8	80	400	1	—	2	—	—	5	—	8	2	30	100	50	50	5	2000	600	40
59б	5—10	2500	100	10	3000	300	350	—	800	—	6	100	200	1	—	2	60	—	8	—	15	4	40	100	40	50	6	2000	500	40
60a	0—5	1500	80	10	2500	250	250	1	800	—	5	80	100	1	—	2	—	—	5	—	8	2	20	100	40	50	5	1000	500	50
60б	5—10	2500	100	10	3000	300	350	1	800	—	6	200	200	1	—	2	30	—	10	—	10	3	30	100	40	50	6	2000	600	50
61a	0—5	2000	100	10	4000	250	200	1	800	—	10	80	80	1	—	3	200	—	5	—	6	3	30	100	40	60	5	2000	300	40
61б	5—10	1000	100	10	2500	200	200	1	800	—	6	80	80	1	—	2	—	—	4	—	10	2	30	100	30	50	5	800	400	40
62a	0—5	1500	60	8	2500	150	100	—	500	—	5	60	600	1	—	2	100	—	5	—	6	1	10	100	50	50	4	600	300	20
62б	5—10	2500	100	10	3000	200	250	2	1000	60	10	100	4000	1	—	3	60	—	4	—	10	3	30	100	40	50	5	800	800	30
63a	0—5	1000	100	10	3000	250	200	—	600	—	6	100	80	1	—	2	—	—	4	—	10	3	20	100	30	50	5	800	500	40
63б	5—10	1000	150	20	4000	400	300	—	1000	80	10	100	100	2	—	2	—	—	5	2	15	4	30	100	40	60	6	1000	500	40
64a	0—5	2000	100	10	2500	200	200	1	800	—	20	80	200	5	—	2	—	—	5	—	8	2	20	100	30	50	5	1000	500	20
64б	5—10	2000	100	10	2000	100	300	—	400	—	5	80	300	5	—	2	—	—	6	—	10	2	20	100	30	50	5	800	600	40
65a	0—5	2000	100	10	2000	150	250	—	300	—	5	80	300	1	—	2	60	—	5	—	10	1	20	—	20	40	4	800	300	30
65б	5—10	1000	100	10	4000	200	250	1	2000	80	10	80	200	1	—	2	80	—	4	2	10	2	30	100	50	60	5	600	600	30
66a	0—5	3000	100	8	1000	100	100	—	100	—	3	200	300	2	—	2	800	—	6	2	10	2	5	—	—	30	4	800	300	20
66б	5—10	2500	150	8	4000	200	250	—	100	—	4	80	400	2	—	2	800	—	8	3	10	2	10	—	—	50	5	1000	1000	20
67a	0—5	2000	50	6	1000	80	80	—	200	—	4	350	200	1	—	2	500	—	6	2	5	2	4	—	—	20	3	600	400	10

Додатки

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
67б	5—10	2000	40	6	1000	80	100	1	300	—	4	300	200	1	—	2	400	—	5	—	6	1	5	—	—	30	3	500	500	30
68a	0—5	4000	100	10	3000	200	300	2	400	—	5	60	100	1	—	2	—	—	4	—	6	1	20	200	60	40	4	600	400	30
68б	5—10	3500	100	10	2500	200	350	1	400	—	6	60	100	1	—	2	—	—	5	—	10	3	30	100	50	50	6	600	400	40
69a	0—5	1500	100	10	2500	150	300	2	500	—	5	100	100	1	—	2	—	—	4	—	8	1	10	100	30	40	4	500	300	40
69б	5—10	4000	100	10	3000	100	300	2	2000	60	5	60	100	1	—	2	—	—	3	—	8	3	30	100	40	50	5	600	400	40
70a	0—5	1500	100	10	3000	150	300	—	100	—	8	60	200	1	—	2	—	—	4	—	8	2	20	—	30	50	5	600	300	30
70б	5—10	1000	100	10	3000	200	300	—	600	—	6	1000	500	1	—	2	80	—	5	—	10	2	20	100	40	50	5	600	500	50
71a	0—5	3500	80	10	4000	300	250	2	500	—	8	50	100	—	—	1	—	—	4	—	10	2	30	100	60	50	5	800	1000	30
71б	5—10	4000	80	10	3000	200	300	2	400	—	8	60	100	—	—	1	—	—	5	—	15	2	30	100	60	50	5	1000	1000	30
72a	0—5	4500	80	10	3000	200	150	3	800	—	8	50	100	1	—	2	—	—	5	—	20	2	30	100	60	50	5	3000	800	30
72б	5—10	4000	60	8	4000	300	150	3	2000	80	10	40	60	1	—	2	—	—	5	—	10	3	30	100	80	60	6	2000	600	30
73a	0—5	800	50	6	2500	100	80	3	800	—	10	40	80	1	—	2	100	—	5	—	10	2	20	100	80	50	5	1000	600	40
73б	5—10	800	50	6	2500	100	60	3	600	—	10	40	60	1	—	2	80	—	6	—	10	2	20	300	100	50	5	1000	600	40
74a	0—5	2000	50	5	3000	80	50	3	600	—	30	50	100	1	—	2	80	—	20	—	10	2	10	—	—	40	5	3000	800	40
74б	5—10	800	40	5	2500	60	50	2	500	—	20	50	100	1	—	2	80	—	6	—	10	1	8	—	—	50	5	1500	600	30
75a	0—5	600	40	5	2000	50	50	2	600	—	10	40	50	1	—	2	—	—	4	—	10	2	10	100	40	40	5	1000	600	40
75б	5—10	1500	50	4	2000	50	100	2	500	—	20	40	60	1	—	2	60	—	5	—	20	2	20	100	50	50	5	1000	1000	40
76a	0—5	600	40	5	1000	50	60	1	400	—	8	50	1000	1	—	2	100	—	8	—	10	2	20	100	40	40	5	1000	600	40
76б	5—10	1000	40	5	4000	60	80	1	1500	60	20	60	80	1	—	2	—	—	6	—	10	3	40	100	80	80	6	1000	600	40
77a	0—5	1000	50	5	1500	50	100	3	500	—	20	100	300	1	—	2	200	—	20	—	10	2	20	100	60	50	5	3000	800	40
77б	5—10	4000	40	5	1000	50	60	3	300	—	8	100	100	1	—	2	500	—	10	—	10	1	10	100	50	50	6	2000	2000	30
78a	0—5	1500	30	4	1500	40	80	2	1000	—	10	40	50	1	—	2	—	—	5	—	8	1	20	100	50	50	5	1000	300	30
78б	5—10	1000	40	4	1500	80	100	2	1000	—	10	80	50	1	—	2	—	—	5	—	10	1	20	100	60	50	5	1000	600	40
79a	0—5	3000	50	6	2000	60	60	3	600	—	10	50	60	1	—	2	80	—	6	—	10	1	20	100	40	40	4	2000	600	30
79б	5—10	800	40	6	3000	60	50	2	800	—	10	40	50	1	—	2	50	—	5	—	6	2	20	100	40	50	5	1000	500	40
80a	0—5	800	30	5	2000	40	50	3	600	—	10	200	50	1	—	1	100	—	5	—	6	1	20	100	40	40	4	2000	400	30
80б	5—10	800	40	5	1500	30	100	2	800	—	10	40	50	1	—	2	100	—	5	—	6	2	20	—	30	40	4	1500	300	30
81a	0—5	600	50	5	1000	100	50	1	600	—	10	50	40	1	—	2	—	—	5	—	10	2	40	100	50	50	5	1000	600	50
81б	5—10	600	60	8	1500	100	60	2	800	—	10	80	40	1	—	2	60	—	5	—	20	2	30	100	50	50	6	1000	500	40
82a	0—5	800	50	6	1000	50	50	4	500	—	10	80	200	1	—	1	100	—	20	—	20	2	20	100	50	50	4	1000	800	40
82б	5—10	1500	50	6	1000	50	50	4	1000	60	10	200	200	1	—	2	100	—	20	—	20	2	10	100	50	40	5	1500	600	30
83a	0—5	1000	30	5	1000	40	40	3	400	—	8	100	200	1	—	2	300	—	10	—	20	2	8	100	50	30	4	2000	600	30
83б	5—10	1000	50	6	3000	50	60	4	800	—	30	150	200	1	—	2	80	—	10	—	20	2	20	100	50	50	5	2000	1000	40
84a	0—5	400	30	5	1500	40	50	4	500	—	8	20	60	1	—	1	—	—	4	—	8	1	6	200	80	40	4	1000	500	30
84б	5—10	300	30	5	1000	40	40	4	600	—	8	20	60	1	—	1	—	—	3	—	10	—	8	100	50	40	4	1000	800	30

Додатки

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
85a	0—5	500	50	5	1000	40	80	3	800	—	10	50	200	1	—	2	60	—	5	—	10	2	8	100	60	40	5	2000	400	30
85б	5—10	400	40	4	1000	40	50	3	1000	—	10	40	50	1	—	2	100	—	5	—	6	1	10	100	80	50	5	2000	400	30
86a	0—5	800	30	3	1000	30	40	3	400	—	6	40	50	1	—	1	—	—	2	—	6	1	6	100	50	40	4	800	800	30
86б	5—10	1000	40	4	800	40	50	2	500	—	5	50	60	1	—	1	50	—	2	—	10	1	80	100	40	40	5	1000	1000	40
87a	0—5	1500	200	20	6000	200	200	6	1500	—	20	50	80	1	—	2	—	—	5	—	20	2	30	100	80	60	6	1000	400	40
87б	5—10	1500	100	10	5000	150	200	5	800	—	20	50	100	1	—	2	—	—	5	—	20	2	30	200	100	50	5	1000	400	40

ДОДАТКИ

Додаток 4

Валовий вміст ВМ у сучасних ґрунтах і відкладах м. Маріуполь (шурфи № 1, 2, 5—12), рисунки 58—67

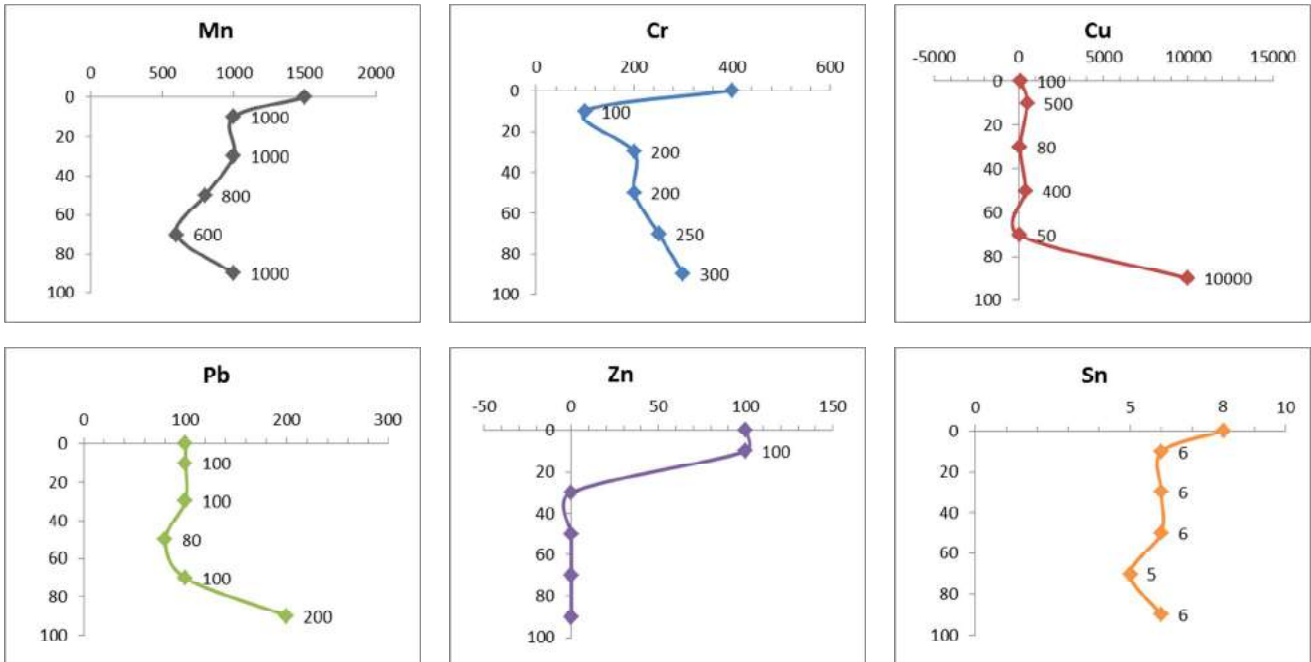


Рис. 58. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземі звичайному (шурф № 1). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

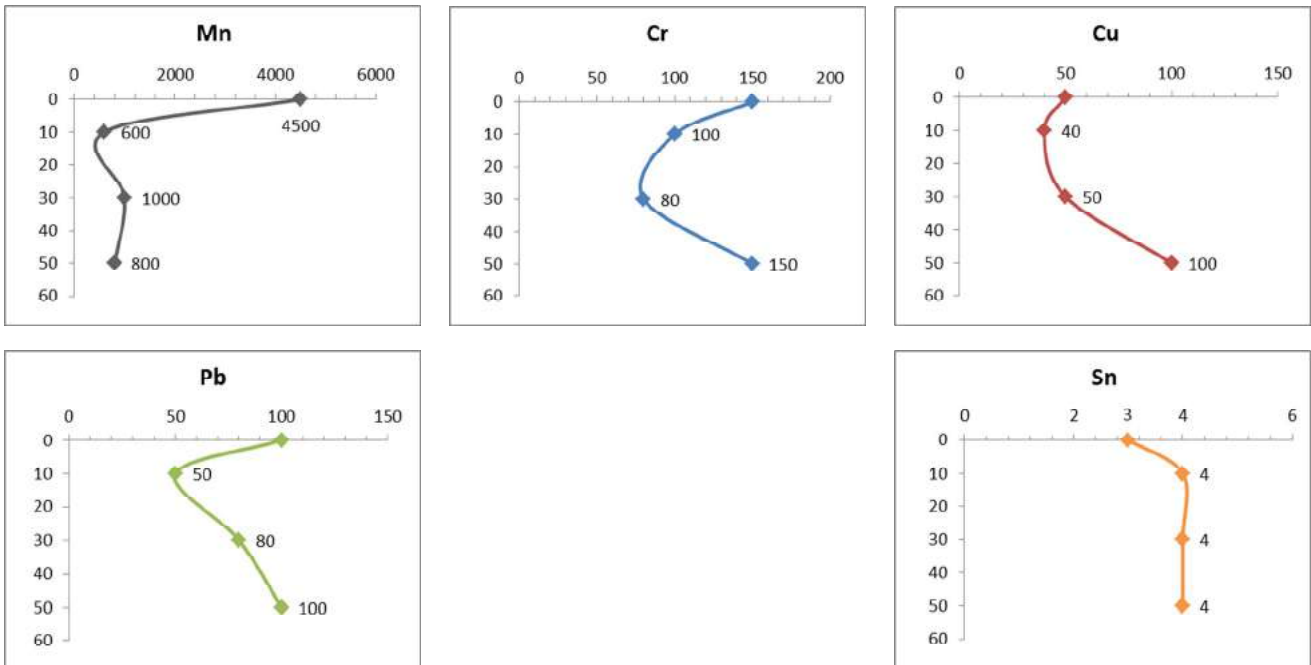


Рис. 59. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземі звичайному приазовському (перехідному до південних) (шурф № 2). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

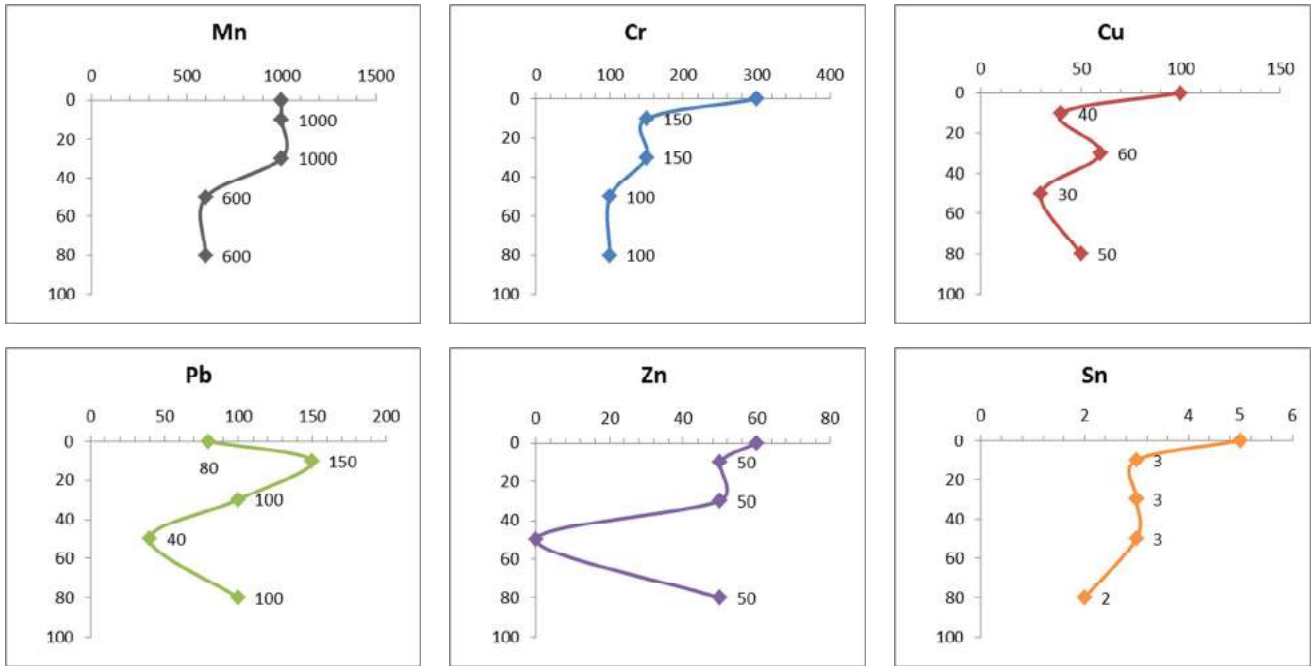


Рис. 60. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземі звичайному (шурф № 5). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

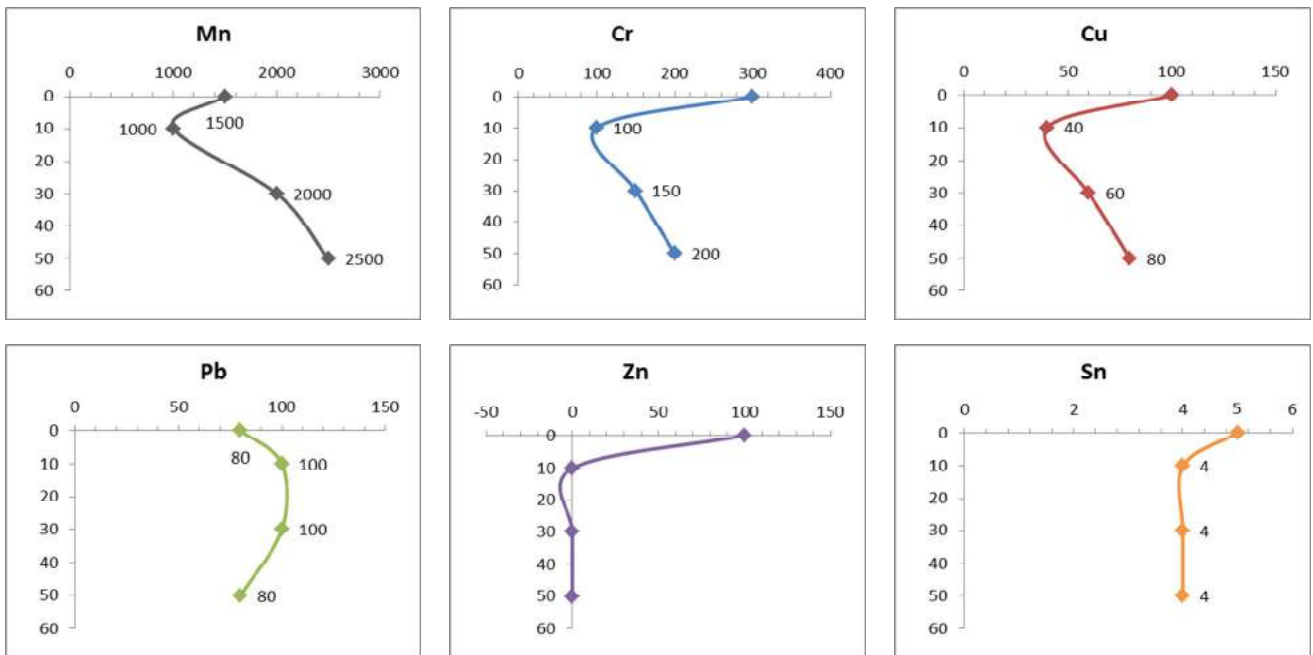


Рис. 61. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземі звичайному солонцюватому приазовському (перехідному до південних) (шурф № 6). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

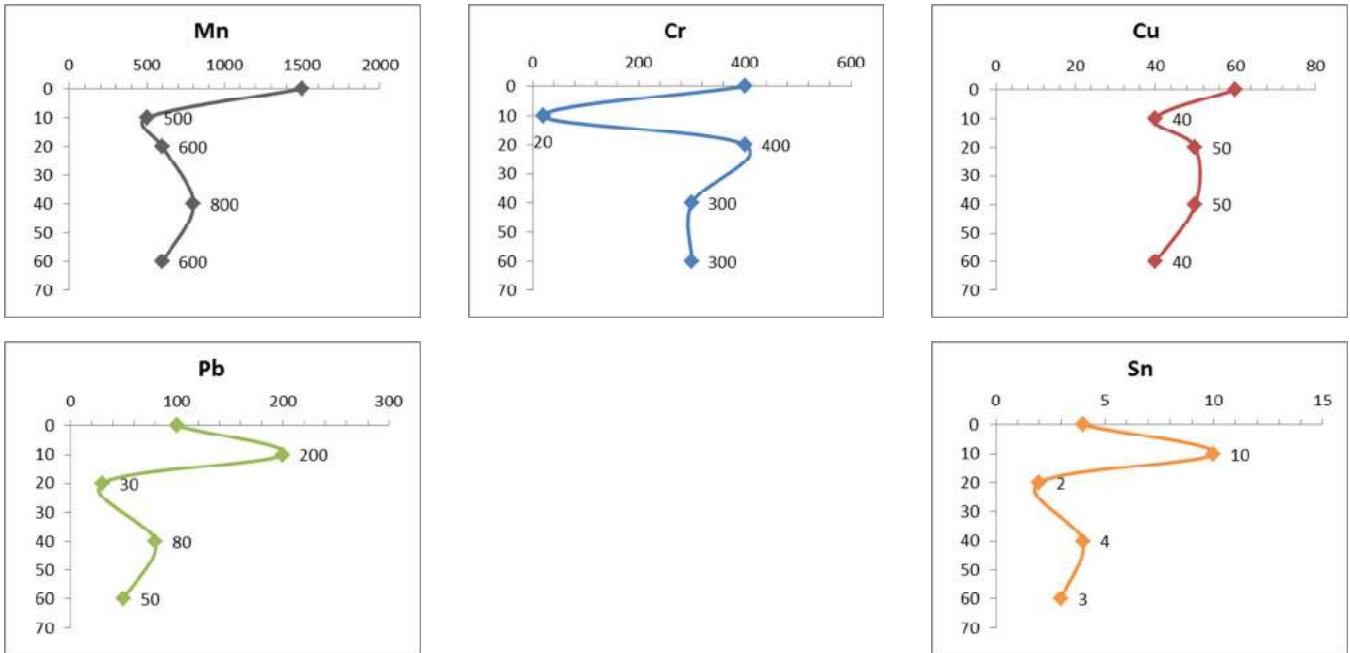


Рис. 62. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземному ґрунті (шурф № 7). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

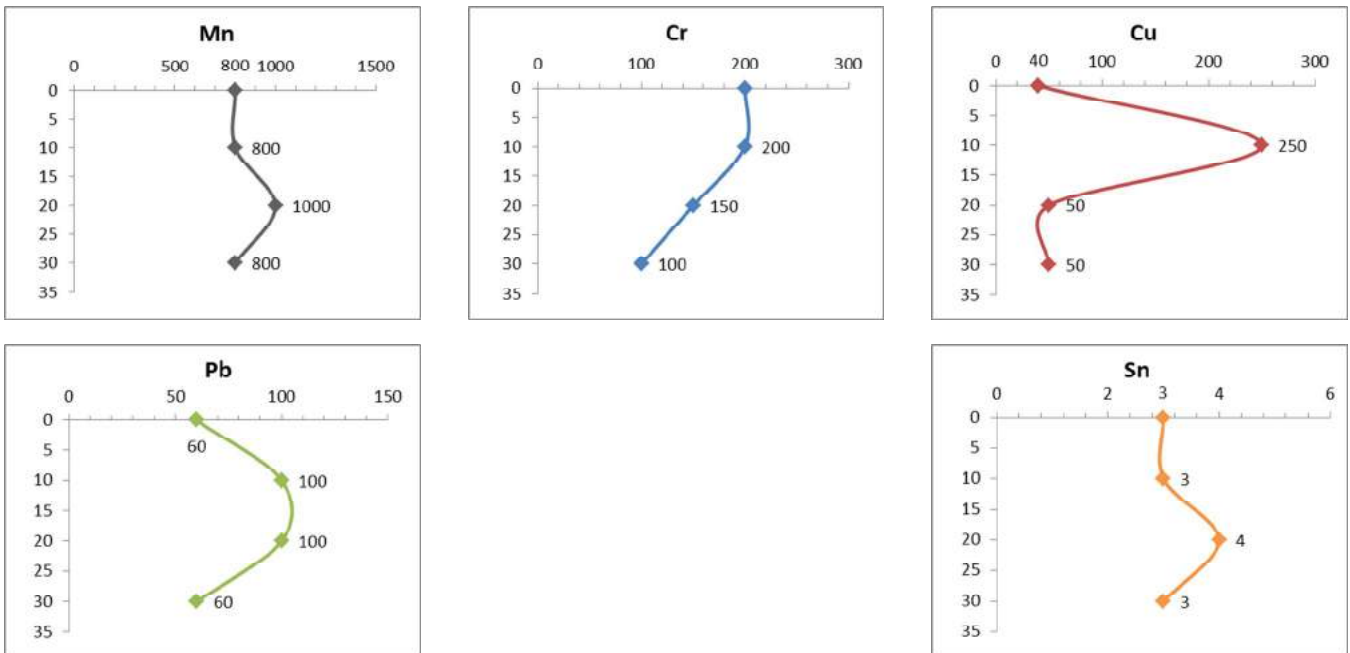


Рис. 63. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземі звичайному призовському (перехідному до південних) (шурф № 8). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

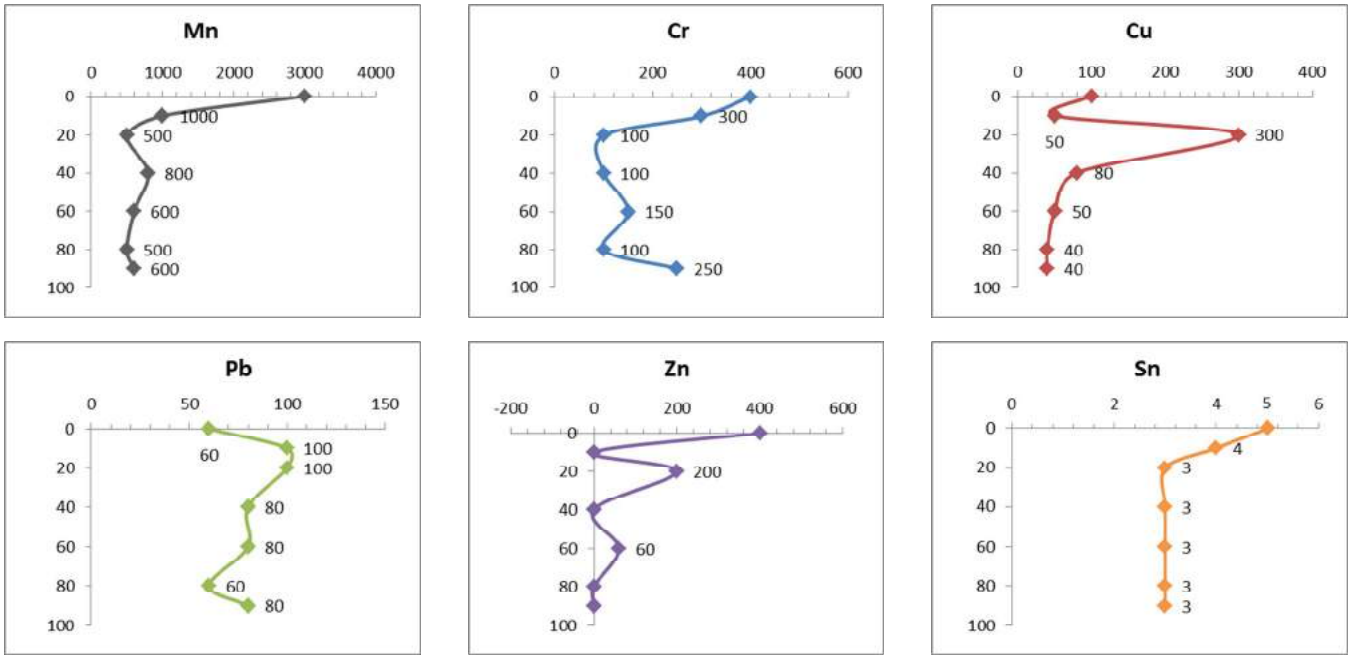


Рис. 64. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземі звичайному призовському (перехідному до південних) (шурф № 9). По осі y — глибина, см; по осі x — валовий вміст, мг/кг

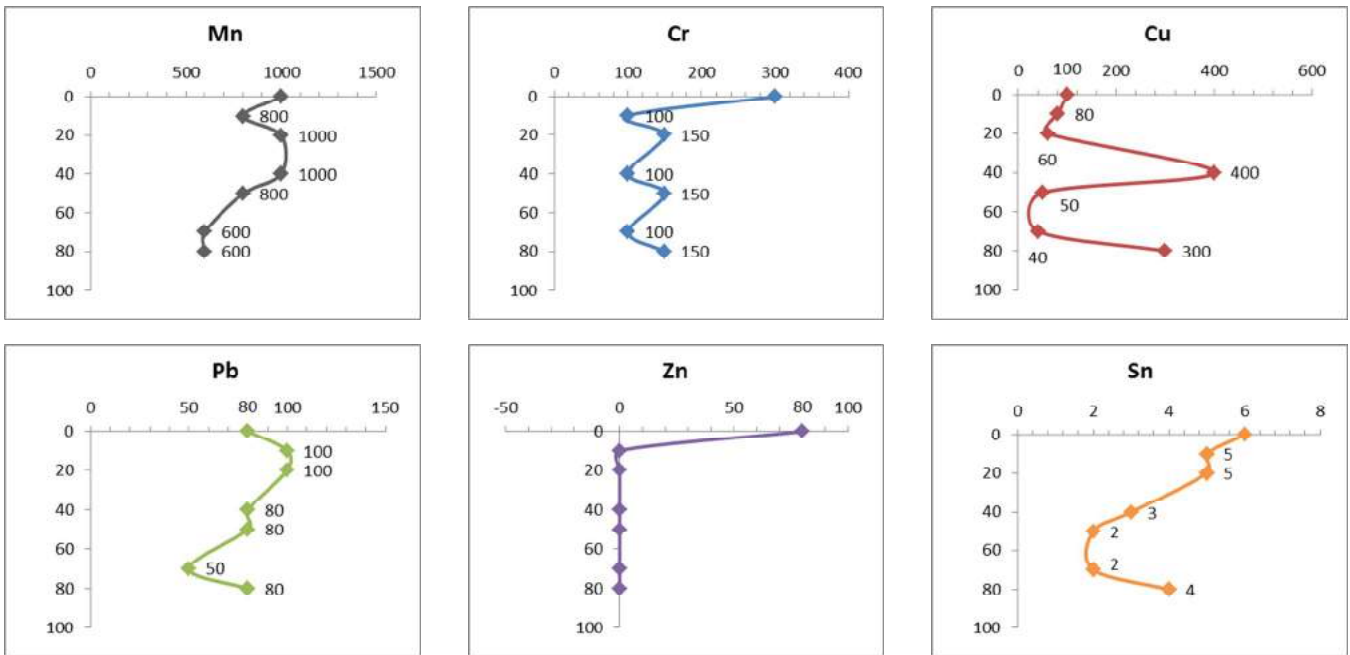


Рис. 65. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземі звичайному призовському (перехідному до південних) (шурф № 10). По осі y — глибина, см; по осі x — валовий вміст, мг/кг

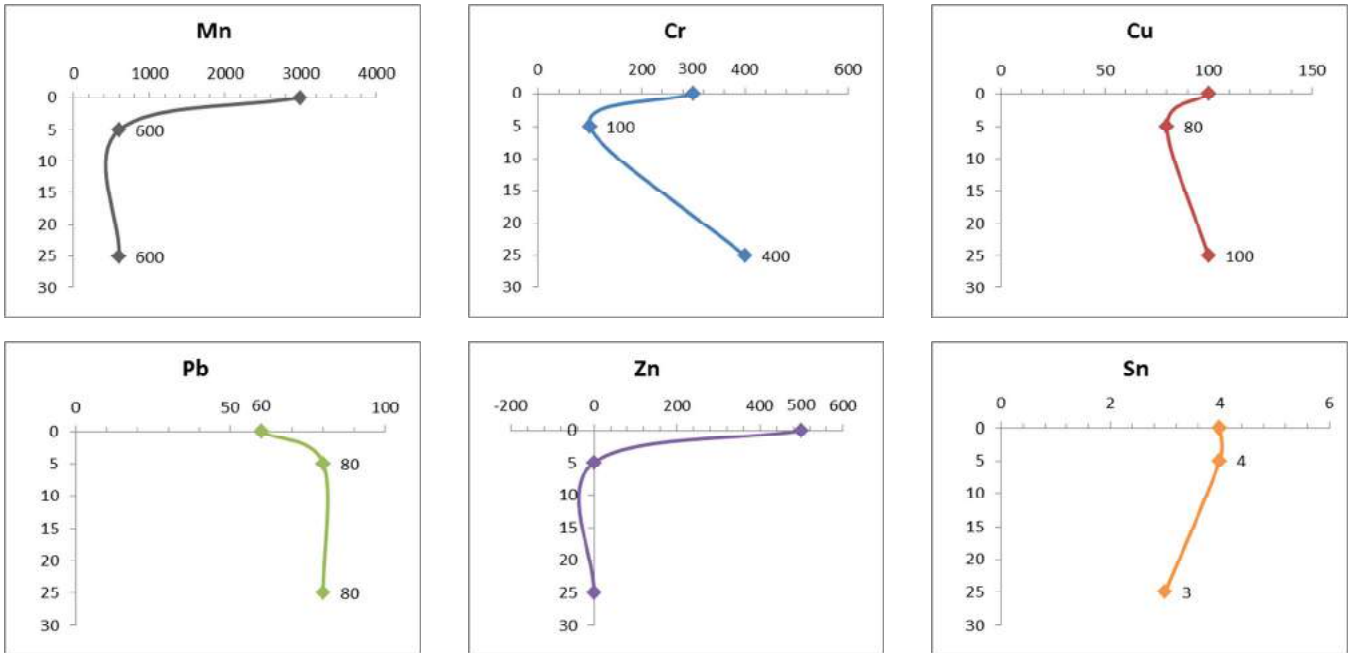


Рис. 66. Валовий вміст ВМ у сучасному чорноземному ґрунті (шурф № 11). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

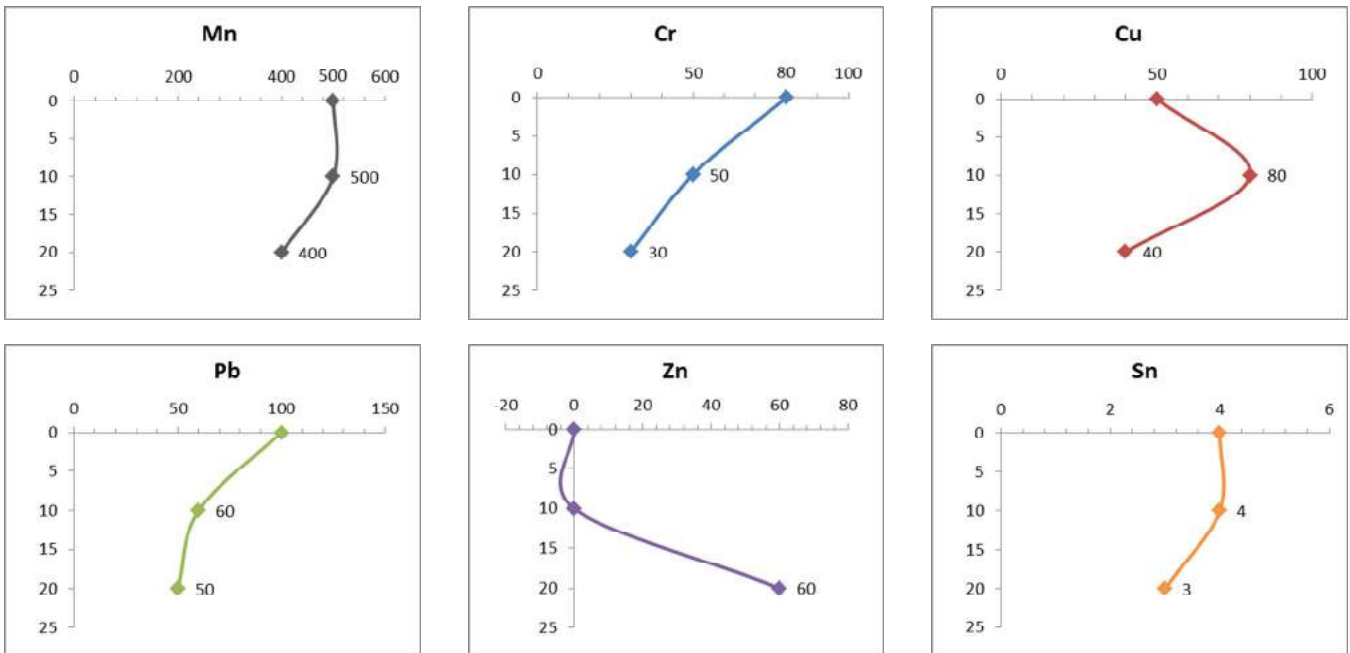


Рис. 67. Валовий вміст ВМ у сучасних відкладах (шурф № 12). По осі у — глибина, см; по осі х — валовий вміст, мг/кг

1. Абалаков А.Д. Экологическая геология: учебное пособие. — Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. — 267 с.
2. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов. Учебно-методическое пособие. — М.: Изд-во МГУ, 1987. — 108 с.
3. Авессаломова И.А. Экологическая оценка ландшафтов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. — 89 с.
4. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. — М.: Медицина, 1991. — 496 с.
5. Агарков В.И., Грищенко С.В., Грищенко В.П. Атлас гигиенических характеристик экологической среды Донецкой области. — Донецк: Донеччина, 2001. — 164 с.
6. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія. — К.: Манускрипт, 1998. — 348 с.
7. Александрова А.М., Головина Л.П., Лисенко Н.М. Методы определения подвижных форм микроэлементов в почвах (Методические рекомендации). — Харьков, 1978. — 44 с.
8. Алексеев В.В. Теоретическая экология. — М.: Изд-во МГУ, 1987а. — 200 с.
9. Алексеев Т.И. Урбоэкология. — М.: Наука, 1990. — 312 с.
10. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. — Л.: Агропромиздат, 1987б. — 142 с.
11. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте. — С.-Петербург: Изд-во ПИЯФ РАН, 2008. — 216 с.
12. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. — М.: Недра, 1990 — 157с.
13. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. — М.: Логос, 2000. — 627 с.
14. Алексеенко В.А., Алексеенко Л.П. Геохимические барьеры. — М.: Логос, 2003. — 144 с.
15. Алемасова А.С., Рокун А.Н., Шевчук И.А. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия. Учебное пособие. — Донецк, 2003. — 327 с.
16. Аммосова Я.М., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Охрана почв от химического загрязнения. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. — 96 с.
17. Андреюк Е.И., Иутинская Г.А., Дульгеров А.Н. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. — К.: Наук. думка, 1988. — 192 с.
18. Андросова Н.К. Геолого-экологические исследования и картографирование (Геозоологическое картирование): учебное пособие. — М.: Издательство Российского университета дружбы народов, 2000. — 98 с.
19. Анитипов М.А., Голицын М.С. Подвижные формы тяжелых металлов в почвах и грунтах зоны аэрации // Геозоологические исследования и охрана недр. Обзор. — М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. — 64 с.
20. Апарин Б.Ф., Попов А.И. Словарь-справочник почвенно-экологических терминов: учебное пособие. — С.-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. — 287 с.
21. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 487 с.
22. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. — Л.: Наука, 1980. — 187 с.
23. Атовка Ю.В., Кроїк Г.А. Розподіл важких металів у відходах вугледобувної промисловості Західного Донбасу // Матеріали VIII міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів й молодих вчених «Географія, гео-екологія, геологія: досвід наукових досліджень». — Дніпропетровськ. — 2011. — С. 71—72.
24. Баженов А.И., Полуэктова Т.И. Практикум по минералогии. — Томск, 1985. — 57 с.
25. Байдина Л.М. К использованию цеолитов в качестве поглотителей тяжелых металлов в техногенно загрязненной почве // Сибирский биологический журнал. — 1991. — Вып. 6. — С. 32—37.
26. Байдина Н.П. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногенно-загрязненных почвах // Почвоведение. — 1994. — № 9. — С. 121—126.
27. Байдина Н.Л. Загрязнения городских почв и огородных культур тяжелыми металлами // Агрохимия. — 1995. — № 12. — С. 105—111.
28. Барановський В.А. Україна. Еколого-географічний атлас. Атлас-монографія. — К.: Варта, 2006. — 220 с.
29. Барсуков В.И. Пламенно-эмиссионные и атомно-абсорбционные методы анализа и инструментальные способы повышения их чувствительности. — М.: «Изд-во Машиностроение-1», 2004. — 172 с.
30. Батурин В.П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. — М.-Л., 1947. — 339 с.
31. Безбородько М.І. Визначення мінералів під мікроскопом. — К.: Ряданська школа. — 1937. — 382 с.
32. Белобров В.П., Замотаев И.В., Овечкин С.В. География почв с основами почвоведение. — М.: Академия, 2004. — 360 с.
33. Белова Н.А. Экология, микроморфология, антропогенез лесных почв степной зоны Украины. — Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1997. — 264 с.
34. Белова Н.А., Травлеев А.П. Естественные леса и степные почвы (экология, микроморфология, генезис). — Днепропетровск: ДГУ, 1999. — 348 с.
35. Белова Н.А., Яковенко В.Н. Микроморфологическая характеристика темно-каштановых почв Старобердянского лесного массива // Грунтознавство. — 2007. — Т. 8, № 1—2. — С. 125—127.
36. Белова Н.А., Яковенко В.Н. Микроморфологическая характеристика лесоулучшенных черноземов Вели-

- ко–Анадоля // Грунтознавство. — 2009. — Т. 10, № 1—2. — С. 57—64.
37. Берлинский А.И. Разделение минералов. — М.: Недра. — 1975. — 173 с.
38. Беспаятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. — Л.: Химия, 1985. — 528 с.
39. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. — М.: КДУ, 2007. — 720 с.
40. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. — М.: Недра. — 1976. — 248 с.
41. Білова Н.А., Сметана О.М., Сметана Н.А. Мікроморфологічна та хімічна характеристика формування ґрунтів плесів та дамб хвостосховищ Кривбасу // Грунтознавство. — 2007. — Т. 8, № 1—2. — С. 33—40.
42. Блінова Н.К., Мохонько В.І., Саломахіна С.О., Суворін О.В. Екологічна стандартизація і сертифікація: навчальний посібник. — Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. — 124 с.
43. Божко К.М. Особливості мікроморфологічної структури едафотопів байрачних лісів північного варіанта південно-східної України // Грунтознавство. — 2007. — Т. 8, № 1—2. — С. 146—149.
44. Божко К.М. Мікроморфологічні властивості едафотопів урочища «Військова Балка» (південний варіант байрачних лісів степової зони України) // Грунтознавство. — 2011. — Т. 12, № 3—4. — С. 69—77.
45. Бондаренко Г.Н. Концепция формообразования в геохимии техногенных радионуклидов // Збірник наукових праць ДНЦ РНЦ. — 2000. — Вип. 1. — С. 26—48.
46. Бондаренко Г.Н. Сопряженность трансформационных и миграционных процессов в почвах // Минералогический журнал. — 2004. — Т. 26. — С. 39—46.
47. Боул С., Хоул Ф., Мак-Крекен Р. Генезис и классификация почв. Пер. с англ. М.И. Герасимовой. — М., Прогресс, 1977. — 416 с.
48. Бреславець А.І., Юрченко А.І. Техногенно забруднені ґрунти та шляхи їх поліпшення // Зб. наук. праць «Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки». — Харків: Райдер, 2009. — Вип. XXXI. — С. 189—201.
49. Бронникова М.А., Таргульян В.О. Кутанный комплекс текстурно-дифференцированных почв (на примере дерново-подзолистых суглинистых почв Русской Равнины). — М.: ИКЦ Академкнига, 2005. — 197 с.
50. Булавко Г.И., Наплекова Н.Н. Влияние различных соединений свинца на биологическую активность почв // Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. биол. науки. — 1982. — Вып. 2, № 10. — С. 36-39.
51. Булагін С.Ю. Методи аналізів ґрунтів і рослин: (Методичний посібник). — Харків, 1999. — 157 с.
52. Булейко А.А. Особенности макроморфологического и микроморфологического строения эдафотопов терновников Присамарья // Грунтознавство. — 2007. — Т. 8, № 1—2. — С. 49—58.
53. Буренков Э.К., Янин Е.П. Эколого-геохимические исследования в ИМГРЭ — прошлое, настоящее, будущее // Прикладная геохимия. Вып. 2. Экологическая геохимия: сборник статей, гл. ред. Э.К. Буренков. — М.: ИМГРЭ, 2001. — С. 5—24.
54. Буянова Е.С. Методические указания к лабораторным работам «спектральный анализ». — Екатеринбург, 2005. — 27 с.
55. Бычинский В.А., Вашукевич Н.В. Тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города. — Иркутск: Изд. Иркут. ун-та, 2007. — 160 с.
56. Бычинский В.А., Вашукевич Н.В. Экологическая геохимия: Тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города. — Иркутск: Изд. Иркут. ун-та, 2008. — 189 с.
57. Важенин И.Г. Методические рекомендации по обследованию и картографированию почвенного покрова по уровням загрязненности почвенного покрова. — М., 1987. — 27 с.
58. Важкі метали у ґрунтах заповідних зон України. Жовинський С.Я., Кураєва І.В., Самчук А.І. та ін. Під ред. Е.Я. Жовинського. — К.: Логос, 2005. — 104 с.
59. Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу. А.І. Самчук, І.В. Кураєва, О.С. Егоров та ін. — К.: Наук. думка, 2006. — 108 с.
60. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Экология почв. Часть 3. Загрязнение почв. — Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 2004а. — 54 с.
61. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвоведение. — М.: ИКЦ «МарТ», Ростов-на-Дону: Издательский центр «МарТ», 2004б. — 496 с.
62. Вахромеев Г.С. Экологическая геофизика. — Иркутск: ИрГТУ, 1995. — 216 с.
63. Веклич М.Ф. Четвертинні відклади правобережжя Середнього Дніпра. — К.: Вид-во АН УРСР, 1958. — 200 с.
64. Вернадский В.И. К вопросу о химическом составе почв // Почвоведение. — М., 1913. — № 2. — С. 1—21.
65. Вернадский В.И. История минералов земной коры. Избранные сочинения. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — Т. IV. — 623 с.
66. Вернадский В.И. Биосфера (Избранные труды по биогеохимии). — М.: Мысль, 1967. — 283 с.
67. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. — М.: Наука, 1980. — 357 с.
68. Вертушков Г.Н., Авдонин В.Н. Таблицы для определения минералов по физическим и химическим свойствам: справочник. — М.: Недра, 1992. — 489 с.
69. Викулова М.Ф. Исследование смесей глинистых минералов // ДАН СССР. — 1960. — В. 130. — № 1. — С. 173—175.

70. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. — М.: Издательство АН СССР, 1950. — 289 с.
71. Владимиров В.В. Урбоэкология. — М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. — 204 с.
72. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. — К.: Наук. думка, 1969. — 513 с.
73. Влияние извести и цеолитов на поступление Zn, Cd, Pb в корнеплоды моркови. М.М. Овчаренко, В.А. Величко, С.Н. Лебедев и др. // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. — М.: МГУ, 1994. — С. 194—201.
74. Водяницкий Ю.Н. Использование соединений железа для оструктурирования почвы // Почвоведение. — 1985. — № 12. — С. 49—54.
75. Водяницкий Ю.Н., Добровольский В.В. Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах. — М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 1998. — 216 с.
76. Водяницкий Ю.Н. Изучение тяжелых металлов в почвах. — М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2005. — 109 с.
77. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы в почвах. — М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. — 143 с.
78. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. — М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2009. — 95 с.
79. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. — М., 2012. — 304 с.
80. Войтюк Ю.Ю. Екогеохімічне дослідження стану навколишнього середовища під впливом комбінатів чорної металургії міста Маріуполь // Матеріали VIII міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів й молодих вчених «Географія, геоекологія, геологія: досвід наукових досліджень». — Дніпропетровськ. — 2011 — С. 85—87.
81. Войтюк Ю.Ю. Геохімія важких металів у ґрунтах під впливом підприємств чорної металургії // Тези доповідей IX Всеукраїнської конференції студентів і молодих вчених «Сучасні наукові дослідження в екології та біології». — К., 2012. — С. 5—7.
82. Войтюк Ю.Ю. Геохімічні закономірності розподілу важких металів у об'єктах довкілля під впливом підприємств чорної металургії: дис. ... канд. геол. наук: 04.00.02. — Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка. — К., 2013. — 170 с.
83. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В. Эколого-геохимическая оценка состояния почв под влиянием предприятий черной металлургии (на примере г. Мариуполь, Украина) // Сборник докладов X Междунар. конф. «Новые идеи в науках о Земле». — М.: Экстра-Принт, 2011. — С. 11.
84. Войтюк Ю.Ю., Любчик О.С. Еколого-геохімічна оцінка промислових агломерацій чорної металургії // Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців». — Кривий Ріг: Видавничий центр Криворізького національного університету, 2012. — С. 96—99.
85. Войтюк Ю.Ю., Яковенко О.В., Дуброва Н.О. Екогеохімічне дослідження стану навколишнього середовища території Горлівського хімічного заводу // Матеріали VII Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Географія, геоекологія, геологія: досвід наукових досліджень». — Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2010. — С. 108—109.
86. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Кармазиненко С.П., Манічев В.Й. Оцінка стану забрудненості ґрунтів м. Маріуполь важкими металами // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Природно-ресурсний потенціал збалансованого (сталого) розвитку України» та VII Міжнародного бізнес-форуму «Перспективи впровадження моделі «зеленої економіки» в Україні». — К., 2011а. — Т. 2. — С. 123—127.
87. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Самчук А.І., Манічев В.Й. Вплив діяльності підприємств чорної металургії на вміст і форми знаходження важких металів у об'єктах навколишнього середовища // Мінералогічний журнал. — К., 2011б. — № 3. — С. 77—83.
88. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Самчук А.І., Кармазиненко С.П., Манічев В.Й. Особливості геохімічного розподілу важких металів у зоні аерації під впливом викидів комбінатів чорної металургії (на прикладі м. Алчевськ) // Геолог України. — 2012а. — № 1—2 (37—38). — С. 51—57.
89. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Філатов В.Ф., Кармазиненко С.П. Геоекологічні дослідження територій зон впливу підприємств чорної металургії // Збірник наукових праць УкрНДМІ НАН України. — Донецьк, 2012б. — № 10. — С. 83—95.
90. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Манічев В.Й., Філатов В.Ф. Закономірності розподілу важких металів у ґрунтах зони впливу ДМК ім. Ф.Е. Дзержинського // Збірник наукових праць УкрНДМІ НАН України. — Донецьк, 2013. — № 13 (частина II). — С. 83—95.
91. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Кармазиненко С.П., Манічев В.Й. Оцінка еколого-геохімічного стану ґрунтів м. Маріуполь // Матеріали I Международной научной конференции «Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии». — К.: Интерсервис, 2014а. — С. 48—51.
92. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Філатов В.Ф., Кармазиненко С.П., Матвієнко О.В. Літолого-геохімічні особливості донних відкладів, що зазнають техногенного

- впливу // Наукові праці УКРНДМІ НАН УКРАЇНИ. Під заг. ред. чл.-кор. НАН України А.В. Анциферова. — Донецьк, УКРНДМІ НАН України, Вип. 14. — 2014б. — С. 247—255.
93. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Кармазиненко С.П., Манічев В.Й. Еколого-геохімічні дослідження ґрунтів м. Маріуполь // Пошукова та екологічна геохімія. — К., 2014в. — № 1 (14). — С. 15—20.
94. Волкова Т.П., Попова Ю.С., Волкова К.В. Аналіз та оцінка впливу промислових підприємств на забруднення ґрунтів Донецької області // Збірник доповідей «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів». — Донецьк. ДонНТУ. — Т. 2. — 2005а.
95. Волкова Т.П., Попова Ю.С., Омельченко А.А. Еколого-геологічна характеристика особливостей накоплення хімічних елементів в ґрунтах Приазов'я // Наукові праці ДонНТУ, Серія гірничо-геологічна. — 2005б, Вип. 96. — С. 84—90.
96. Володин Д.Ф., Яковлев Е.А. и др. Временные методические рекомендации по проведению эколого-геологических исследований при геологоразведочных работах (для условий Украины). — К., 1990. — 87 с.
97. Волощинська С.С. Біоіндикація стану забруднення довкілля важкими металами (на прикладі автомагістралі «Київ — Варшава») // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. — 2008. — Вип. 16, Т. 2. — С. 24—28.
98. Волощинська С.С. Важкі метали в ґрунтах урбо-екосистеми м. Ковеля // Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи). — Чернівці. — 2012. — Т. 4. — Вип. 2. — С. 145—148.
99. Вороб'єва Л.А. Теория и методы химического анализа почв. — М.: Изд-во МГУ, 1995. — 136 с.
100. Вороб'єва Л.А. Химический анализ почв. — М.: Изд-во МГУ, 1998. — 272 с.
101. Воротынцева Л.И., Ладных В.Я. Содержание тяжелых металлов в фазах и компонентах чернозема обыкновенного // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2011. — Вип. 74.
102. Гавриленко В.В. Экологическая минералогия и экологическая геохимия как направления в исследовании биосферы Земли // Экологическая геология и рациональное недропользование: сборник статей. — С.-Петербург: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1999. — С. 77—93.
103. Гагарина Э.И. Микроморфологический метод исследования почв. — С.-Петербург: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 2004. — 156 с.
104. Гагина Н.В., Федорцова Т.А. Методы геоэкологических исследований. — Минск.: БГУ, 2002. — 98 с.
105. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Фитоэкстракция тяжелых металлов из загрязненных почв // Агрохімія. — 2003. — № 3. — С. 77—85.
106. Ганжара Н.Ф. Почвоведение. — М.: Агроконсалт, 2001. — 392 с.
107. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. — М.: Агроконсалт, 2002. — 280 с.
108. Гапонова Ю.И., Бурачевская М.В., Пинский Д.Л., Минкина Т.М. Механизмы поглощения меди, свинца и цинка черноземом южным супесчаным // Материалы Всероссийской научной конференции «Биосферные функции почвенного покрова». — Пущино, 2010. — С. 75—76.
109. Гармаш Г.А. Накопление тяжелых металлов в почвах и растениях вокруг металлургических предприятий: автореф. дис. канд. биол. наук. — Новосибирск, 1985. — 27 с.
110. Гедройц К.К. Избранные сочинения. В 3-х томах. — Т. 2. — Химический анализ почвы. — М.: Сельхозгиз, 1955. — 616 с.
111. Генік Я.В. Нагромадження важких металів у ґрунтах та фітомасі комплексної зеленої зони м. Львова: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. — Львів, 1994. — 24 с.
112. Геннадиев А.Н., Глазовская М.А. География почв с основами почвоведения. — М.: Высшая школа, 2008. — 462 с.
113. Географія ґрунтів: методичний посібник. А.Д. Балаєв, Г.І. Нестеров, О.Л. Тонха. — К.: Видавничий центр НАУ, 2005. — 204 с.
114. Геологія і корисні копалини України: атлас: масштаб 1:5 000 000: присвячується 10-річчю Незалежності України. Ред. Л.С. Галецький. — К.: Видавниче та рекламне агентство «Златограф», 2001. — 168 с.
115. Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти. І.П. Козлова, О.С. Радченко, Л.Г. Степура, Т.О. Кондратюк. — К.: Наук. думка, 2008. — 528 с.
116. Геохімія техногенних радіонуклідів. Отв. редры Э.В. Собонович, Г.Н. Бондаренко. — К.: Наук. думка, 2002. — 333 с.
117. Геоэкология черноморского шельфа Украины. В.А. Емельянов, А.Ю. Митропольский, Е.В. Наседкин и др. — К.: Академперіодика, 2004. — 296 с.
118. Герасимов И.П., Величко А.А., Морозова Т.Д., Фаустова М.А. Микроморфологический метод в изучении лессовых образований и первые результаты его применения // Современный и четвертичный континентальный литогенез. — М.: Наука. — 1966. — С. 5—16.
119. Герасимов И.П. Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв // Почвоведение. — 1979. — № 5. — С. 7—16.
120. Герасимова М.И. Микроморфологическая диагностика и микроморфотипы почв. Автореферат на соискание ученой степени доктора биологических наук, специальность 03.00.027. — Почвоведение. М. — 1992. — 43 с.

121. Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А. Микроморфология почв природных зон СССР. — Пушино, 1992. — 200 с.
122. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Под ред. Г.В. Добровольского. — Смоленск: Ойкумена, 2003. — 268 с.
123. Герасимчук Л.О. Міграція важких елементів за умов імпактного забруднення ґрунту // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шикули «Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання». — К. — 2012. — С. 179—182.
124. Гинзбург И.И. Типы древних кор выветривания СССР // Геолого-минералогические исследования глинистых минералов и глин. — М.-Л.: АН СССР, 1958. — С. 7—11.
125. Гірій В.А., Колісник І.А., Косовець О.О. Стан забруднення навколишнього природного середовища на території України у 2006р. // Праці Центральної геофізичної обсерваторії / Під ред. О.О. Косовця. — К.: Інтерпрес ЛТД, 2007. — Вип. 3 (17). — С. 19—30.
126. Гірій В.А., Колісник І.А., Косовець О.О., Табачний Л.Я. Стан забруднення навколишнього природного середовища на території України у 2007 році // Праці Центральної геофізичної обсерваторії / Під ред. О.О. Косовця. — К.: Інтерпрес ЛТД, 2008. — Вип. 4 (18). — С. 24—38.
127. Гірій В.А., Колісник І.А., Косовець О.О., Табачний Л.Я. Стан забруднення навколишнього природного середовища на території України у 2008 році // Праці Центральної геофізичної обсерваторії / Під ред. О.О. Косовця. — К.: Інтерпрес ЛТД, 2009. — Вип. 5 (19). — С. 32—45.
128. Гірій В.А., Колісник І.А., Косовець О.О., Табачний Л.Я. Стан забруднення навколишнього природного середовища на території України у 2009 році // Праці Центральної геофізичної обсерваторії / Під ред. О.О. Косовця. — К.: Інтерпрес ЛТД, 2010. — Вип. 6 (20). — С. 11—27.
129. Гірій В.А., Колісник І.А., Косовець О.О., Табачний Л.Я. Стан забруднення навколишнього природного середовища на території України у 2011 році // Праці Центральної геофізичної обсерваторії / Під ред. О.О. Косовця. — К.: Інтерпрес ЛТД, 2012. — Вип. 8 (22). — С. 27—42.
130. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. — М.: Высшая школа. — 1989. — 328 с.
131. Глазовская М.А. Принципы классификации почв по опасности их загрязнения тяжелыми металлами // Биол. науки. — 1990. — № 9. — С. 38—52.
132. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. — М.: МГУ, 1997. — 102 с.
133. Глазовская М.А. Теория природных и техногенных ландшафтов СССР. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. — 327 с.
134. Говта Н.В. Влияние экологических условий на здоровье людей // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. — 2007. — Вып. 7. — С. 189—203.
135. Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве. — М.: Медицина, 1986. — 320 с.
136. Горбань В.А. Перспективи мікроморфологічних досліджень еолових відкладів лісових культурбіогеоценозів степової зони України // Ґрунтознавство. — 2007. — Т. 8. — № 1—2. — С. 151—152.
137. Горбань В.А. Співвідношення екологічних функцій ґрунтів та їх екологічних властивостей // Ґрунтознавство. — 2008. — Т. 9, № 1—2. — С. 124—127.
138. Горбань В.А., Стрижак О.В. Особливості мікроморфологічної будови еолово-ґрунтових відкладів та едафотопів лісових культурбіогеоценозів Приазов'я // Ґрунтознавство. — 2011. — Т. 12, № 3—4. — С. 61—68.
139. Горбань В.А., Михайліченко О.О. Фізичні властивості еолово-ґрунтових відкладів та похованих чорноземів приазовських лісових культурбіогеоценозів Приазов'я // Ґрунтознавство. — 2012. — Т. 13, № 1—2. — С. 31—37.
140. Горбунов И.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения. — М.: АН СССР, 1963. — 300 с.
141. Горбунов Н.И. Методы подготовки почв к минералогическим анализам // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. — М.: Наука, 1971. — С. 5—15.
142. Горбунов Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв. — М.: Наука, 1974. — 314 с.
143. Горбунов Н.И., Филиппова З.В. Изготовление шлифов // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. — М.: Наука, 1971. — С. 136—140.
144. Гордеева О.Н., Белоголова Г.А. К вопросу о методике изучения форм нахождения тяжелых металлов в почвах на примере Южного Прибайкалья и Северо-Восточного Китая // Сборник материалов II Международной научной конференции «Современные проблемы загрязнения почв». — М.: Изд-во МГУ, 2007. — Т. 2. — С. 191—194.
145. Гордієнко О.А., Костик Я.І., Суровцева О.В., Швець С.М., Заставна О.В. Оцінка екологічного стану ґрунтів за вмістом важких металів // Міжнародна науково-практична конференція «Перший Всеукраїнський з'їзд екологів» Збірник тез доповідей. — С.247. / <http://eco.com.ua>.

146. Градусов Б.П. Закономерности генезиса и географии минералогического состава почвообразующих пород Русской равнины // *Грунтознавство*. — 2010. — Т. 11, № 3—4. — С. 13—26.
147. Григора Т.И. Действие и последствие цеолитоклиноптиллолита на плодородие дерново-подзолистой почв // *Земледелие*. — К. — 1985. — № 60. — С. 31—35.
148. Грим Р.Э. Минералогия глин. — М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1956. — 452 с.
149. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов. — М.: Бинум, 2008. — Т. 1. — 607 с., Т. 2. — 670 с.
150. Гришина Л.А., Копчик Г.Н., Моргун Л.В. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 82 с.
151. Гришко В.М. Вміст різних за рухомістю форм цинку в ґрунтах урбанізованих територій // *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*. — Чернівці. — 2012. — Т. 4. — Вип. 2. — С. 149—153.
152. Грищенко С.В., Степанова М.Г., Коровина В.П., Шамрай Е.В., Ганенко О.Н. Комплексная гигиеническая оценка загрязнения почв населенных мест Донецкой области // *Вестник гигиены и эпидемиологии*. — Донецк. — 2001. — Т. 5. — № 2. — С. 168—171.
153. Грищенко С.В., Солдак И.И., Шамрай В.А., Нагорный И.М. Современные закономерности формирования патологии среди взрослого населения Донецкой области // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. — Донецк: ДонНУ, 2004. — Вып. 4. — С. 205—214.
154. Грищенко С.В., Солдак И.И., Нагорный И.М., Свестун Р.С., Попова М.В., Бугашева Н.В. Экономические последствия неблагоприятного влияния окружающей среды на здоровье населения экокризисного региона Украины // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. — Донецк: ДонНУ, 2006. — Вып. 6. — С. 230—238.
155. Грищенко С.В., Ишейкіна Ю.О. Вплив накопичення важких металів у навколишньому середовищі та організмі людини на частоту захворювань системи кровообігу // *Вісник проблем біології і медицини*. — 2009. — Вип. 3. — С. 49—55.
156. *Грунтознавство: підручник. За ред. Д.Г. Тихоненка*. — К.: Вища освіта, 2005. — 703 с.
157. *Грунтознавство з основами геології: навчальний посібник*. О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький. — К.: Оранта, 2005. — 648 с.
158. *Грунтознавство з основами геології: підручник*. І.І. Назаренко, С.М. Польчина, Ю.М. Дмитрук, І.С. Смага, В.А. Нікорич. — Чернівці: Книги—XXI, 2006. — 504 с.
159. Грушка В.В. Оценка загрязнения почв города Желтые Воды тяжелыми металлами / *Материалы VI міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої 255-річчю від дня народження першовідкривача криворізьких руд Василя Зуєва*. — К. — 2009. — Вип. 6. — С. 191—192.
160. Губіна В.Г., Горлицький Б.О. Залізовмісні відходи України: стан та перспективи використання. — К.: Логос, 2010. — 127 с.
161. Гумилевский С.А. Кристаллография и минералогия. — М.: Высшая школа, 1972. — 280 с.
162. Гуральчук Ж.З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. — К.: Логос, 2006. — 208 с.
163. Гуральчук Ж.З. Особливості використання арбускулярної мікоризи для фітореMediaції ґрунтів, забруднених важкими металами // *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*. — Чернівці. — 2012. — Т. 4. — Вип. 2. — С. 236—239.
164. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования. — Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. — 165 с.
165. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. — М.: Изд-во РУДН, 2002. — 140 с.
166. Даминова А.М. Породообразующие минералы. — М.: Высшая школа, 1974. — 175 с.
167. Демина Т.Я. Геохимия: Методическое руководство к лабораторному практикуму. — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. — 40 с.
168. Дмитраков Л.М., Дмитракова Л.К. Нормирование тяжелых металлов в системе почва—растения на основе вегетационных экспериментов // *Материалы Всероссийской научной конференции «Биосферные функции почвенного покрова»*. — Пушино, 2010. — С. 108—110.
169. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.О. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: справочное издание. — М.: Химия, 1989. — 368 с.
170. Дмитрук Ю.М. Оцінка стійкості ґрунтів Передкарпаття до забруднення важкими металами // *Грунтознавство*. — 2004. — Т. 5, № 1—2. — С. 93—101.
171. Дмитрук Ю.М. Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриву агроєкосистем. — Чернівці: Рута, 2006. — 328 с.
172. Дмитрук Ю.М. Використання окремих підходів при аналізі еколого-геохімічного статусу ґрунтів різних типів // *Грунтознавство*. — 2008. — Т. 9, № 3—4. — С. 41—49.
173. Дмитрук Ю.М., Назаренко І.І., Тураш М.М., Назарок П.Г. Особливості вмісту та розподілу важких металів у ґрунтах Горганів // *Грунтознавство*. — 2005. — Т. 6, № 1—2. — С. 53—61.
174. Добровольський В.В. Практикум по географії почв с основами почвоведення. — М.: Просвещение, 1982. — 127 с.
175. Добровольський В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. — М.: Мысль, 1983а. — 272 с.

176. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения. — М.: Высш. шк., 1989. — 320 с.
177. Добровольский В.В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. — 1997а. — № 4. — С. 431—441.
178. Добровольский В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. — 1999. — № 5. — С. 639-645.
179. Добровольський В.В. Основи біогеохімії. — М.: АСАДЕМІА, 2003. — 396 с.
180. Добровольский Г.В. Почва, город, экология. — М. — 1997б. — 319 с.
181. Добровольский Г.В. Методическое пособие по микроморфологии почв. — М.: Изд-во МГУ, 1983б. — 80 с.
182. Добровольский Г.В., Гришина Л.А. Охрана почв: учебник. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. — 224 с.
183. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. — М.: МГУ, 1986. — 136 с.
184. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. Экологическое значение почв. — М.: Наука, 1990. — 261 с.
185. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: функционально-экологический подход. — М.: Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. — 185 с.
186. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. — 364 с.
187. Добровольский Г.В., Орлов Д.С., Гришина Л.А. Принципы и задачи почвенного мониторинга // Почвоведение. — М., 1983. — № 11. — С. 8—16.
188. Довганич Н.В. Оцінка ступеня забруднення цинком системи ґрунт–вода–рослина території Бурштинської теплоелектростанції та зони активного її впливу // Ґрунтознавство. — 2011. — Т. 12, № 3—4. — С. 49—54.
189. Довгий С.О., Павлишин В.І. Екологічна мінералогія України. — К.: Наук. думка, 2003. — 150 с.
190. Доклад о состоянии окружающей среды в Донецкой области. Под ред. С. Третьякова, Г. Аверина, Донецк. — 2007. — 116 с.
191. Долин В.В., Бондаренко Г.М., Орлов О.О. Самоочищення природного середовища після Чорнобильської катастрофи. — К.: Наук. думка. — 2004. — 231 с.
192. Долин В.В., Смирнова С.М., Ищук А.А. Эколого-геохимические критерии формирования поля загрязнения урбандолиндов Николаевской городской агломерации тяжелыми металлами // Пошукова та екологічна геохімія. — К., 2011а. — № 1 (11). — С. 3—12.
193. Долин В.В., Смирнов В.Н., Ищук А.А., Орлов А.А. Техногенно-экологическая безопасность биосистемы Бугского лимана в условиях загрязнения тяжелыми металлами. — Киев–Николаев: РАЛ–поліграфія, 2011б. — 200 с.
194. Дорогунцов С.Г., Коценко К.Ф. Балова О.К. Экология. — К.: КНЕУ, 2005. — 102 с.
195. Драган Н.А. Мониторинг и охрана почв. Учебное пособие. — Симферополь: Изд-во ТНУ, 2008. — 172 с.
196. Дробышев А.И. Основы атомного спектрального анализа: учебное пособие. — С.–Петербург: Изд-во С.–Петерб. ун-та, 1997. — 200 с.
197. Егоренков Л.И., Кочуров Б.И. Геоэкология. — М.: Финансы и статистика, 2005. — 320 с.
198. Екогеологія України: навчальний посібник. В.М. Шестопалов, М.М. Коржнев, С.А. Вижва та ін. — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. — 671 с.
199. Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України. За ред. Е.Я. Жовинського, І.В. Кураєвої. — К.: «Альфа–реклама», 2012. — 156 с.
200. Екологічна геологія: підручник. За ред. М.М. Коржнева. — К.: ВПЦ «Київський університет». — 2005. — 257 с.
201. Екологічна енциклопедія: У 3 томах. Редколегія: А.В. Толстоухов (гол. редактор) та ін. — К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2006. — Т. 1: А—Е. — 432 с.
202. Екологічна енциклопедія: У 3 томах. Редколегія: А.В. Толстоухов (гол. редактор) та ін. — К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2007. — Т. 2: Є—Н. — 416 с.
203. Екологічна енциклопедія: У 3 томах. Редколегія: А.В. Толстоухов (гол. редактор) та ін. — К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2008. — Т. 3: О—Я. — 472 с.
204. Екологічний атлас Донецької області. — Донецьк, 2011. — 110 с.
205. Екологічний паспорт Донецька область / Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2008.
206. Екологічний паспорт Донецька область / Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2009.
207. Екологічний паспорт Донецька область / Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2010.
208. Екологічний паспорт Донецька область / Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2011.
209. Екологічний паспорт Донецька область / Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2012.
210. Жидеева В.А., Васенев И.И., Щербаков А.П. Фракционный состав соединений Pb, Cd, Ni, Zn в лугово-черноземных почвах, загрязненных выбросами аккумуляторного завода // Почвоведение. — М., 2002. — № 6. — С. 725—733.

211. Жовинский Э. Я. Геохимия фтора в осадочных формациях юго-запада Восточно-Европейской платформы. — К.: Наук. думка, 1979. — 200 с.
212. Жовинский Э. Я. Некоторые вопросы геохимии фтора литогенеза осадочно-вулканогенных формаций // Литология. — К.: Наук. думка, 1980. — С. 87—95.
213. Жовинский Э. Я. Геохимические — фторометрические методы поисков плавикового шпата // Флюорит Украины (критерии поисков). — К.: Наук. думка, 1981. — С. 55—65.
214. Жовинський Е. Я., Ткачук Л. Г., Афанасьєва І. М., Мельник А. П. Критерії пошуків корисних копалин в осадочних комплексах Української РСР // Вісник АН УРСР. — 1976. — № 2. — С. 32—37.
215. Жовинский Э. Я., Маничев В. И., Кураева И. В. и др. Эколого-геохимические исследования природных сред в условиях городской агломерации. — К., 1991. — 57 с.
216. Жовинський Е. Я., Кураєва І. В., Шухова Э. В. Экологическая геохимия и охрана окружающей среды (экспериментальная программа) // НИИ Пед. Украины, 1992. — 10 с.
217. Жовинский Э. Я., Кураева И. В., Островская Г. П. Подвижные формы токсичных элементов в почвах Украины // Труды республиканской научно-практической конф. — К.: ИГМР НАН Украины. — 1993а. — С. 19—20.
218. Жовинский Э. Я., Кураева И. В., Маничев В. И. Эколого-геохимические исследования подвижных форм токсичных элементов в условиях сельских агломераций. — К.: Наук. думка, 1993б. — 88 с.
219. Жовинский Э. Я., Кураева И. В., Шурпач Н. А. Влияние буферной способности почв на подвижность цинка // Мінералогічний журнал. — К., 1996. — 18, № 1—3. — С. 31—38.
220. Жовинский Э. Я., Кураева И. В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. — К.: Наук. думка, 2002. — 213 с.
221. Жовинський Е. Я., Самчук А. І., Манічев В. І., Петріченко Г. В. Важкі метали в ґрунтах Поліського заповідника // Мінералогічний журнал. — 2004. — № 2. — С. 47—53.
222. Жовинський Е. Я., Крюченко Н. О., Папарига П. С. Геохімія об'єктів довкілля Карпатського біосферного заповідника. — К., 2012. — 100 с.
223. Загрязнение тяжелыми металлами почв и травянистой растительности юго-восточного округа г. Москвы / Н. Н. Ладонина, Д. В. Ладонин, Е. М. Наумов, В. А. Большаков // Почвоведение. — М., 1999. — № 7. — С. 885—893.
224. Зверковский В. Н., Романова Н. В. Микроморфологические особенности и лесорастительные свойства отвальных пород на участках лесной рекультивации угольных отвалов // Грунтознавство. — 2007. — Т. 8, № 1—2. — С. 131—133.
225. Звягинцев Д. Г., Асеева И. В., Бабьева И. П., Мирчинк Т. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. — 224 с.
226. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії. В. П. Гудзь, А. П. Лісовал, В. О. Андрієнко, М. Ф. Рибак. — К.: Центр учбової літератури, 2007. — 408 с.
227. Земля тревоги нашей. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2002 році. Під ред. С. В. Третякова. — Донецьк: Новий мир, 2003. — 158 с.
228. Земля тревоги нашей. По материалам Докладов о состоянии окружающей природной среды в Донецкой области в 2007—2008 годах. Под ред. С. Третякова, Г. Аверина. — Донецк, 2009. — 124 с.
229. Земля тревоги нашей. По материалам Докладов о состоянии окружающей природной среды в Донецкой области в 2009 году. Под ред. С. Третякова, Г. Аверина. — Донецк, 2010. — 114 с.
230. Злобіна К. С., Кураєва І. В., Кроїк Г. А. Особливості хімічного складу підземних вод Києва, що використовуються для біоветного водопостачання // Вісник Дніпровського університету. Серія «Геологія. Географія». — Вип. 13, 2011. — С. 58—63.
231. Зінчук П. Й. Грунтознавство. — Луцьк: РВВ Вежа ВДУ ім. Лесі Українки, 2006. — 180 с.
232. Зубкова Т. А., Карпачевский Л. О. Роль минеральной матрицы горных пород в эволюции биосферы и почвы // Материалы Всероссийской научной конференции «Биосферные функции почвенного покрова». — Пущино, 2010. — С. 129—130.
233. Зхус И. Д. Глинистые минералы и их палеогеографическое значение. — М.: Наука, 1966. — 279 с.
234. Зырин Н. Г. Содержание и формы микроэлементов в почвах. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. — 387 с.
235. Зырин Н. Г., Обухов А. И., Могузова Г. В. Формы соединений микроэлементов в почвах и методы их изучения // Труды X Международного конгресса почвоведов. — М., 1974. — Т. 2. — С. 48—49.
236. Зырин Н. Г., Обухов А. И. Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов. — М.: Изд-во МГУ, 1977. — 339 с.
237. Зырин Н. Г., Орлов Д. С. Физико-химические методы исследования почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. — 348 с.
238. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов. — М.: Недр-Экология, 1994—1997. Кн. 1—6.
239. Иванов В. В., Мягкова А. Д. Оптическая диагностика первичных минералов почв. — М.: Изд-во МГУ, 1996а. — 80 с.
240. Иванов В. В., Мягкова А. Д. Диагностические таблицы. Приложение к учебному пособию «Оптическая

- диагностика первичных минералов почв». — М.: Изд-во МГУ, 1996б. — 14 с.
241. Иванов В.В., Кочетков М.В., Морозов В.И. и др. Научные основы и направления экологической геохимии в XXI веке // Прикладная геохимия. Вып. 2. Экологическая геохимия. — М., ИМГРЭ, 2001. — С. 25—50.
242. Ильин В.Б. О загрязнении тяжелыми металлами почв и сельскохозяйственных культур предприятием цветной металлургии // Агрохимия. — 1990. — № 3. — С. 92—99.
243. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва—растение. — Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1991. — 151 с.
244. Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // Агрохимия. — № 10. — 1995. — С. 109—113.
245. Ильин В.Б. Мониторинг тяжелых металлов применительно к крупным промышленным городам // Агрохимия. — 1997. — № 4. — С. 81—86.
246. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. — 229 с.
247. Ильинский А.В. Биологическая очистка почв, загрязненных тяжелыми металлами // Агрохимический вестник, 2003а; 5: 30—32.
248. Ильинский А.В. Применение фитомелиорантов для очистки черноземов, загрязненных тяжелыми металлами. Влияние природных и антропогенных факторов на социо-экосистемы, 2003б; 2: 259—261.
249. Импактное загрязнение почв металлами и фторидами. Под ред. Н.Г. Зырина, С.Г. Махалова, Н.В. Стасюк. — Л.: Гидрометеоздат, 1986. — 165 с.
250. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Пер. с англ. Д.В. Гричука, Е.П. Янина. — М.: Мир, 1989. — 439 с.
251. Канівець В.І. Життя ґрунту. — К.: Аграрна наука, 2001. — 131 с.
252. Карлович И.А. Геоэкология. — М.: Альма-Матер, 2005. — 512 с.
253. Кармазиненко С.П. Мікрморфологічний аналіз при дослідженні сучасних чорноземів України // Агрохімія і ґрунтознавство. — Харків, 2008а. — Вип. 69. — С. 171—176.
254. Кармазиненко С.П. Макро- і мікрморфологічні особливості чорноземів звичайних південних в межах степової зони України // Природно-територіальні та суспільно географічні комплекси регіонів: історія формування, стан, проблеми, перспективи: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції. — Луганськ, 2008б. — С. 42—45.
255. Кармазиненко С.П. Можливості мікрморфологічного аналізу при дослідженні чорноземів лісостепової і степової зон України // Проблеми розвитку наук про Землю в баченні молодих науковців: матеріали міжнародної наукової конференції. — К., 2008в. — С. 25—26.
256. Кармазиненко С.П., Дорошкевич С.П. Особливості підходів та ієрархія дослідження мікробудови ґрунтів / Матеріали VI міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої 255-річчю від дня народження першовідкривача криворізьких руд Василя Зуєва — К., 2009 — Вип. 6. — С. 35—39.
257. Кармазиненко С.П. Послідовність мікрморфологічного вивчення ґрунтів і відкладів // Матеріали VII міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів й молодих вчених «Географія, геоекологія, геологія: досвід наукових досліджень». — Дніпропетровськ, 2010а. — С. 27—29.
258. Кармазиненко С.П. Мікрморфологічні дослідження викопних і сучасних ґрунтів України. — К.: Наук. думка, 2010б. — 120 с.
259. Кармазиненко С.П. Етапи мікрморфологічних досліджень викопних ґрунтів і відкладів на території України // Географія та туризм. — К.: «Альтерпрес», 2010в. — Вип. 10. — С. 208—216.
260. Кармазиненко С.П. Мікрморфологічний метод дослідження ґрунтів: місце, завдання, особливості та послідовність їх вивчення // Матеріали міжнародної наукової конференції «Мир современной географии». — Сімферополь. — 2011а. Ученые записки Таврического ун-та им. В.И. Вернадского. — Т. 24 (63). — № 2, часть 1. География. — С. 78—82.
261. Кармазиненко С.П. Особливості мікрморфологічної будови чорноземів лісостепової і степової зон України // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 15-річчю створення факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України. — К., 2011б. — С. 50—53.
262. Кармазиненко С.П. Мікрморфологічний метод дослідження генезису сучасних ґрунтів // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шикули «Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання». — К., 2012. — С. 260—264.
263. Кармазиненко С.П. Особливості макро- і мікрморфологічної будови ґрунтів забруднених викидами підприємств чорної металургії // Матеріали V Міжнародної наукової конференції «Актуальні проблеми дослідження довкілля». — Суми: СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2013а. — Т. 2. — С. 157—162.
264. Кармазиненко С.П. Морфологічна і мікрморфологічна будова сучасних ґрунтів міста Маріуполь // Збірник наукових праць міжнародної наукової конференції: «Актуальні проблеми генетичного, географічного, історичного та екологічного ґрунтознавства». — Львів: Вида-

вничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2013б, Вип. 4. — С. 172—186.

265. Кармазиненко С.П. Исследования древних и современных почв как индикаторов изменений экологического состояния окружающей среды // Материалы Четвертой Международной научной молодежной школы по палеопочвоведению «Палеопочвы — хранители информации о природной среде прошлого». — Новосибирск: Издательский дом ООО «Окарина», 2013в. — С. 35—39.

266. Кармазиненко С.П. Результаты палеопедологических і еколого-геохімічних досліджень плейстоценових і сучасних ґрунтів на території північного Приазов'я // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої 95-річчю Національної академії наук України «Потенціал сучасної географії у розв'язанні проблем розвитку регіонів». — К.: Логос, 2013г. — С. 364—369.

267. Кармазиненко С.П., Войтюк Ю.Ю. Ґрунтово-геохімічні дослідження відкладів на території м. Маріуполь // «Географические и геоэкологические исследования в Украине и сопредельных территориях: сборник научных статей. — Симферополь: ДИАЙПИ, 2013а. — Т. 1. — С. 305—310.

268. Кармазиненко С.П., Войтюк Ю.Ю. Геоэкологическая оценка загрязнённости почв г. Мариуполь тяжёлыми металлами // Материалы 5-ой Международной научной конференции молодых ученых и аспирантов «Фундаментальная и прикладная геологическая наука глазами молодых ученых: достижения, перспективы, проблемы и пути их решения». — Баку: «Nafta-Press», 2013б. — С. 180—182.

269. Кармазиненко С.П., Манічев В.Й. Вплив викидів підприємств чорної металургії на особливості макро- і мікроморфологічної будови ґрунтів // Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи). — Чернівці, 2012. — Т. 4., Вип. 2. — С. 167—170.

270. Кармазиненко С.П., Кураєва І.В., Манічев В.І., Войтюк Ю.Ю. Экологическое состояние окружающей среды г. Мариуполь // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Экологические аспекты регионального развития». — Ярославль, 2011. — С. 330—337.

271. Кармазиненко С.П., Кураєва І.В., Войтюк Ю.Ю., Манічев В.І. Эколого-геохимические исследования почв г. Мариуполь // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского. — Махачкала: АЛЕФ, 2013. — С. 236—242.

272. Кармазиненко С.П., Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Манічев В.І. Оцінка стану забрудненості ґрунтів м. Алчевськ іонами важких металів // Матеріали міжнародної конференції «Зелена економіка: перспективи впровадження в Україні». — К., 2012. — Т. 1. — С. 333—337.

273. Кармазиненко С.П., Кураєва І.В., Войтюк Ю.Ю., Манічев В.Й. Ґрунтово-геохімічні дослідження відкладів, що знаходяться під впливом викидів комбінатів чорної металургії // Матеріали I-ої міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування». — Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2013а. — № 1 (7). — С. 42—47.

274. Кармазиненко С.П., Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Манічев В.Й. Вміст важких металів у ґрунтах та їх вплив на здоров'я населення м. Маріуполь // Збірник матеріалів науково-практичної конференції «Довкілля і здоров'я». — Тернопіль: Укрмедкнига, 2013б. — С. 70—71.

275. Кармазиненко С.П., Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Манічев В.Й. Оцінку вмісту важких металів у ґрунтах Маріуполя та їх вплив на здоров'я людини // Матеріали Міжнародної конференції «Цілі збалансованого розвитку для України». — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2013в. — С. 374—378.

276. Кармазиненко С.П., Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Манічев В.Й. Оцінку вмісту важких металів у ґрунтах м. Маріуполь та їх вплив на здоров'я людини // Матеріали Міжнародної конференції «Цілі збалансованого розвитку для України». — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2013г. — С. 374—378.

277. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. — М.: ГЕОС, 2005. — 336 с.

278. Касимов Н.С., Перельман А. И. О геохимии почв // Почвоведение. — М., 1992. — № 2. — С. 9—27.

279. Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. — М.: Колос, 2008 — 439 с.

280. Клименко М.О., Лико Д.В. Навчальні польові практики. — К.: Кондор, 2004. — 204 с.

281. Клименко М.О., Лико Д.В., Лико С.М. Покращення екологічного стану ґрунтів Західного Полісся шляхом застосування комплексних меліорантів // Збірник матеріалів II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. — Вінниця, 2011. — С. 1—4. <http://eco.com.ua>

282. Клименко Т.К. Біоекологічні особливості розподілу важких металів в урбосистемах промислового Дніпродзержинська: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. — Дніпропетровськ, 2007. — 20 с.

283. Клименко Т.К., Кармазина В.В. Вплив ґрунтових властивостей на розподіл важких металів в ґрунтах міських екосистем // Міжнародна науково-практична конференція «Перший Всеукраїнський з'їзд екологів». Збірник тез доповідей. — С. 257. / <http://eco.com.ua>.

284. Клос В.Р., Бріке М., Жовинський Е.Я., Акініф'єв Г.О., Амакушелі Ю.А., Кламенс Р. Регіональні геохімічні дослідження ґрунтів України в рамках міжнародного проекту з геохімічного картування сільськогосподарських та пасовищних земель Європи (GEMAS) // Екологічна геохімія. — 2012. № 1 (12). — С. 51—66.

Список літератури

285. Коваленко Г.Д. Радиоэкология Украины. — Харьков: Инжек, 2008. — 261 с.
286. Ковальский В.В. Геохимическая экология. — М.: Наука, 1974. — 299 с.
287. Ковальский В.В., Андрианова Г.А. Микроэлементы в почвах СССР. — М.: Изд-во «Наука», 1970. — 180 с.
288. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. — М.: Наука, 1985. — 264 с.
289. Ковда В.А., Зырин Н.Г. Микроэлементы в почвах Советского Союза. Вып. 1. Европейская часть. — М.: МГУ, 1973. — 283 с.
290. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. — М.: Колос, 2000. — 416 с.
291. Козина Е.Д. Геолого-экологические исследования Волновахско-Мариупольского района в 1991—1999 гг. Фондові матеріали Геоінформ України. — 1999.
292. Козьякова Н.О. Екоотоксичний вплив важких металів (Cd, Pb, Cu, Zn) на систему «грунт—рослина» в умовах Полісся та Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.16. — екологія. — К., 2002. — 17 с.
293. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. — Ростов-на-Дону, 2000. — 230 с.
294. Копченова Е.В. Минералогический анализ шлихов и рудных концентратов. — М.: Недра, 1979. — 246 с.
295. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. — Ростов-на-Дону: изд-во «Феникс», 2003. — 576 с.
296. Королев Н.В., Рюхин В.В., Горбунов С.А. Эмиссионный спектральный микроанализ. — Л., 1971. — 213 с.
297. Корсун С.Г., Бонюк З.Г. Токсикологічний стан ґрунтів урботериторій // Збірник матеріалів II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. — С. 1—4. / <http://eco.com.ua>.
298. Косоветь О.О., Колісник І.А. Стан забруднення природного середовища на території України за даними спостережень організацій державної гідрометслужби у 2010 році. — С. 198—201. / <http://eco.com.ua>.
299. Костов И. Минералогия. — М.: Мир., 1971. — 584 с.
300. Коцаренко Н.С., Якуба М.С. Екологічні особливості накопичення важких металів у ґрунтовому покриві острова Зміїний // Матеріали VIII міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів й молодих вчених «Географія, геоecологія, геологія: досвід наукових досліджень». — Дніпропетровськ, 2011. — С. 119—120.
301. Крюченко Н.О. Геохімічні пошуки металічних корисних копалин за вторинними сольовими ореолами на території Українського щита: автореф. дис. ... доктора геол. наук: 04.00.02. — К., 2008. — 28 с.
302. Кузин М.Ф. Таблица главнейших породообразующих и рудных минералов. — М., 1971. — 76 с.
303. Кузнецов В.А., Шимко Г.А. Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. — Минск: Наука и техника, 1990. — 65 с.
304. Купчик В.І., Іваніна В.В., Нестеров Г.І. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості: навч. посібник. — К.: Кондор, 2007. — 414 с.
305. Кураева И.В. Основные геохимические факторы подвижности микроэлементов в почвах Украины // Мінералогічний журнал. — 1996. — № 6. — С. 26—30.
306. Кураева И.В. Создание информационно-справочной системы эколого-геохимической оценки почв Украины // Мінералогічний журнал. — 1997а. — № 1. — С. 51—56.
307. Кураева И.В. Загрязнения почв урбанизированных территорий Украины тяжелыми металлами // Мінералогічний журнал. — 1997б. — № 2. — С. 43—51.
308. Кураева И.В. Микроэлементы в почвах сельхозагломераций Украины // Мінералогічний журнал. — 1997в. — № 4. — С. 40—48.
309. Кураева І.В., Самчук А.І., Сорокіна Л.Ю., Голубцов О.Г., Войтюк Ю.Ю. Розподіл важких металів у ґрунтах південнополіських ландшафтів Києва та приміської зони // Мінералогічний журнал. — К., 2010а. — № 1. — С. 77—91.
310. Кураева І.В., Самчук А.І., Яковенко О.В., Войтюк Ю.Ю., Кисельов М.М., Філатов В.Ф., Дуброва Н.О. Закономірності розподілу токсичних елементів у зоні аерації Горлівського хімічного заводу // Мінералогічний журнал. — К., 2010б. — № 2. — С. 85—93.
311. Кураева И.В., Акимова О.Р., Войтюк Ю.Ю. Распределение химических элементов в открытых водоемах г. Киева // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції «Екологія міст та рекреаційних зон». — Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІН-ВАЦ», 2010а. — С. 204—207.
312. Кураева И.В., Акимова О.Р., Сорокіна Л.Ю., Голубцов А.Г., Стадник В.А., Войтюк Ю.Ю. Особенности распределения тяжелых металлов в поверхностных водах г. Киева // Матеріали V міжнародної молодіжної наукової конференції «Окружающая среда — XXI». — Днепропетровск, 2010б. — С. 46—47.
313. Кураева І.В., Войтюк Ю.Ю., Манічев В.Й. Еколого-геохімічні дослідження ґрунтів в зоні впливу підприємств чорної металургії м. Маріуполь // Екологія і природокористування. — Дніпропетровськ, 2011. — № 14. — С. 211—217.
314. Кураева И.В., Войтюк Ю.Ю., Манічев В.И. Распределение и формы нахождения тяжелых металлов в почвах под влиянием комбинатов черной металлургии г. Мариуполь (Украина) // Матеріали Международной научной конференции «Геохимия четвертичных отложе-

- ний Беларуси». — Минск: «Право и экономика», 2011а. — С. 39—43.
315. Кураева И., Маничев В., Локтионова Е., Сёмка Л. Тяжелые металлы в урбанизированных ландшафтах Киевского Полесья // Географія. Економіка. Екологія. Туризм: регіональні студії. — Ніжин, 2011б. — Вип. 5. — С. 122—130.
316. Кураева И., Самчук А., Кармазиненко С. Екологічний стан ґрунтів м. Києва // Географія. Економіка. Екологія. Туризм: регіональні студії. — Ніжин, 2011в. — Вип. 5. — С. 131—137.
317. Кураева І.В., Войтюк Ю.Ю., Манічев В.Й. Оцінка впливу діяльності підприємств чорної металургії на оточуюче середовище за геохімічними показниками (на прикладі м. Маріуполя) // Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України. — К.: «Альфа-Реклама», 2012. — Розд. 3.2. — С. 104—119.
318. Кураева И.В., Войтюк Ю.Ю., Матвиенко А.В. Эколого-геохимические исследования техногенно-загрязненных почв // Збірник наукових праць присвячений 155-річчю з дня народження Павла Аполлоновича Тутковського «Сучасні проблеми геології». — К.: Національний науково-природничий музей НАН України, 2013а. — С. 96—100.
319. Кураева И.В., Войтюк Ю.Ю., Кармазиненко С.П., Манічев В.Й. Геохімічні дослідження ґрунтового покриву м. Маріуполь // Сборник научных трудов посвященный 130-летию со дня рождения академика Александра Евгеньевича Ферсмана «От минералогии до геохимии». — К., 2013б. — С. 81—87.
320. Кураева И.В. Современное состояние и основные проблемы экологической геохимии в Украине // Мінералогічний журнал. — К., 2014, 36, № 3. — С. 12—20.
321. Куриленко В.В. Основы управления природо- и недропользования. Экологический менеджмент. — С.-Петербург: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2004. — 219 с.
322. Кучерявий В.П. Урбоекологія. — Львів: Світ. — 2001. — 440 с.
323. Кучерявий В.П. Фітомеліорація. — Львів: Світ, 2003. — 539 с.
324. Лабораторные методы исследования минералов. В.Ю. Эшкин, Э.П. Сальдау, Н.Б. Абакумова и др. — Ленинград, 1988. — 111 с.
325. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учебное пособие. М.В. Новицкий, И.Н. Донских, Д.В. Чернов и др. — С.-Петербург: Проспект Науки, 2009. — 320 с.
326. Ладонин Д.В. Влияние техногенного загрязнения на фракционный состав меди и цинка в почвах // Почвоведение. — М., 1995. — № 10. — С. 1299—1305.
327. Ладонин Д.В., Марголина С.Е. Взаимодействие гуминовых кислот с тяжелыми металлами // Почвоведение. — 1997. — № 7. — С. 806—811.
328. Ладонин Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. — 2002. — № 6. — С. 682—692.
329. Лазаренко Є.К., Винар О.М. Мінералогічний словник. — К.: Наук. думка, 1975. — 776 с.
330. Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. и др. Минералогия Криворожского бассейна. — К.: Наук. думка., 1977. — 544 с.
331. Лазаренко Е.К., Лавриненко Л.Ф., Бучинская Н.И. и др. Минералогия Приазовья. — К.: Наук. думка, 1980. — 432 с.
332. Лисенко О.М., Набиванець Б.Й. Вступ до хроматографічного аналізу. — К.: Корвін-прес, 2005. — 187 с.
333. Лонцих С.В., Недлер В.В., Райхбаум Я.Д. Спектральный анализ металлотрических проб. — М.: Госгелтехиздат, 1959. — 118 с.
334. Лукашев К.И. Геохимия четвертинного литогенеза. — Минск: Наука и техника, 1970. — 287 с.
335. Лукашев К.И. Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования. — Минск: Наука и техника, 1972. — 285 с.
336. Лукашев К.И., Лукашев В.К. Геохимия ландшафтов. — Минск: Наука и техника, 1967. — 359 с.
337. Лукашев К.И., Лукашев В.К. Геохимия ландшафтов. — Минск: Вышэйная школа, 1972. — 358 с.
338. Лукашев К.И., Петухова Н.Н. Химические элементы в почвах. — Минск: Наука и техника, 1970. — 232 с.
339. Лучицкий В.И. Петрография. — М. — Т. 1., 1947. — 328 с.
340. Люта Н. Г. Екологічний стан довкілля та європейські перспективи України // Мінеральні ресурси України. — К., 2011. — № 1. — С. 6—11.
341. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. — М.: Химия, 1996. — 319 с.
342. Мамантов В.Г., Панов Н.П., Кауричев И.С., Игнатъев Н.Н. Общее почвоведение. — М.: Колос, 2006. — 456 с.
343. Мальгин М.А. Биогеохимия элементов в Горном Алтае. — Новосибирск: Наука, 1978. — 272 с.
344. Мариуполь и его окрестности: взгляд из XXI века. Р.П. Божко, Т.Ю. Були, Н.Н. Гашененко и др. — Мариуполь: Рената, 2008. — 428 с.
345. Махов Г.Г. Ґрунти України. Нарис ґрунтів, методика дослідження, визначник ґрунтів, короткий нарис геології та рослинності України. — Харків, 1930. — 330 с.
346. Медведев В.В. Особенности макро- и микроморфоструктуры черноземных и темно-каштановых почв УССР в связи с микростроением и водно-физическими свойствами: автореф. канд дис. — Харьков, 1969. — 20 с.

347. Медведєв В.В. Мікроморфологічний метод і його застосування в фізиці ґрунту // *Агрохімія і ґрунтознавство*, 1974. — Вип. 25. — С. 100—114.
348. Медведєв В.В., Лактіонова Т.М., Греков Л.Д. Типологія і оцінки небезпечних явищ у ґрунтовому покриві України // *Ґрунтознавство*. — 2004. — Т. 5, Г. — № 3—4. — С. 13—23.
349. Медведєв В.В., Лактіонова Т.Н. Анализ опыта Европейских стран в поведении мониторинга почвенного покрова // *Почвоведение*. — 2012, № 1. — С. 106—114.
350. Методика палеопедологических исследований. М.Ф. Веклич, Ж.Н. Матвишина, В.В. Медведєв и др. — К.: *Наук. думка*, 1979. — 272 с.
351. Методическое руководство по микроморфологии почв. Под ред. Г.В. Добровольского. — М.: Изд-во Москов. ун-та, 1983. — 64 с.
352. Методы контроля качества почвы. Д.Л. Котова, Т.А. Девятова, Т.А. Крысанова, Н.К. Бабенко, В.А. Крысанов. — Воронеж, 2007. — 106 с.
353. Методы минералогических исследований: Справочник. Под ред. А.И. Гинзбурга. — М.: *Недра*, 1985. — 480 с.
354. Методы минералогического и микроморфологического изучения почв / Сборник статей. Отв. ред. Н.И. Горбунов. — М.: *Наука*, 1971. — 175 с.
355. Методы экспериментальной микологии / Под ред. В.И. Билай. — К.: *Наук. думка*, 1974. — 512 с.
356. Микроморфологическая диагностика естественных и антропогенных почв / Сборник статей. Гл. ред. В.В. Егоров. — М.: *Почв. ин-т*, 1981. — 68 с.
357. Микроморфологическая диагностика почв и почвообразовательных процессов / Отв. ред. В.О. Таргульян. — М.: *Наука*. — 1983. — 228 с.
358. Микроморфология почв и рыхлых отложений / Сборник статей. Отв. ред. С.В. Зонн. — М.: *Наука*, 1973. — 92 с.
359. Микроморфологический метод в исследованиях генезиса почв / Сборник статей. Отв. ред. С.В. Зонн. — М.: *Наука*, 1966. — 172 с.
360. Микроморфология антропогенно измененных почв / Сборник научных трудов. Отв. ред. Г.В. Добровольский. — М.: *Наука*, 1988. — 215 с.
361. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г., Крыщенко В.С., Манджиева С.С. Комбинированный прием фракционирования соединений металлов в почвах // *Почвоведение*. — М., 2008. — № 11. — С. 1324—1333.
362. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. — М.: МГУ, 1988. — 220 с.
363. Мислива Т.М. Особливості накопичення важких металів в урбаноземах м. Житомир // *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шикולי «Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання»*. — К., 2012. — С. 202—205.
364. Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Осокіна Н.П. Екогеохімія Чорного моря. — К., 2006. — 279 с.
365. Михайлов И.С. Морфологическое описание почвы (вопросы стандартизации и кодирования). — М.: *Наука*, 1975. — 72 с.
366. Мицкевич Б.Ф., Сущик Ю.Я. Основы ландшафтно-геохимического районирования. — К.: *Наук. думка*, 1981. — 174 с.
367. Мицкевич Б.Ф., Сущик Ю.Я., Самчук А.И. Физико-химические условия формирования экзогенных ореолов и потоков рассеяния бериллия. — К.: *Наук. думка*, 1984. — 176 с.
368. Міцкевич Б.Ф. Геохімічні ландшафти Українського щита. — К.: *Наук. думка*, 1971. — 271 с.
369. Моніторинг довкілля: підручник. М.О. Клименко, А.М. Прищепа, А.М. Вознюк. — К.: Видавничий центр «Академія», 2006. — 360 с.
370. Моніторинг довкілля: підручник. Під ред. В.М. Боголюбова. — Вінниця: ВНТУ, 2010. — 232 с.
371. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навчальний посібник. В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар та ін. — К.: Вид-во Нац. Авіац. Ун-ту «НАУ-друк», 2009. — 312 с.
372. Мониторинг среды обитания. Часть 1. Л.Т. Крупская, А.М. Дербенцева, А.Г. Новороцкая и др. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2007. — 180 с.
373. Моргун Є.М. Вміст Zn в темно-каштанових ґрунтах біосферного заповідника «Асканія-Нова» // *Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова»*, Т. 11, — 2009 — С. 112—115.
374. Мотузова Г.В. Принципы и методы почвенно-химического мониторинга. — М.: Изд-во МГУ, 1988. — 101 с.
375. Мотузова Г.В. Почвенно-химический и экологический мониторинг. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — 84 с.
376. Мотузова Г.В., Барсонова Н.Ю., Тушани Б.С. Сорбционно-десорбционная способность почв в отношении тяжелых металлов // *Тезисы докладов 2 съезда общества почвоведов России*. — М., 1996. — Кн. 1. — С. 198—199.
377. Мотузова Г.В., Аптикаев Р.С., Карпова Е.А. Фракционирование почвенных соединений мышьяка // *Почвоведение*. — М., 2006. — № 4. — С. 432—442.
378. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. — М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. — 237 с.
379. Мочалова Э.Ф. Изготовление шлифов из почв с ненарушенным строением // *Почвоведение*. — 1956. — № 10. — С. 98—100.
380. Музафаров В.Г. Определение минералов и горных пород. — М.: *Просвещение*, 1968. — 39 с.

381. Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство. — С.-Петербург: Крисмас+, 2008. — 216 с.
382. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Грунтознавство: підручник. — Чернівці: Книги—XXI, 2004. — 400 с.
383. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Грунтознавство: підручник. — Чернівці: Книги—XXI, 2008. — 400 с.
384. Назимко В.В., Костенко В.К., Назимко О.І., Колеснікова В.В. Грунтознавство. Навчальний посібник. — Донецьк, 2008. — 198 с.
385. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2002 році. — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2002. — 162 с.
386. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2001 році / Мінекоресурсів України. — К.: Вид-во Раєвського, 2003. — 184 с.
387. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2004 році. — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2005. — 227 с.
388. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2006 році. — К.: Мілприроди України, 2007. — С. 67—77.
389. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році. — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011а. — 383 с.
390. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році. — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011б. — 254 с.
391. Національний атлас України. Гол. редактор Л.Г. Руденко; Інститут географії НАН України. — К.: ДНВП «Картографія», 2007. — 440 с.
392. Недвига М.В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. — К., 1994. — 339 с.
393. Некос В.Ю., Максименко Н.В., Владимірова О.Г. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: навчальний посібник. — Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2005. — 184 с.
394. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. Под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. — М.: Мир, 1993. — 368 с.
395. Носко Б.С. Антропогенна еволюція чорноземів. — Харків, Вид. «13 типографія», 2006. — 240 с.
396. Обухов А.И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. — М.: МГУ, 1991. — 184 с.
397. Общее почвоведение. В.Г. Мамонтов, Н.П. Панов, И.С. Кауричев, Н.Н. Игнатьев. — М.: Изд-во Колос, 2006. — 456 с.
398. Огар Т.В. Важкі метали у зоні аерації Українського Полісся: дис. ... кандидата геол. наук: 04.00.02. — К., 2008. — 209 с.
399. Огар Т.В. Особливості розподілу важких металів у ґрунтах Київського мегаполісу / Матеріали VI міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої 255-річчю від дня народження першовідкривача криворізьких руд Василя Зуєва. — К., 2009. — Вип. 6. — С. 238—241.
400. Огурцов А.П., Волошин М.Д. Сучасне довкілля та шляхи його покращення. — К.: НМЦ ВО, 2003. — 547 с.
401. Орлов Д.С. Химия почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. — 376 с.
402. Орлов Д.С. Цвет и диагностика почв. // Соросский образовательный журнал, № 4. — 1997. — С. 45—51.
403. Орлов Д.С., Мотузова Г.В., Маянина М.С. Методические указания по обработке и интерпретации результатов химического анализа почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. — 109 с.
404. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв: учебник. — М.: Высшая школа, 2005. — 558 с.
405. Основы гидрогеохимических поисков рудных месторождений. Б.А. Колотов, С.Р. Крайнов, В.З. Зубейкин и др. — М.: Недра, 1983. — 199 с.
406. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02–83. — [действующий от 1985—01—01]. — М.: Госстандарт СССР, 1983. — 4 с.
407. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02–84. — [действующий от 1986—01—01]. — М.: Госстандарт СССР, 1984. — 7 с.
408. Панас Р.М. Грунтознавство: навчальний посібник. — Львів: «Новий Світ–2000», 2008. — 372 с.
409. Панникова Е.Л., Перцовская А.Ф. Микроорганизмы как компонент биогеоценоза. — Алма-Ата, 1982. — С. 103—106.
410. Панов Б.С. Новое в минералогии Донбасса и Приазовья // Минералогічний журнал, 2001, № 4. — С. 99—108.
411. Парфенова Е.И., Ярилова Е.А. Минералогические исследования в почвоведении. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 206 с.
412. Парфенова Е.И., Ярилова Е.А. Схематическая группировка частей микростроения почв. — М., 1972. — 47 с.
413. Парфенова Е.И., Ярилова Е.А. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. — М.: Наука, 1977. — 198 с.
414. Патент на винахід 90279 UA. Стрес-толерантна трансгенна рослина пшениці. С. Макнейл, AU, Д. Чемберлейн, AU, Р. Боувер, NZ. Опубл. 26.04.2010а, Бюл. № 8.

415. Патент на корисну модель 4726 UA. Спосіб очищення техногенно-забруднених ґрунтів від важких металів. М.М. Дронь, Ф.О. Чмиленко, Н.М. Смітюк. Опубл. 15.02.2005, Бюл. № 2.
416. Патент на корисну модель 25274 UA. Спосіб вирощування сільськогосподарських культур на ґрунтах, забруднених радіонуклідами і/або важкими металами. С.М. Абрамов, В.І. Сопельник. Опубл. 10.08.2007а, Бюл. № 12.
417. Патент на корисну модель 26085 UA. Агроекологічний препарат «біокольчуга». С.М. Абрамов, В.І. Сопельник. Опубл. 10.09.2007б, Бюл. № 14.
418. Патент на корисну модель 34132 UA. Органомінеральне пастоподібне добриво. С.М. Абрамов, В.І. Сопельник, К.В. Сопельник. Опубл. 25.07.2008а, Бюл. № 14.
419. Патент на корисну модель 38149 UA. Спосіб рекультивациі териконів. О.В. Бутюгін, М.Б. Узденніков, Ю.М. Зубкова, М.В. Гнеденко. Опубл. 25.12.2008б, Бюл. № 24.
420. Патент на корисну модель 45299 UA. Спосіб рекультивациі териконів. О.В. Бутюгін, М.Б. Узденніков, М.В. Гнеденко. Опубл. 0.11.2009а, Бюл. № 21.
421. Патент на корисну модель 50789 UA. Спосіб очищення ґрунтів породного відвалу вугільних шахт від важких металів. М.Я. Гавриляк, В.І. Баранов. Опубл. 25.06.2010б, Бюл. № 12.
422. Патент на корисну модель 76416 UA. ФітореMediaційний спосіб очищення ґрунтів від важких металів. О.П. Корж, І.Г. Савченко, Н.О. Гура. Опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
423. Пелипець М.В. Форми знаходження важких металів у ґрунтах міста Львова та його околиць: автореф. дис. ... канд. геол. наук : 04.00.02. — Львів, 2000. — 20 с.
424. Передерий В.И. Значение познания минерального состава почв при палеогеографических исследованиях голоцена Украины // Организация почвенных систем. — Пушино, 2007. — Т. 1. — С. 226—230.
425. Переломов Л.В., Пинский Д.Л. Формы Mn, Pb и Zn в серых лесных почвах Среднерусской возвышенности // Почвоведение. — М., 2003. — № 6. — С. 682—691.
426. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. — М.: Высш. шк., 1975. — 340 с.
427. Перельман А.И. Изучая геохимию...: (О методологии науки). — М.: Наука, 1987. — 152 с.
428. Перельман А.И. Геохимия. — М., 1989. — 528 с.
429. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. — М., 1999. — 610 с.
430. Петров К.М. Общая геоэкология. — С.—Петербург, 2004. — 440 с.
431. Петрова Л.О. Закономірності розподілу важких металів у зоні аерації Південно-Східного Донбасу: дис. ... канд. геол. наук: 04.00.02. — К., 2010. — 175 с.
432. Плеханова И.О., Бамбушева В.А. Экстракционные методы изучения состояния тяжелых металлов в почвах и их сравнительная оценка // Почвоведение. — М., 2010. — № 9. — С. 1081—1088.
433. Поживанов М.А. Катастрофу можно отемнить. — Мариуполь: Посейдон; Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов, ун-та, 1995. — 224 с.
434. Поживанов М.А. Колокол звонит и по тебе (Катастрофу можно отемнить—2). — К., 2014. — 218 с.
435. Позняк С.П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів. Підручник. У двох частинах. — Ч. 2. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. — 286 с.
436. Позняк С.П., Красеха Є.Н. Чинники ґрунтоутворення: навч. посібник. — Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. — 400 с.
437. Полевой определитель почв. Под ред. Н.И. Полупана. — К.: Урожай, 1981. — 320 с.
438. Полупан М.І., Соловей В.Б. та ін. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. — К.: «Колбiг», 2005а. — 303 с.
439. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України. — К.: Аграрна наука, 2005б. — 300 с.
440. Полюнов Б.Б. Кора выветривания. Ч. 1: Процессы выветривания: Основные фазы и формы выветривания и их распределение. — Л.: Изд-во АН СССР. — 1934. — 210 с.
441. Полюнов Б.Б. Учение о ландшафтах // Вопр. географии. — М., 1953. — Сб. 33. — С. 30—44.
442. Полюнов Б.Б. Генетический анализ морфологии и почвенного профиля. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. — 123 с.
443. Польчина С.М. Ґрунтознавство. Головні типи ґрунтів: навчальний посібник. — Ч. 1. — Чернівці: Рута, 2000. — 77 с.
444. Поляков А.К., Малюгин И.Е., Тарабрин В.П., Королев В.В. Древесные насаждения в оптимизации техногенной и рекреационной среды Приазовья. — К.: Наук. думка, 1992. — 171 с.
445. Поляков А.Н. Микроморфология черноземов правобережной лесостепи Украинской ССР // Почвоведение. — 1980. — № 9. — С. 79—92.
446. Попенко Е.С., Самчук А.І., Огарь Т.В. Особливості розподілу важких металів та селену у ґрунтах Південно-Присивашської акумулятивної рівнини (Україна) // Геохімія та рудоутворення. — 2012, Вип. 31—32. — С. 170—174.
447. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. Под ред. Д.С. Орлова, В.Д. Васильевской. — М.: МГУ, 1994. — 272 с.
448. Почвоведение. Под ред. И.С. Кауричева, И.П. Гречина. — М.: Колос, 1969. — 543 с.

449. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. В 2 ч. Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование. — М.: Высш. шк., 1988а. — 400 с.
450. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. В 2 ч. Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч. 2. Типы почв, их география и использования. — М.: Высш. шк., 1988б. — 368 с.
451. Почвы в биосфере и жизни человека: монография. — М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. — 584 с.
452. Почвы СССР. Отв. ред. Г.В. Добровольский. — М.: Мысль, 1979. — 380 с, карт., 16 л. ил.
453. Практикум з ґрунтознавства: навчальний посібник / За ред. Д.Г. Тихоненка. — Харків: Майдан, 2009. — 447 с.
454. Преображенский И.А., Саркисян С.Г. Минералы осадочных пород. — М., 1954. — 462 с.
455. Протасова Н.А., Щеглов Д.И. Физико-химические методы исследования почв (спектральный эмиссионный анализ почв). — Воронеж, 2003. — 24 с.
456. Процессы почвообразования и эволюция почв. Отв. ред-ры В.О. Таргульян, А.А. Величко. — М.: Наука, 1985. — 249 с.
457. Прудникова Т.И., Леонтьев Д.В., Неделько О.П. Почвоведение. Методические рекомендации к лабораторным занятиям для студентов биологического факультета. — Харьков: ХНУ, 2010. — 42 с.
458. Пупынин В.М. Применение цеолитов // Агрохимический вестник. — 1999. — № 1. — С. 26.
459. Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. — М.: Техносфера, 2009. — 784 с.
460. Пупышев А.А., Данилова Д.А. Атомно-эмиссионный спектральный с индуктивно связанной плазмой и тлеющим разрядом по гримму. — Екатеринбург. — 2002. — 153 с.
461. Радченко А.И. Распределение ртути в ландшафтно-геохимических зонах Крыма // Мінералогічний журнал. — 1999. — Т. 21, № 1. — С. 79—84.
462. Распоіна С.П., Ворон В.П. Ґрунти соснових лісів в умовах промислового забруднення // Ґрунтознавство. — 2006. — Т. 7, № 3—4. — С. 45—49.
463. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області в 2007 році // Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2008. — 111 с.
464. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області в 2008 році // Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2009. — 107 с.
465. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області в 2009 році // Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2010. — 197 с.
466. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області в 2010 році // Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2011. — 257 с.
467. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області в 2011 році // Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Донецькій області. — Донецьк, 2012. — 234 с.
468. Регіональна екологічна мережа Донецької області: концепція, програма та схема / Під ред. В.М. Остапко. — Донецьк: Видавництво — ТОВ «ТЕХНОПАК», 2009. — 96 с.
469. Реймерс Н.Ф. Азбука природы. Микроэнциклопедия биосферы: энциклопедический словарь. — М.: Знание, 1980. — 208 с.
470. Решетов Н.Г. Экология почв. Учебно-методическое пособие. — Воронеж, 2005. — 24с.
471. Рихванов Л.П., Языков Е.Г., Сарваев С.И. Содержание тяжелых металлов в почвах. — Томск, 1993. — 84 с.
472. Ричак Н.Л., Тітенко Г.В. Управління екологічним станом ґрунтового покриву м. Харкова // Збірник матеріалів І-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. — Вінниця. — С. 142. / <http://eco.com.ua>.
473. Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв. — М.: Изд-во МГУ, 1975. — 292 с.
474. Розанов Б.Г. Морфология почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. — 320 с.
475. Розанов Б.Г. Морфология почв. — М.: Академический Проект, 2004. — 432 с.
476. Ромашкевич А.И., Герасимова М.И. Микроморфология и диагностика почвообразования. — М.: Наука, 1982. — 125 с.
477. Рудаков О.Б., Востров И.А., Федоров С.В., Филиппов А.А., Селеменов В.Ф., Приданцев А.А. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии. — Воронеж: Водолей, 2004. — 528 с.
478. Рудько Г.І. Медична геологія — новий напрям розвитку науки та практики // Геолог України. — К., 2012. — № 4. — С. 48—51.
479. Рудько Г.І., Адаменко О.М. Конструктивна геоекологія: наукові основи та практичне втілення. — К.: ТОВ «Маклаут», 2008. — 320 с.
480. Руководство по изучению новейших отложений. Под ред. П.А. Каплина. — М.: Изд-во МГУ, 1987. — 238 с.
481. Русанов А.К. Основы количественного спектрального анализа руд и минералов. — М.: Недра, 1971. — 360 с.
482. Рэуце К., Кырстя С. Борьба с загрязнением почвы: пер. с рум. — М.: Агропромиздат, 1986. — 222 с.

483. Рябухин А.Г. Экологическая геохимия: из прошлого — в будущее; от практики — к теории. — М.: МГУ, 2001. — 23 с.
484. Савосько В.Н. Локальное фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона // Грунтознавство. — 2009. — Т. 10, № 3—4. — С. 64—73.
485. Савосько В.Н. Ассоциации тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона // Грунтознавство. — 2010. — Т. 11, № 1—2. — С. 85—90.
486. Саєт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
487. Самойлова Е.М. Почвообразующие породы. — М.: Изд-во МГУ, 1983. — 172 с.
488. Самохвалова В.Л. Применение антидотов при загрязнении системы почва — растение тяжелыми металлами // Грунтознавство. — 2006. — Т. 7, № 3—4. — С. 50—66.
489. Самохвалова В.Л. Біологічні методи ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами // Біологічні студії. — Т. 8/№ 1. — 2014 — С. 217—236.
490. Самохвалова В.Л., Фатеев А.И. Оцінка токсичної дії важких металів на основі вивчення індикаторних процесів симбіотичної системи // Грунтознавство. — 2004. — Т. 5, № 3—4. — С. 52—62.
491. Самохвалова В.Л., Фатеев А.И. Тяжелые металлы как фактор техногенного воздействия на почвенные микроорганизмы // Грунтознавство. — 2006. — Т. 7, № 1—2. — С. 88—95.
492. Самохвалова В.Л., Фатеев А.И. Биологическая составляющая почвы при последствии импактного загрязнения тяжелыми металлами // Материалы Всероссийской научной конференции «Биосферные функции почвенного покрова». — Пушино, 2010. — С. 274—276.
493. Самохвалова В., Фатеев А., Лучникова С. Еколого-геохімічна оцінка фонового рівня вмісту різних форм мікроелементів ґрунту // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. — 2011. — Вип. 55. — С. 125—133.
494. Самчук А.И., Филипенко А.Т. Аналитическая химия минералов. — К.: Наук. думка, 1982. — 200 с.
495. Самчук А.И., Мицкевич Б.Ф., Сущик Ю.А. и др. Подвижные формы тяжелых металлов в почвах Киевского Полесья // Геологический журнал. — 1993. — С. 81—87.
496. Самчук А.И., Бондаренко Г.Н., Долин В.В., Сущик Ю.Я., Шраменко И.Ф., Мицкевич Б.Ф., Егоров О.С. Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах // Минералогический журнал. — К., 1998. — № 2. — С. 48—59.
497. Самчук А.И., Егоров О.С., Стадник В.О. та ін. Важкі метали в ґрунтах Київського мегаполісу // Вісник Дніпропетровського ун-ту. Геологія. Географія. — 2002. — Вип. 4. — С. 154—161.
498. Самчук А.И., Кураева И.В. и др. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах техногенно загрязненных территорий на примере Артемовского и Днепропетровского металлургических комбинатов // Пошукова та екологічна геохімія. — К., 2004. — № 4. — С. 11—14.
499. Сапрыкин Ф.Я. Геохимия почв и охрана природы. — Л.: Недра, 1984. — 231 с.
500. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. Пер. с англ. К.Л. Тарасова, Ю.Н. Ковалева. Под ред. И.Р. Дорожковой. — М.: Мир, 2001. — 468 с.
501. Сафонов А.И. Фітоіндикація забруднення важкими металами антропогенно трансформованого середовища Донбасу: автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.16. — Дніпропетровськ, 2004. — 21 с.
502. Сафранов Т.А., Чугай А.В., Ільїна В.Г. Забрудненість важкими металами ґрунтів та донних відкладів в Одеському регіоні // Міжнародна науково-практична конференція «Перший Всеукраїнський з'їзд екологів» Збірник тез доповідей. — С. 272. / <http://eco.com.ua>.
503. Сергеев А.Ю., Сергеев Ю. В. Грибковые инфекции: Руководство для врачей. — М.: Бинном-пресс, 2004. — 440 с.
504. Сердюк С.Н. Опыт зонирования почвенного покрова урбоэкосистемы по степени загрязнения тяжелыми металлами // Грунтознавство. — 2004. — Т. 5, № 1—2. — С. 79—85.
505. Сердюк С.М., Пасічний Г.В. Ґрунтово-екологічні моніторингові дослідження техногенного забруднення важкими металами міського середовища (на прикладі м. Дніпропетровська) // Матеріали конференції «Екологічний світогляд ХХІ віку». — Дніпропетровськ, 2002. — С. 58—61.
506. Сизов А.П., Хомяков Д.М., Хомяков П.М. Проблемы борьбы с загрязнением почв и продукции растениеводства. — М.: МГУ, 1990. — 19 с.
507. Сизых А.И. Определитель минералов и метаморфических пород: В 3 книгах: учебное пособие. — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1995. — Кн. 1. — 120 с.
508. Симканич О.І., Сухарев С.М. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах національного природного парку «Зачарований край» // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні проблеми і тенденції розвитку ґрунтознавства». — Чернівці, 2012. — С. 39.
509. Ситіна О.М. Міграція важких металів у системі ґрунт — рослина техногенних ландшафтів (на прикладі м. Луганська): автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.18. — Харків, 2010. — 22 с.
510. Смирнов Г.В., Христюков В.Г. Геоэкология: учебное пособие. — Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. — 217 с.
511. Смольянинов Н.А. Практическое руководство по минералогии. — М.: Недра, 1972. — 360 с.

512. Собо́тович Э. В., Ольшинский С. П. Геохимия техногенеза. — К.: Наук. думка, 1991. — 228 с.
513. Соколов А. С. Урбоэкология: практическое пособие. — Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. — 51 с.
514. Соколов М. С. Способны ли мы оздоровить наши почвы? // Материалы Всероссийской научной конференции «Биосферные функции почвенного покрова». — Пушино, 2010. — С. 284—285.
515. Соколов О. А., Черников В. А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Книга 1. — Пушино, — 1999. — 163 с.
516. Соколова Т. А., Дронова Т. Я., Толлешта И. И. Глинистые минералы в почвах: учебное пособие. — Тула: Гриф и К, 2005. — 336 с.
517. Соколовский А. Н. Сельскохозяйственное почвоведение. — М.: Сельхозгиз, 1956. — 335 с.
518. Солнцева Н. П. Экогеохимический анализ отдаленных последствий техногенных (ТГ) воздействий // Экологическая геохимия. — М.: МГУ, 2000. — Вып. 2. — С. 127—135.
519. Станкеев Е. А. Генетическая минералогия. — М.: Недра, 1986. — 272 с.
520. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрикультуре. Под ред. Н. З. Милащенко. — ВИУА: Агроконсалт. — 2002. — 140 с.
521. Ступин Д. Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: учебное пособие. — С.-Петербург: Издательство «Лань», 2009. — 432 с.
522. Тарасевич Н. И. Руководство к практикуму по спектральному анализу. — М.: Изд-во Моск. ун-та., 1977. — 136 с.
523. Таргульян В. О., Шоба С. А. Микроморфология почв — объем понятие и место в почвоведении // Бюлеть почвенного института. — 1981. — Вып. 28. — С. 3—5.
524. Темралева А. Д., Пинский Д. Л. Экотоксикологические исследования водорослей для разработки методов контроля загрязнения почв тяжелыми металлами // Материалы Всероссийской научной конференции «Биосферные функции почвенного покрова». — Пушино, 2010. — С. 305—306.
525. Теория и методология экологической геологии. Под ред. В. Т. Трофимова. — М.: Изд-во МГУ, 1997. — 368 с.
526. Теория и практика химического анализа почв. Под ред. Л. А. Воробьевой. — М.: ГЕОС, 2006. — 400 с.
527. Терек Т., Мика Й., Гегуш Э. Эмиссионный спектральный анализ. — М.: Мир, 1982. — 464 с.
528. Техногенно-экологическая безопасность биогеосистемы Бугского лимана в условиях загрязнения тяжелыми металлами. В. В. Долин, В. Н. Смирнов, А. А. Ишук, А. А. Орлов. — Киев–Николаев: РАЛ–поліграфія, 2011. — 200 с.
529. Тищенко В. С. Мінералогічний склад мулістої фракції піщано-супіщаних ґрунтів борових терас річок південно-східного лісостепу України // Ґрунтознавство. — 2006. — Т. 7, № 1—2. — С. 110—118.
530. Титова В. И., Дабахов М. В., Дабахова Е. В. Экотоксикология тяжелых металлов: учебное пособие. — Нижний Новгород: НГСХА, 2001. — 135 с.
531. Томпсон М., Уолш Д. Н. Руководство по спектрометрическому анализу с индуктивно связанной плазмой. — М.: Недра, 1988. — 287 с.
532. Топольний Ф. Н., Гелевера О. Ф., Медведева О. В. Ґрунтознавство: навчальний посібник. — Кіровоград: «КОД», КНТУ, 2006. — 204 с.
533. Топчиев А. Г. Геоэкология: географические основы природопользования. — Одесса: Астропринт, 1996. — 392 с.
534. Травлеев А. П., Resio Espejo J. M., Белова Н. А., Кузнецов Е. В., Балалаев А. К., Кузнецов В. Е. Микроморфология лессиважных процессов в байрачных лесных черноземах степной зоны Украины // Ґрунтознавство. — 2007. — Т. 8, № 1—2. — С. 6—24.
535. Травлеев А. П., Белова Н. А., Балалаев А. К. Экология почвообразования лесных черноземов // Ґрунтознавство. — 2008. — Т. 9, № 1—2. — С. 19—29.
536. Трофимов В. Т. Эколого-геологическая система, её типы и положение в структуре экосистемы // Вестник Московского университета. Серия. 4. Геология. — 2009, № 2. — С. 48—52.
537. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Экологическая геология. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. — 415 с.
538. Турсина Т. В. 12-е международное совещание по почвенной микроморфологии // Почвоведение. — 2006. — № 1. — С. 123—125.
539. Тяжелые металлы в системе почва–растения–удобрения. Под ред. М. М. Овчаренко. — М., 1997. — 290 с.
540. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. — 84 с.
541. Федоров К. Н. Применение микроморфологических методов исследования для изучения пойменных и дерново-подзолистых почв Центра РСФСР: автореф. канд. дис. — М., 1965. — 28 с.
542. Феофарова И. И. Микроморфологическая характеристика глинистого вещества в почвах // Доклады советских почвоведов к VII Международному конгрессу в США. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — С. 461—464.
543. Ферсман А. Е. Занимательная геохимия. Химия жизни. — М., 1959. — 385 с.
544. Ферсман А. Е. Очерки по минералогии и геохимии. — М.: Наука, 1977. — 192 с.
545. Фондові матеріали Маріупольської регіональної госінспекції екобезпеки м. Маріуполь, 2010. — 74 с.

546. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. За ред. А.І. Фатєєва, Я.В. Пашенко. — Харків: 13 друкарня, 2003. — 117 с.
547. Фортескью Дж. Геохимия окружающей среды. Под ред. М.А. Глазовской. — М.: Прогресс, 1985. — 360 с.
548. Хабаров А.В. Почвоведение: учебное пособие. — М.: Изд-во Колос, 2007. — 311 с.
549. Химический анализ почв. О.Г. Растворова, Д.П. Андреев, Э.И. Гагарина и др. — С.-Петербург: Издательство С.-Петербургского университета, 1995. — 26 с.
550. Химический анализ почв. Вопросы и ответы. Л.А. Воробьева, Д.В. Ладонин, О.В. Лопухина, Т.А. Рудакова, А.В. Кирюшин. — М., 2012. — 186 с.
551. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь справочник. Под ред. Д.С. Орлова, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова и др. — М.: Агропромиздательство, 1991. — 303 с.
552. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. Под ред. Н.Г. Зырина, Л.К. Садовниковой. — М.: Изд-во МГУ, 1985. — 208 с.
553. Худайкулова О.О., Попенко Е.С., Войтюк Ю.Ю., Кураева І.В., Самчук А.І. Використання хелатних сорбентів для проведення геохімічного моніторингу довкілля // Матеріали конференції «Безпека середовища життєдіяльності людини: екологічні, медичні та економічні аспекти». — К.: товариство «Знання» України, 2012. — С. 74—76.
554. Цветкова Н.М., Клименко Т.К. Техногенні аномалії важких металів у ґрунтах урболандшафтів степового Придніпров'я (на прикладі м. Дніпродзержинська) // Ґрунтознавство. — 2005. — Т. 6, № 1—2. — С. 45—52.
555. Цветкова Н.М., Якуба М.С. Спектральний аналіз ґрунтів. — Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2007. — 80 с.
556. Целищева Л.К. Особенности микроморфологического строения псевдо-подзолистых почв Закарпатья // Почвоведение. — 1968. — № 4. — С. 31—38.
557. Цилу Б.К. Эффективность использования природных цеолитов при возделывании земляники с целью повышения ее продуктивности и снижения уровня загрязнения тяжелыми металлами. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. с.-х. наук. — М.: РАСХН, 1992. — 24 с.
558. Чайка В.Є. Урбоекологія. — Вінниця: 1999. — 368 с.
559. Черных Н.А., Овчаренко М.М., Поповичева Л.Л., Черных И.Н. Приемы снижения фитотоксичности тяжелых металлов // Агрехимия. — 1995. — № 9. — С. 101—107.
560. Чижикова Н.П., Градусов Б.П., Гоголев И.Н. Преобразование минералогического состава черноземов южных юго-запада Украины при орошении // Почвоведение. — 1992. — № 8. — С. 77—87.
561. Чмиленко Ф.А., Минаева Н.П., Сандомирский А.В., Сидорова Л.П. Ускоренная методика хроматографического определения тяжелых металлов в почвах // Ґрунтознавство. — 2010. — Т. 11, № 1—2. — С. 97—101.
562. Чмиленко Ф.О., Деркач Т.М. Методи атомної спектроскопії: атомно-абсорбційний спектральний аналіз. — Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2002. — 120 с.
563. Чмиленко Ф.О., Смітюк Н.М. Аналітична хімія ґрунтів: навчальний посібник. — Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2005. — 156 с.
564. Чорний І.Б. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства. — К.: Вища школа, 1995. — 240 с.
565. Шестопапов В.М., Пономаренко О.М., Моїсєєв А.Ю., Самчук А.І., Моїсєєва Н.П., Попенко Е.С. Селен у природних водах західних регіонів України // Мінералогічний журнал. — 2011. — Т. 33. — С. 89—95.
566. Шильцова Г.В., Морозова Р.М., Литинский П.Ю. Тяжелые металлы и сера в почвах Валаамского архипелага. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. — 109 с.
567. Шкварук М.М., Делеменчук М.І. Ґрунтознавство. — К.: Вища школа, 1976. — 320 с.
568. Шматков Г.Г., Яковичина Т.Ф. Детоксикація техногенно забруднених важкими металами ґрунтів — шлях до одержання екологічно чистої продукції // Матеріали міжнародної конференції «Зелена економіка: перспективи впровадження в Україні». — К., 2012. — Т. 1. — С. 295—298.
569. Щеглов С.Н., Соляник Г.М. Науки о Земле: морфология почв: учебное пособие. — Краснодар: Кубанский гос. ун-т. Просвещение-Юг, 2010. — 122 с.
570. Щорічник забруднення ґрунтів України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2006 р. — К.: ЦГО, 2007. — Рукопис.
571. Щорічник забруднення ґрунтів України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2007 р. — К.: ЦГО, 2008. — Рукопис.
572. Щорічник забруднення ґрунтів України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2008 р. — К.: ЦГО, 2009. — Рукопис.
573. Щорічник забруднення ґрунтів України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2009 р. — К.: ЦГО, 2010. — Рукопис.
574. Щорічник забруднення ґрунтів України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2010 р. — К.: ЦГО, 2011. — Рукопис.
575. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2006 р. — К.: ЦГО, 2007. — Рукопис.
576. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2007 р. — К.: ЦГО, 2008. — Рукопис.

577. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2008 р. — К.: ЦГО, 2009. — Рукопис.
578. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2009 р. — К.: ЦГО, 2010. — Рукопис.
579. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2010 р. — К.: ЦГО, 2011. — Рукопис.
580. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2011 р. — К.: ЦГО, 2012. — Рукопис.
581. Щорічник про стан забруднення атмосферних опадів та снігового покриву на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2007 р. — К.: ЦГО, 2008. — Рукопис.
582. Щорічник про стан забруднення атмосферних опадів та снігового покриву на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2008 р. — К.: ЦГО, 2009. — Рукопис.
583. Щорічник про стан забруднення атмосферних опадів та снігового покриву на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2009 р. — К.: ЦГО, 2010. — Рукопис.
584. Щорічник про стан забруднення атмосферних опадів та снігового покриву на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2010 р. — К.: ЦГО, 2011. — Рукопис.
585. Щорічник про стан забруднення атмосферних опадів та снігового покриву на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2011 р. — К.: ЦГО, 2012. — Рукопис.
586. Щорічник про стан забруднення поверхневих вод суші на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2007 р. — К.: ЦГО, 2008. — Рукопис.
587. Щорічник про стан забруднення поверхневих вод суші на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2008 р. — К.: ЦГО, 2009. — Рукопис.
588. Щорічник про стан забруднення поверхневих вод суші на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2009 р. — К.: ЦГО, 2010. — Рукопис.
589. Щорічник про стан забруднення поверхневих вод суші на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2010 р. — К.: ЦГО, 2011. — Рукопис.
590. Щорічник про стан забруднення поверхневих вод суші на території України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2011 р. — К.: ЦГО, 2012. — Рукопис.
591. Экзарьян В.Н. Геоэкология и охрана окружающей среды. — М. Экология, 1997. — 171 с.
592. Экогеохимия городских ландшафтов. Под ред. Н.С. Касимова. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. — 336 с.
593. Экологическая геохимия: словарь-справочник. Т.А. Трифонова, Л.А. Ширкин. — Владимир: Ред. издат. комплекс ВлГУ, 2005. — 140 с.
594. Экология города. Под ред. Ф.В. Стольберга. — К.: Либра, 2000. — 464 с.
595. Экология города. — М.: Научный мир, 2004. — 624 с.
596. Экология города. Под ред. В.В. Денисова. — М.: МарТ, 2008. — 832 с.
597. Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. — М.: Наука, 1992. — 184 с.
598. Юбельт Р. Определитель минералов. — М.: Мир, 1978. — 326 с.
599. Ющук С.Д. Мікроморфологічні та екологічні особливості чорноземних ґрунтів під лісовими насадженнями Криворіжжя // Ґрунтознавство. — 2005. — Т. 6, № 1—2. — С. 38—44.
600. Ющук С.Д. Мікроморфологія чорноземних ґрунтів під лісовими насадженнями Криворіжжя // Ґрунтознавство. — 2007. — Т. 8, № 1—2. — С. 134—136.
601. Ющук С.Д. Морфологічне вивчення ґрунтоутворювальних процесів під лісовими насадженнями Криворіжжя // Ґрунтознавство. — 2009. — Т. 10, № 3—4. — С. 37—41.
602. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг. — Томск, 2003. — 336 с.
603. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ: 4287:2004. — [Чинний від 2005 — 01 — 01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2004 — 5 с. — (Національні стандарти України).
604. Яковенко В.Н. Микроструктура и микроморфология черноземов лесоулучшенных Присамарья Днепро-вского // Экология и ноосферология. — 2000. — Т. 9, № 1—2. — С. 98—106.
605. Яковенко В.Н. Микростроение зоогенных агрегатов лесных почв юго-востока Украины // Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. — Дніпропетровськ: ДНУ, 2004. — Вип. 8. — С. 37—46.
606. Яковенко В.Н. Особенности микроморфологической дифференциации профиля пойменных лугово-лесных почв Самары Днепро-вской // Ґрунтознавство. — 2007. — Т. 8, № 1—2. — С. 41—48.
607. Яковенко В.М. Мікроморфологічна діагностика чорноземів Присамар'я Дніпровського // Ґрунтознавство. — 2008. — Т. 9, № 3—4. — С. 119—127.

608. Яковенко В.Н. Моніторингові дослідження мікрморфології байрачних чорноземів Присамар'я // Грунтознавство. — 2009. — Т. 10, № 3—4. — С. 29—36.
609. Яковенко О.В., Самчук А.І., Кураєва І.В., Манічев В.Й. Особливості забруднення ґрунтів кадмієм та іншими важкими металами підприємствами кольорової металургії // Мінералогічний журнал, 2011. — № 2. — С. 96—100.
610. Яковишина Т.Ф. Детоксикация загрязненных тяжелыми металлами черноземов обыкновенных северной Степи Украины: дис... канд. с.-х. наук: 03.00.16. — Днепрпетровск, 2006. — 226 с.
611. Яковлев В.О. Екологічна геологія — основний шлях розвитку геологічних наук ХХІ ст. // Геологія в ХХІ столітті: Шляхи розвитку та перспективи. — К.: Знання, 2001. — С. 344—352.
612. Якунина И.В., Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. — 188 с.
613. Янин Е.П. Введение в экологическую геохимию. — М.: ИМГРЭ, 1999. — 68 с.
614. Яницкий О.Н. Экология города. Зарубежные междисциплинарные концепции. — М., 1984. — 240 с.
615. Ярилова Е.А. Методика микроморфологического описания почвенных плоскопаралельных шлифов ненарушенного строения // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. — М.: Наука, 1971. — С. 141—147.
616. Ярилова Е.А., Целищева Л.К., Федоров К.Н. Микроморфологическая диагностика некоторых элементарных почвообразовательных процессов в почвах основных природных зон СССР // Труды X Международного конгресса почвоведов. — М., 1974. — Т. 7. — С. 190—197.
617. Ясаманов Н.А. Основы геоэкологии. — М.: Академия, 2003. — 352 с.
618. Baron S., Carignan J., Ploquin A. Dispersion of heavy metals (metalloids) in soils from 800-year old pollution (Mont-Lozere, France) // Environ. Sci. Technol, 2006. — V. 40. — P. 5319—5326.
619. Brewer R. Fabric and mineral analysis of soils. — New-York—London—Sydney, J.Wilcy and sons, 1964. — 470 p.
620. Bowen H.J.M. Environmental chemistry of elements. N.Y.: Acad. Press, 1989. — P. 333.
621. By J.E. Delvigne. Atlas of Micromorphology of Mineral Alteration and Weathering. Volume 3, 2001. Over 600 color photomicrographs
622. Ciarkowska K., Hanus-Fajerska E. Microstructures and selected properties of reclaimed zinc and lead post-flotation wastes and soil of adjacent natural ecosystem // Грунтознавство. — 2007. — Т. 8, № 1—2. — P. 25—32.
623. Doran J.W. et al. Soil health and sustainability // Advances in Agronomy. — 1996. — V. 56. — P. 1—54.
624. Domsh K.H., Gams W. Compendium of soil fungi. — Lnd.etc.: Acad. Press, 1980. — 839 p.
625. Douglas L.A. Soil Micromorphology. Elsevier Science; March, 1990. — 735 p.
626. Jamagne M. Some micromorphological aspects of soils developed in loess deposits of Northern France // Zeszyty problemowe postepow nauk rolniczych, z. 123. Warszawa, PWN. — 1972. — P. 559—582.
627. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in Soils and Plants / CRC Press, 2001. — 412 p.
628. Kapur S., Mermut A., Stoops G. New Trends in Soil Micromorphology. 2008. — 276 p.
629. Karmazinenko S.P., Voytyuk Yu.Yu. Environmental Geo-ecological characterization of soils pollution with heavy metals of Mariupol city // The 5th International scientific conference of young scientists and students « Fundamental and applied geological science: achievements, prospects, problems and ways of their solutions» — Baku: «Nafta-Press», 2013. — P. 154—156.
630. Kubiena W.L. Micropedology. — Jowa, Collegiate Press, 1938. — 243 p.
631. Kubiena W.L. The soils of Europe / Kubiena W.L. — London; Thomas Murby and C. — 1953. — 298 p.
632. Munsell soil color charts. New York, 1990.
633. Huang J.W., Chen J., Berti V.R., Cunningham S.D. Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction // Environ. Sci. Technol. — 1997. — V. 31. — N 3. — P. 800—805.
634. Ramirez C. Manual and atlas of the *Penicillia* — Elsev. Biomed. Press, Amsterdam, New York, 1982. — 874 p.
635. Ringrose-Voase A.J., Humphreys G.S. Soil micromorphology: studies in management and genesis. 1992 — 886 p.
636. Salt D.E., Smith R.D., Raskin I. Phytoremediation // Ann. Rev. Plant Mol. Biol. — 1998. — V. 49. — P. 643—668.
637. Summary report of a workshop on phytoremediation research needs. December 1994. (July 24—26, 1994, Santa Posa, California). U.S. Department of Energy, 1994. — 24 p.
638. Stoops G., Marcelino V., Mees F. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier Science. — 2010. — 752 p.
639. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of the particulate trace metals // Anal. Chem, 1979. — № 51. — P. 844—851.
640. Whalley C., Grant A. Assessment of the phase selectivity of the European Bureau of Reference (BCR) sequential extraction procedure for metals in sediment // Analit. Chem. Acta, 1994. — V. 61. — P. 2211—2221.

А

Антропогенний вплив — прямий і опосередкований вплив людства на навколишнє середовище і його компоненти внаслідок господарської діяльності.

Атомно-абсорбційний аналіз — метод аналітичної хімії, базується на селективному поглинанні електромагнітного випромінювання певної довжини хвилі вільними від всіх молекулярних зв'язків нейтральними атомами хімічного елемента, який визначається. Якісний елементний аналіз може здійснюватися за появою у спектрі

характерних ліній поглинання атомів. Кількісний аналіз базується на залежності одного із параметрів, що визначають контур спектральної лінії поглинання, від концентрації елемента у зразку або поглинаючому шарі його атомних парів.

Атомно-абсорбційна спектроскопія — поглинання електромагнітного випромінювання вільними атомами у не збудженому стані.

Б

Біоремедіація — здатність різних груп живих організмів у процесі своєї життєдіяльності розкладати або акумулювати у своїй біомасі забруднювачі (ВМ, радіонукліди; азотні, фосфорні та органічні сполуки тощо). Це будь-який процес, в якому використовують мікроорганізми, гриби, рослини та їх ферменти, спрямований на

повернення забрудненого довкілля у його природний стан.

Біоіндикатори — це види рослин, тварин, мікроорганізмів, грибів та інших біологічних істот, за допомогою яких можна оцінити ступінь забруднення навколишнього природного середовища, здійснювати контроль його якості і змін.

В

Важкі метали — хімічні елементи (з густиною > 8 г/см³ і атомною масою > 50), специфіка поведінки яких визначається діяльністю людини або міграція яких здійс-

нюється у середовищі, що перетворене діяльністю людини.

Г

Геохімічна аномалія — відхилення від еколого-геохімічних норм, генетично властивих певному району або геохімічному ландшафту чи типу ґрунтів, рослин, водам, живим організмам. Територіально — ділянка земної поверхні зі значно підвищеним або зниженим, порівняно з фоном, вмістом хімічних елементів або їхніх сполук. Поділяють на природні і техногенні.

Геохімічний фон (фоновий вміст, «природний фон», «природний вміст») — середня концентрація хімічного елемента у природних тілах (компонентах) за даними вивчення природного розподілу (з врахуванням варіацій) в межах однорідної у ландшафтно-геохімічному відношенні ділянки, не порушеної техногенезом (на практиці — це, як правило, ділянки, розміщені поза зоною прямого техногенного впливу).

Геохімія — природнича наука, яка вивчає хімічний склад Землі, поширення у ній хімічних елементів, закономірності розподілу в різних геосферах та закони їхньої поведінки (концентрацію, розсіювання) у природних процесах. Використовує різні методи (хімічні, фізико-хімічні, фізичні) визначення вмісту хімічних елементів у гірських породах, ґрунтах, водах, атмосферному повітрі, біоті.

Гранично допустима концентрація — встановлений рівень концентрації забруднюючої речовини у ґрунтах, воді, рослинності, вище якого вони вважаються непридатними для конкретних потреб природокористування.

Ґ

Ґрунт — складне органо-мінеральне, багатоконпонентне, поліфункціональне утворення на земній поверхні, яке формується протягом тривалого часу внаслідок взаємодії біотичних (рослинність, мікроорганізми) та

абіотичних (гірська порода) чинників за певних гідрокліматичних умов та характеризується лише йому властивою профільною будовою і родючістю.

Грунтовий геохімічний бар'єр — місця ґрунтового профілю, в яких різко зменшується інтенсивність процесу міграції хімічних елементів, що призводить до значної їх концентрації. Формується внаслідок різниці хімічного, мінералогічного або гранулометричного складу, окисно-

відновного і температурного потенціалів між окремими горизонтами ґрунтового профілю.

Грунтово-геохімічний моніторинг — збір інформації щодо загальної якості ґрунтів для збереження і поліпшення їх екологічних функцій за максимального антропогенного навантаження.

Д

Деградація ґрунту — поступове погіршення властивостей ґрунту, зумовлене зміною умов ґрунтоутворення внаслідок господарської діяльності людини або природних процесів, стимульованих цією діяльністю, що супроводжується втратою ґрунтом продуктивних та екологічних функцій.

Детоксикація ґрунту — комплекс заходів для знешкодження і очищення ґрунтів від токсичних сполук і забруднювачів природного і антропогенного походження хімічними, фізичними або біологічними методами.

Джерело забруднення — вид людської діяльності (металургійне виробництво, сільське господарство та ін.), так і конкретні об'єкти діяльності (завод, звалище, автомобільний транспорт та ін.), а також матеріальні носії забруднюючих речовин (засоби хімізації, відходи виробництва).

Довкілля — багатозначне поняття, широко вживане у науково-природничому, суспільно-науковому і загальнокультурному контекстах, яке потребує уточнення відповідно до цілей конкретного дослідження. Від тлумачення його змісту (ототожнюючи з природою або у ширшому розумінні) залежать світоглядні та політичні підходи до розв'язання сучасних екологічних проблем. Ті, хто трактує довкілля як природу (біосферу) або сукупність природних, на відміну від соціально-культурних, підвалин існування людства, наполягають на необхідності охороняти і зберігати природу в «чистому», еталонному вигляді, не допускаючи людського втручання у неї. Згідно іншого більш широкого розуміння довкілля охоплює компоненти природи (навколишнє природне середовище), власне людину і наслідки її діяльності.

Е

Екологічна геохімія — досліджує поведінку (надходження, розсіювання, міграцію, концентрацію, трансформацію, біопоглинання) хімічних елементів в навколишньому середовищі (біосфері) у зв'язку з діяльністю (у самому широкому розумінні) людини (внаслідок прояву біогеохімічної функції людства).

Екологічна політика — організаційна і контрольноюча діяльність держави і суспільства, спрямована на охорону і оздоровлення навколишнього природного середовища, ефективне об'єднання функцій природокористування і охорони природи, забезпечення нормальної життєдіяльності і екологічної безпеки громадян.

Екологія — у класичному розумінні біологічна наука, яка досліджує закономірності взаємовідносин людини, тварин, рослин, мікроорганізмів між собою та навколишнім середовищем.

Екосистема — природна чи створена людиною функціональна система: сукупність істот, пов'язаних між собою біотичними та іншими зв'язками і певного відносно однорідного середовища їх проживання, які взаємодіють між собою, утворюючи систему взаємозумовлених біотичних та абіотичних явищ і процесів.

З

Забруднення — 1) надходження до природного середовища або утворення в ньому твердих, рідких, газоподібних речовин, мікроорганізмів або енергій у кількості, що зумовлює зміну складу і властивостей компонентів природи і є шкідливою для людини, флори і фауни; 2) збільшення концентрації фізичних, хімічних, біологічних чи абіотичних агентів у навколишньому середовищі, що може спричинювати негативні наслідки.

Забруднення антропогенне — забруднення природного середовища внаслідок господарської і побутової

діяльності людини, яке призводить до негативних порушень складу та структури екосистем.

Забруднення атмосферного повітря — зміна складу і властивостей атмосферного повітря внаслідок надходження або утворення у ньому фізичних, біологічних факторів і/або хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього середовища.

Забруднення ґрунтів — накопичення у ґрунтах речовин та організмів внаслідок антропогенної діяльності в таких кількостях, які знижують технологічну, поживну і

гігієнічно-санітарну цінність вирощуваних культур та якість інших природних об'єктів.

Забруднення навколишнього природного середовища — надходження до навколишнього природного середовища або утворення в ньому нових, не властивих йому фізичних, хімічних, біологічних, інформаційних агентів у кількостях, що спричиняють зміни складу і властивостей компонентів природи і шкідливу дію на людину та біоту.

Забруднення поверхневих вод — надходження у водні об'єкти речовин та енергії, що змінюють властивості та якість природних вод.

Забруднення техногенне — екзогенне привнесення у ґрунти поллютантів, що обумовлюють негативні зміни фізичних, фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунтів, погіршення умов життєдіяльності ґрунтової біоти, флори і фауни, порушення нормального росту і розвитку культурних рослин аж до їх загибелі. Зміна хімічних властивостей навколишнього середовища, що проявляється у збільшенні вмісту хімічних елементів (сполук), не пов'язаних з природними процесами.

Забруднення хімічне — 1) зміни природних хімічних властивостей середовища, що полягають у перевищенні на певний період середніх багаторічних коливань кількості хімічних речовин, що негативно впливають на екосистему; 2) проникнення у середовище хімічних речовин, яких раніше не було в ньому, або наближення природної концентрації їх до рівня, що перевищує звичайну норму.

Коефіцієнт концентрації хімічного елементу (речовини) — відношення аномального вмісту елементу

Міграція важких металів — переміщення ВМ, що призводить до їх розсіювання або накопичування у певних середовищах.

Мікроморфологія — це вивчення морфологічної будови і/або складу ґрунтів та дослідження їх у непорушеному стані під мікроскопом.

Мікроморфологічний аналіз — дослідження зразків ґрунтів під мікроскопом у тонких зрізах з непорушеною структурою товщиною 0,02—0,04 мм, коли зберігається природна структура і співвідношення окремих компонентів мікробудови.

Мінералогічний аналіз — встановлення хімічного складу мінералів, їх структури, фізичних властивостей і умов утворення, ідентифікація та кількісна оцінка вмісту основних мінералів, характеру їх асоціації та розмірів вкрапленості, виявлення окремих різновидів, структурних особливостей, дефектів кристалічної ґратки, наявності мікродомішок. Здійснюється мікроскопічним вивчен-

На території України найпоширенішими викидами є забруднення компонентів навколишнього середовища ВМ, нафтопродуктами, солями, оксидами і сполуками сірки, азоту, вуглецю, хлору, що містяться у викидах, водах стічних, відходах.

Забруднювачі — природні або антропогенні фізичні агенти, хімічні речовини чи біологічні види, які потрапляють у природне середовище або виникають у ньому в кількостях, що перевищують межі звичайних граничних коливань чи середнього природного фону за певний відрізок часу, або перебувають в ньому у кількостях, що перевищують показники, допустимі для конкретних цілей.

Забруднюючі речовини — тверді, рідкі та газоподібні хімічні речовини або їхні суміші, які знаходяться у природному середовищі в кількостях, що перевищують гранично допустимі концентрації і можуть спричинити шкідливий вплив на здоров'я та санітарно-побутові умови проживання людей, тобто є небезпечними.

Здоров'я ґрунту — це його здатність невизначено довго функціонувати в якості компоненту наземної екосистеми, забезпечуючи її біопродуктивність і підтримуючи якість води і повітря, а також здоров'я рослин, тварин і людини.

Зона забруднення — це частина техногенної геохімічної аномалії, у межах якої забруднюючі речовини досягають концентрацій, які негативно впливають на живі організми.

К

(речовини) в оцінюваному об'єкті до його фонового вмісту.

М

ням шліфів, люмінесцентним, термічним, рентгеноструктурним аналізами з використанням сучасних інструментальних методів рентгенографічного фазового аналізу, електронно-зондового рентгеноспектрального мікроаналізу, електронного зондування; хімічної діагностики та інших спеціальних методів.

Мінералогія — наука про мінерали, їх склад, внутрішню будову, властивості, умови утворення й зміни, а також про процеси мінералоутворення.

Місто — складна динамічна система, що характеризується різноманітними внутрішніми і зовнішніми зв'язками природного, технічного, соціального походження. Як складну систему місто можна представити у вигляді динамічного взаємодіючого поєднання двох субсистем — природної і антропогенної, які в свою чергу, підрозділяються на ряд взаємодіючих підсистем: природна — на геосистему, гідросистему, аеросистему і біосистему; антропогенна — на підсистеми виробничу, місто-

будівельну, інфраструктурну. За системологічним визначенням місто або *геосоціосистема* це складна територіальна саморегульована соціальна система, в якій структурно і функціонально взаємопов'язані соціальний, економічний, екологічний, демографічний, технічний, політичний та інші блоки. Вона виникла на місці природних лісових, степових чи лучних екосистем, редуковані чи антропічно трансформовані складові частини яких (грунти, рослини, тварини) увійшли до її складу і стали компонентами міської екосистеми, що є середовищним, структурно-функціональним блоком (підсистемою) міської геосоціосистеми.

Міська екосистема, урбоекосистема — функціональна єдність живих компонентів міста (рослинних, тваринних, мікробних, грибних), середовища їхнього існування та процесів, що відбуваються внаслідок їх взаємодії з іншими компонентами міської геосоціосистеми. Міська екосистема не існує самостійно, вона є структурним блоком, підпорядкованим міській геосоціальної системі поряд із взаємопов'язаними з нею економічним, соціальним, демографічним, технічним та іншими блоками. У міській геосоціосистемі міська екосистема виконує середовищну роль.

Міське середовище — сукупність умов, в яких існують міські об'єкти і відбуваються всі властиві місту процеси, явища, події. У місті як геосоціальної системі у тісній взаємозалежності функціонують біотична, соціальна, економічна, демографічна, політична, технічна та інші підсистеми. Тому у складі міського середовища розрізняють міське: екологічне, соціальне, економічне, культурологічне, політичне та інші середовища. **Міське екологічне середовище** — сукупність природних умов, властивих міській екосистемі, з характерними для неї усіма рослинними, тваринними, мікробними, грибними організмами та їхніми популяціями. Порівняно з середовищем природних екосистем, міське середовище вирізняється вищою середньорічною температурою і нижчою

вологістю атмосферного повітря, електромагнітним, світловим і шумовим забрудненням, антропізованими тваринним світом, рослинним і ґрунтовим покривом, забрудненням водою і твердих поверхонь сміттям, побутовими і промисловими відходами, великими масивами водонепроникних поверхонь асфальтованих, кам'яних і бетонних доріг та майданів, покриттів будинків. Від стану міського екологічного середовища залежить здоров'я, настрої, працездатність, поведінка міського жителя. Воно опосередковано впливає на функціонування інших підсистем міської геосоціосистеми. **Міське соціальне середовище** відображає особливості формування і прояву різних соціальних процесів у місті. **Міське економічне середовище** — сукупність умов виробничих відносин, виробничих процесів, власності на засоби виробництва, розподілу й використання продуктів виробництва, матеріального забезпечення міського населення. **Міське культурне середовище** є проявом умов духовного життя населення, задоволення його морально-етичних та естетичних потреб. **Міське політичне середовище** — це сукупність умов для реалізації інтересів суспільних груп, організацій, громадських і політичних об'єднань, взаємовідносин з муніципальною і державною владою.

Міські ґрунти — це антропогенно-зміннені ґрунти, які мають створений у результаті людської діяльності поверхневий шар потужністю понад 50 см, отриманий перемішуванням, насипанням, похованням або забрудненням матеріалу урбаногенного походження, у тому числі будівельно-побутовим сміттям.

Моніторинг довкілля — система спостережень, збирання, обробки, передавання, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін і розробка науково обґрунтованих (аргументованих) рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Н

Навколишнє середовище (англ. environment, нім. Umwelt, тобто зовнішній світ, укр. довкілля) — середовище життя і діяльності людини. Середовище, що оточує людину, середовище її життя і виробничої діяльності, природний і створений людиною матеріальний світ.

Навколишнє середовище міста (синоніми — *міське середовище, урбанізоване середовище*) — це частина

географічної оболонки (глобального середовища проживання людини і всіх інших живих організмів), обмежене територією, зайнятою містом, його передмістями і пов'язаними з ними інженерними та транспортними спорудами. Міське середовище включає у себе природні і штучні компоненти, а також людей та їх соціальні групи.

О

Оптимізація міського середовища — забезпечення гармонізації обміну речовини та енергії між блоками живої й неживої природи міської екосистеми, тобто рівноваги екологічної, або такого стану природного середо-

вища урбанізованого району міської агломерації чи окремого міста, за якого забезпечуються саморегуляція, належна охорона і відтворення його основних компонен-

тів — атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтового та рослинного покриву, тваринного світу.

Освіта екологічна — системний, комплексний процес формування екологічного світогляду, екологічної культури; важлива складова загальноосвітнього процесу.

Принцип «забруднювач сплачує» — принцип, згідно з яким компенсацію екологічних витрат, пов'язаних з

Ремедіація — процес вилучення забруднювачів з навколишнього середовища, зокрема з ґрунту, підземних та

Санітарно-захисна зона — ділянки землі навколо підприємств, які створюють з метою зменшення шкідливого впливу цих підприємств на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Спектральний аналіз — метод якісного і кількісного визначення складу речовини, що базується на дослідженні її спектрів. Спектральний емісійний аналіз заснований на дослідженні спектрів випускання, а атомно-абсорбційний аналіз — на дослідженні спектрів поглинання атомами чи молекулами речовини, що досліджується, при їх збудженні. Спектральний аналіз включає три етапи: 1) переведення речовини у пароподібний стан і збудження спектрів атомів, іонів і молекул із застосуванням джерел збудження; 2) розкладання випромінювання джерела у спектр і його реєстрація за допомогою

Техногенна геохімічна аномалія — ділянки, у межах яких хоча би в одному із складаючих їх природних тіл (компонентів) статистичні параметри розподілу хімічних елементів та їх сполук достовірно відрізняються від варіацій геохімічного фону (фонового вмісту).

Техногенна міграція хімічних елементів — вид міграції хімічних елементів, їхніх сполук, речовин, що ви-

Урбоекологія — наука про взаємозв'язки та взаємодію у часі й просторі двох систем — міської (її соціаль-

Фітомеліорація — інтенсивне вирощування спеціально підібраних культур рослин, що володіють здатністю

Охорона навколишнього середовища — комплекс законодавчих, адміністративних, економічних, технологічних та інших заходів щодо раціонального використання природних ресурсів, оптимізації біосфери, гармонійної взаємодії людини з природою.

П

негативним впливом на довкілля, має здійснювати суб'єкт, який своєю діяльністю зумовив їх виникнення.

Р

поверхневих вод, а також атмосфери з метою захисту здоров'я людини та довкілля.

С

спектрального апарату; 3) дослідження отриманого спектру та встановлення вмісту хімічних елементів у пробі, що аналізується.

Санація — цілеспрямовані профілактично-лікувальні заходи з відновлення безпечного для живих організмів стану навколишнього природного середовища або оздоровлення людини.

Санація ґрунтів — це заходи для усунення або зниження рівня вмісту шкідливих речовин (заходи знезараження), для виключення або зменшення шкідливих змін фізичних, хімічних або біологічних властивостей ґрунту, а також заходи, які довгостроково запобігають або скорочують рівень поширення шкідливих речовин, не усуваючи при цьому наявність шкідливих речовин (заходи безпеки).

Т

никає й діє у процесі господарської діяльності суспільства, конкретних юридичних і фізичних об'єктів та осіб.

Токсикологія — наука, яка вивчає властивості й механізм дії отруйних і потенційно токсичних речовин, особливості спричинених ними інтоксикацій та заходи щодо їх профілактики й лікування.

У

ної, технічної, енергетичної, інформаційної, адміністративної підсистем) і природної.

Ф

концентрування у своїй біомасі токсичних елементів і наступному їх видаленні.

СПИСОК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БХА — біогеохімічна активність виду.

ВАТ — відкрите акціонерне товариство

ВЕЛ — Всесвітня екологічна ліга.

ВМ — важкі метали.

ГДК — гранично допустима концентрація.

ГПК — ґрунтово-поглинаючий комплекс.

ДТПА — діетилентріамінпентаоцтова кислота.

ДТРК — Донецька телерадіо компанія.

ЕГП — елементарні ґрунтові процеси.

ЕДТА — етилендіамінтетраоцтова кислота.

$E_{\text{сум}}$ — сума обмінних катіонів.

ЗАТ — закрите акціонерне товариство.

КБП — коефіцієнт біологічного поглинання.

K_b — коефіцієнт буферності.

K_c — коефіцієнт концентрації.

ОДК — орієнтовно допустима концентрація.

ООН — організація об'єднаних націй.

ПЕУ — плата за екологічні послуги.

СЗЗ — санітарно-захисна зона.

Сорг — кількість органічної речовини.

СЄ — сорбційна ємність.

ПАТ — публічне акціонерне товариство.

ТОВ — товариство з обмеженою відповідальністю.

ЧТМ — частка техногенності металу.

Еh — окисно-відновний потенціал.

GEF — Глобальний екологічний фонд.

pH — водневий показник.

WWF — Всесвітній фонд природи.

Z_c — сумарний показник забруднення.

ПЕРЕДМОВА	5
1. ІСТОРІЯ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА НАДХОДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ М. МАРІУПОЛЬ	7
1.1. визначення поняття «навколишнє середовище міста», його основні компоненти (С.П. Кармазinenко, І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк)	7
1.2. важкі метали: поняття, властивості, екотоксикологія (І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк, С.П. Кармазinenко)	12
1.3. історія еколого-геохімічних досліджень (І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк, С.П. Кармазinenко)	22
1.4. джерела забруднення навколишнього середовища міста, його основні екологічні проблеми (С.П. Кармазinenко, І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк)	29
2. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ПРИ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ СУЧАСНИХ ҐРУНТІВ ТА ІНШИХ КОМПОНЕНТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА М. МАРІУПОЛЬ	42
2.1. мікрморфологічний аналіз (С.П. Кармазinenко)	42
2.2. мінералогічний аналіз (В.Й. Манічев)	55
2.3. спектральний аналіз (Ю.Ю. Войтюк, А.І. Самчук, І.В. Кураєва)	56
2.4. атомно-абсорбційний аналіз (Ю.Ю. Войтюк, А.І. Самчук, І.В. Кураєва)	59
2.5. методика визначення форм знаходження важких металів у ґрунтах і донних відкладах (А.І. Самчук, Ю.Ю. Войтюк, І.В. Кураєва)	60
2.6. методика оцінки аерогенного забруднення компонентів навколишнього середовища важкими металами (Ю.Ю. Войтюк, І.В. Кураєва)	62
2.7. методика біогеохімічних досліджень (Ю.Ю. Войтюк, І.В. Кураєва)	64
2.8. загальний алгоритм еколого-геохімічних досліджень сучасних ґрунтів (С.П. Кармазinenко, Ю.Ю. Войтюк)	64
3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМПОНЕНТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА М. МАРІУПОЛЬ	66
3.1. мікрморфологічні і мінералогічні дослідження сучасних ґрунтів і відкладів (С.П. Кармазinenко, В.Й. Манічев)	66
3.2. еколого-геохімічні закономірності розподілу важких металів у компонентах навколишнього середовища (І.В. Кураєва, А.І. Самчук, Ю.Ю. Войтюк, В.Й. Манічев)	76
3.2.1. аналіз пилових випадінь	77
3.2.2. фізико-хімічні особливості сучасних ґрунтів та закономірності латерального і радіального (профільного) розподілу важких металів у ґрунтах	78
3.2.3. закономірності поглинання важких металів із сучасних ґрунтів рослинністю (біогеохімічні особливості)	87
3.2.4. мікробіологічні особливості сучасних ґрунтів	89

3.2.5. закономірності розподілу важких металів у донних відкладах	91
3.2.6. форми знаходження важких металів у сучасних ґрунтах і донних відкладах	92
4. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СУЧАСНИХ ҐРУНТАХ ТА ІНШИХ КОМПОНЕНТАХ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА М. МАРІУПОЛЬ	96
4.1. екологічна політика і пріоритети в області покращення навколишнього середовища (С.П. Кармазinenко)	96
4.2. моніторинг навколишнього природного середовища (С.П. Кармазinenко, І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк)	103
4.2.1. екологічний моніторинг навколишнього природного середовища Донецької області	103
4.2.2. ґрунтово-геохімічний моніторинг	106
4.3. напрями боротьби із забрудненням важкими металами сучасних ґрунтів (С.П. Кармазinenко, А.І. Самчук, І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк)	109
ВИСНОВКИ	122
ДОДАТКИ	126
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	140
ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ	161
СПИСОК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	166

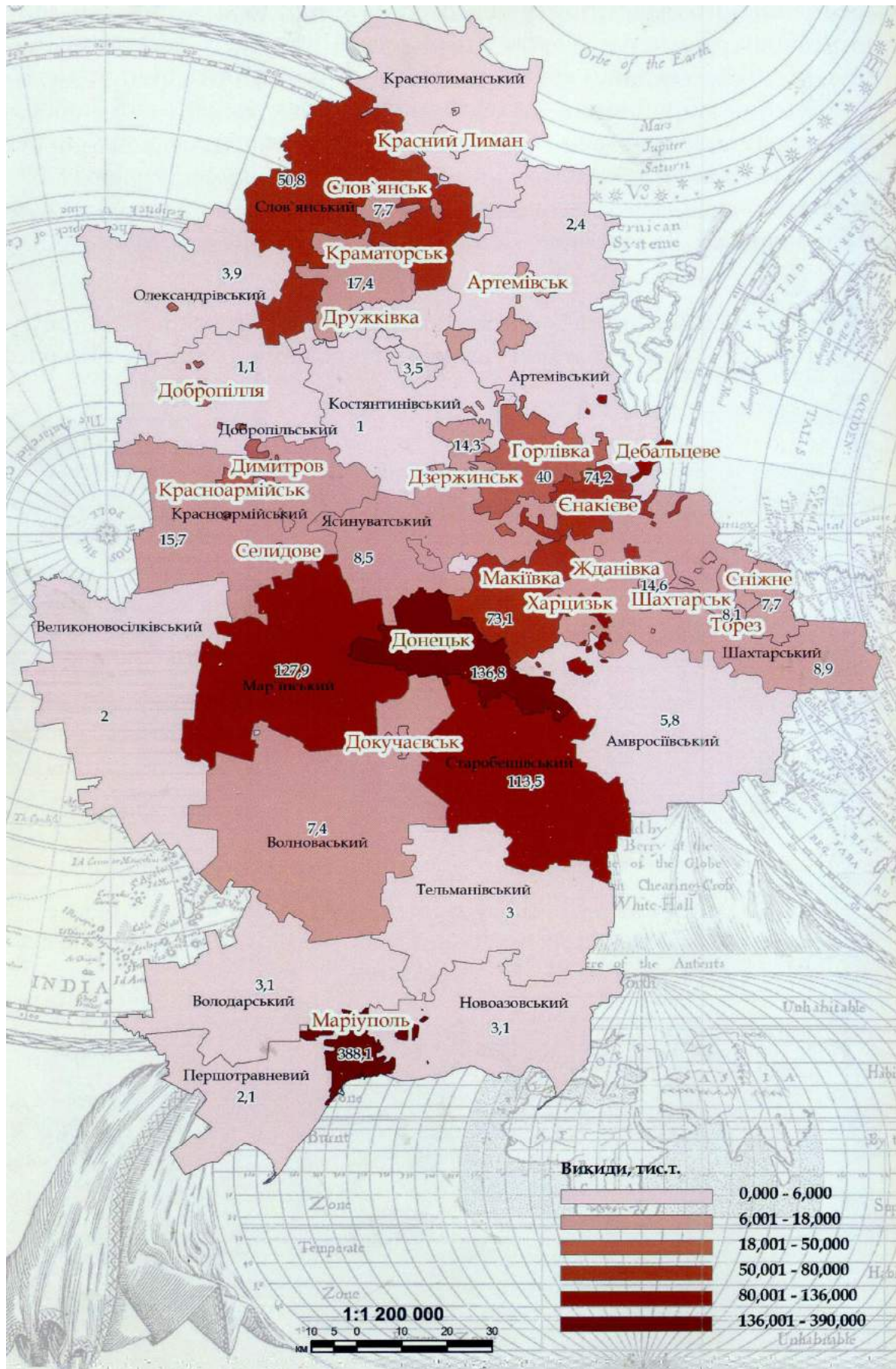


Рис. 3. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря Донецької області від стаціонарних та пересувних джерел забруднення (Екологічний атлас..., 2011)



Рис. 8. Основні кольори, що використовуються при описі забарвлення ґрунтів (основа стандартна шкала Мансела) (Назаренко та ін., 2008; Прудникова и др., 2010; Munsell..., 1990)



Рис. 15. Розміщення шурфів **1 2 4 5 6 8 7 9 10 11 12**, розчистки **3** і точок (●) відбору зразків на мікророморфологічний, мінералогічний, спектральний, атомно-абсорбційний та інші види аналізів із сучасних ґрунтів та відкладів на території м. Маріуполь



Рис. 16. Сучасний чорнозем звичайний (шурф № 1). м. Маріуполь



Рис. 17. Сучасний чорнозем звичайний призовський (перехідний до південних) (шурф № 2). м. Маріуполь



Рис. 18. Сучасний дерновий ґрунт (розчистка № 3). м. Маріуполь



Рис. 19. Сучасний чорнозем звичайний призовський (перехідний до південних) (шурф № 4). м. Маріуполь



Рис. 20. Сучасний чорнозем звичайний (шурф № 5). м. Маріуполь

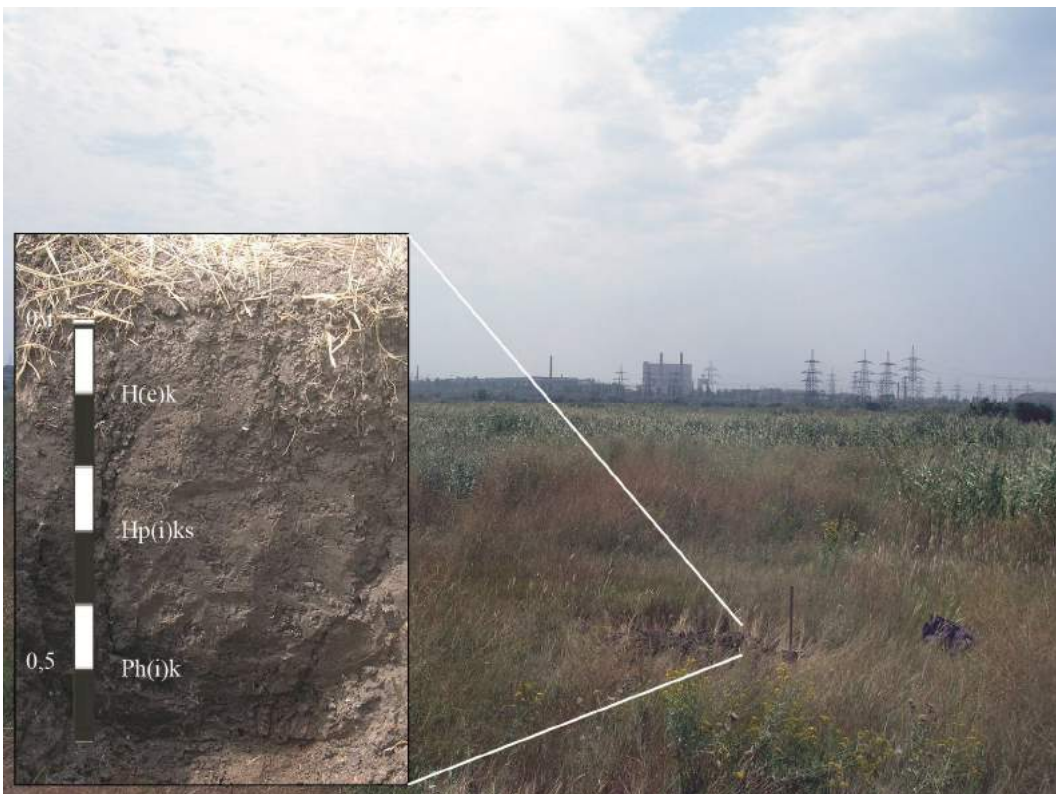


Рис. 21. Сучасний чорнозем звичайний солонцюватий приазовський (перехідний до південних) (шурф № 6). м. Маріуполь

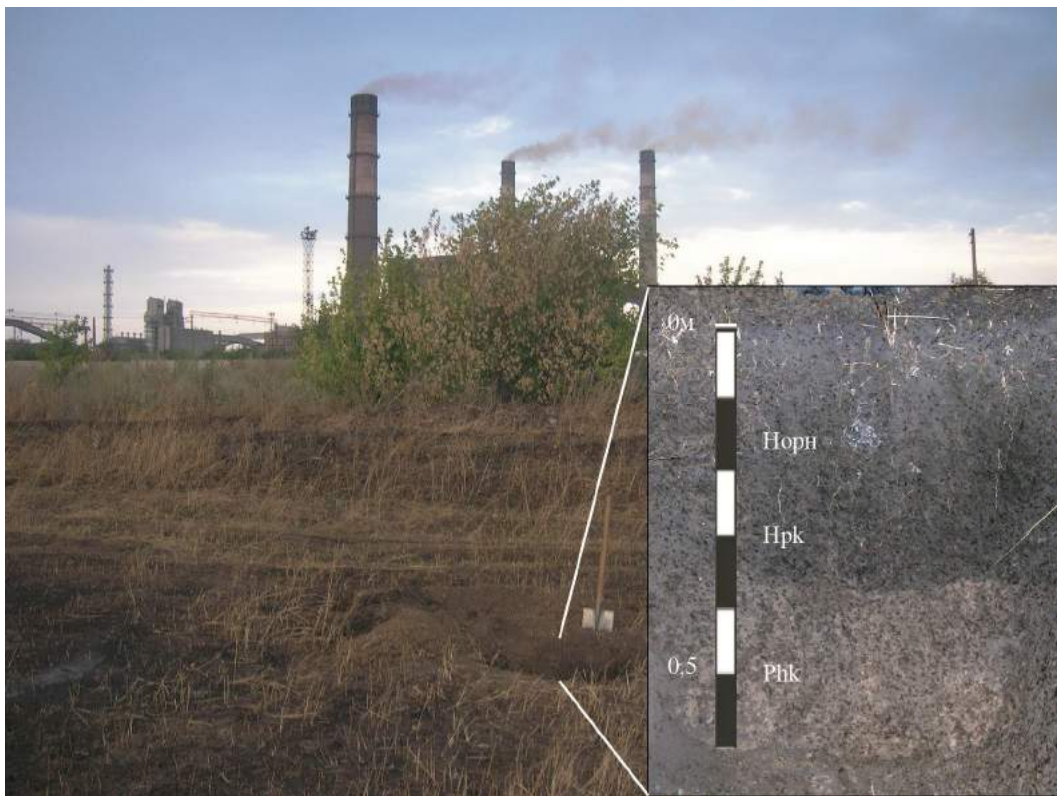


Рис. 22. Сучасний чорноземний ґрунт (шурф № 7). м. Маріуполь



Рис. 23. Сучасний чорнозем звичайний призовський (перехідний до південних) (шурф № 8). м. Маріуполь



**Рис. 24. Сучасний чорнозем звичайний приазовський (перехідний до південних) (шурф № 9).
м. Маріуполь**



**Рис. 25. Сучасний чорнозем звичайний приазовський (перехідний до південних) (шурф № 10).
м. Маріуполь**



Рис. 26. Сучасний чорноземний ґрунт (шурф № 11). м. Маріуполь



Рис. 27. Сучасні відклади (шурф № 12). м. Маріуполь

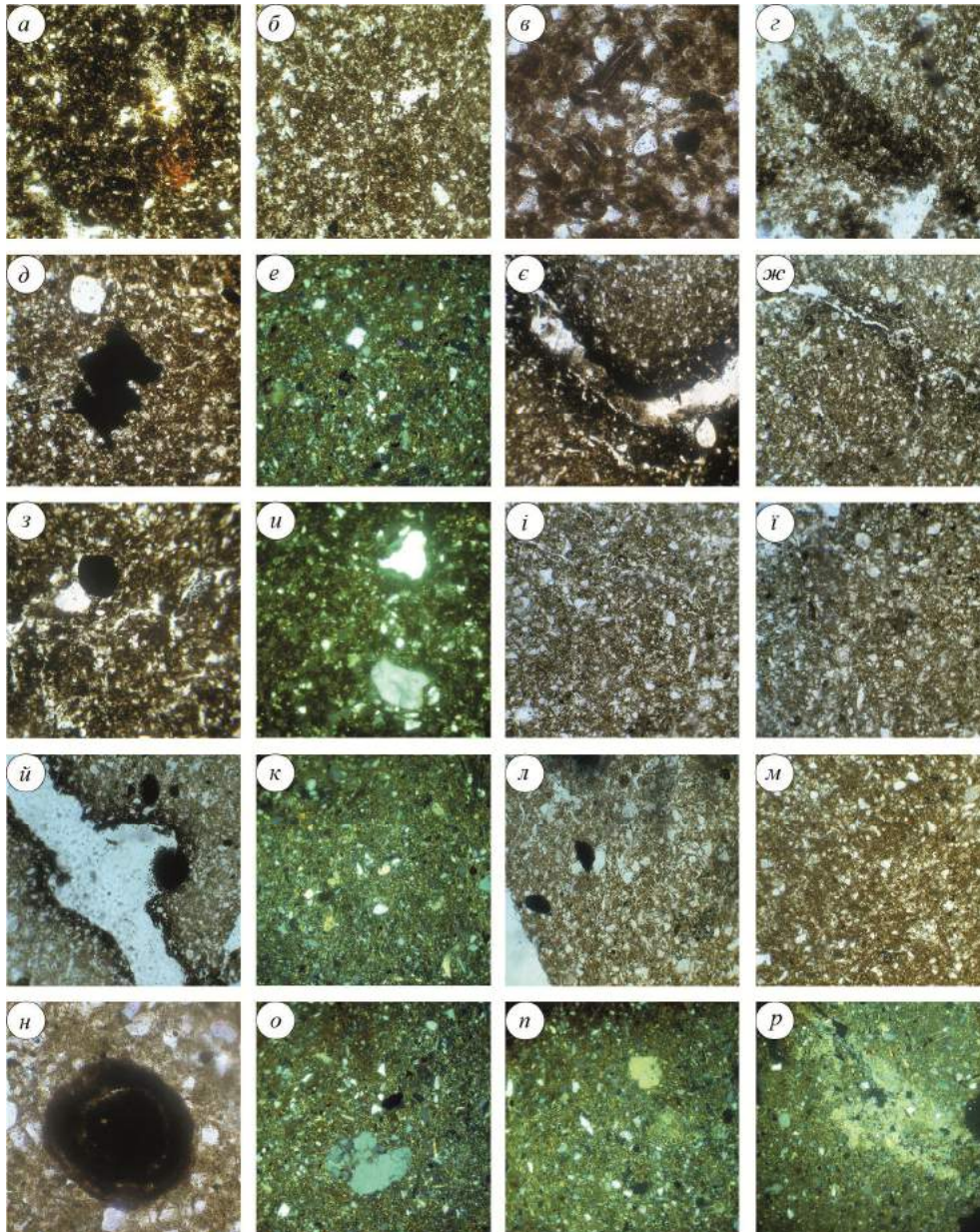


Рис. 28. Мікробудова сучасного чорнозему звичайного (шурф № 1) дослідженого у м. Маріуполь:

Н: *a* — гумусово-глиниста плазма просочена темним гумусом, оксидами і гідроксидами мангану та заліза, грудочки і згустки гумусу, складні мікроагрегати до II порядку розділені порами; *б* — складні мікроагрегати II—III порядку (0,04—0,05 мм), розділені звивистими порами; *в* — губчаста мікробудова, профарбовування гумусово-глинистої плазми бурим дисперсним гумусом, середньорозкладені рештки рослин; *г* — екскременти (копроліти) ґрунтової фауни; *д* — уламок шлаку розміром 0,4 мм неправильної форми, складні мікроагрегати до II порядку, рівномірне просочення плазми бурим гумусом; *e* — пилувато-плазмова мікробудова, із зернами кварцу і часточками шлаків;

Нр: *є* — гумусово-глиниста плазма, яка біля пор з плівками оксидів і гідроксидів заліза та мангану; *ж* — рівномірне просочення гумусово-глинистої плазми гумусом, округле скупчення (0,5 мм) органо-глинистої речовини; *з* — складні мікроагрегати II—III порядку (0,1—0,2 мм), розділені тонкими звивистими порами, залізистий нодуль; *и* — пилувато-плазмова мікробудова із поодинокими крупними (до 0,25 мм) піщаними зернами;

Phk: *і* — прості і складні мікроагрегати до II порядку, розділені порами; *ї* — пухке складення лесовими часточками, маса із дрібними (0,02—0,05 мм) залізистими і залізисто-мангановими плямами, зернами мінерального скелету з карбонатно-глинистими плівками і оболонками; *й* — каналоподібна пора облямована оксидами і гідроксидами мангану та заліза; *к* — пилувато-плазмова мікробудова, карбонатно-глиниста плазма із поодинокими зернами дрібнокристалічного кальциту, просочення матеріалу мікрокристалічним кальцитом;

Pk: *л* — плазма зцементована мікрокристалічним кальцитом, щільні залізисті нодулі та дрібні зерна гетиту; *м* — прості карбонатно-глинисті мікроагрегати, дрібний скляний (слюдистий) шлак; *н* — щільний концентричний залізисто-мангановий мікроортштейн концентричної будови зі щільним ядром всередині; *о* — пилувато-плазмова мікробудова із рівномірним зосередженням зерен мікрокристалічного кальциту, напівзруйноване зерно польового шпату; *п* — цементация плазми мікрокристалічним кальцитом та поодиноким його овальним скупченням; *р* — концентрація мікрокристалічного кальциту у порі;

(*a*—*д*, *є*—*з*, *і*—*й*, *л*—*н* — нік. ||, *e*, *и*, *к*, *о*—*р* — нік. +, *a*, *б*, *г*—*м*, *о*—*р* збільшення 100, *в*, *н* збільшення 300)

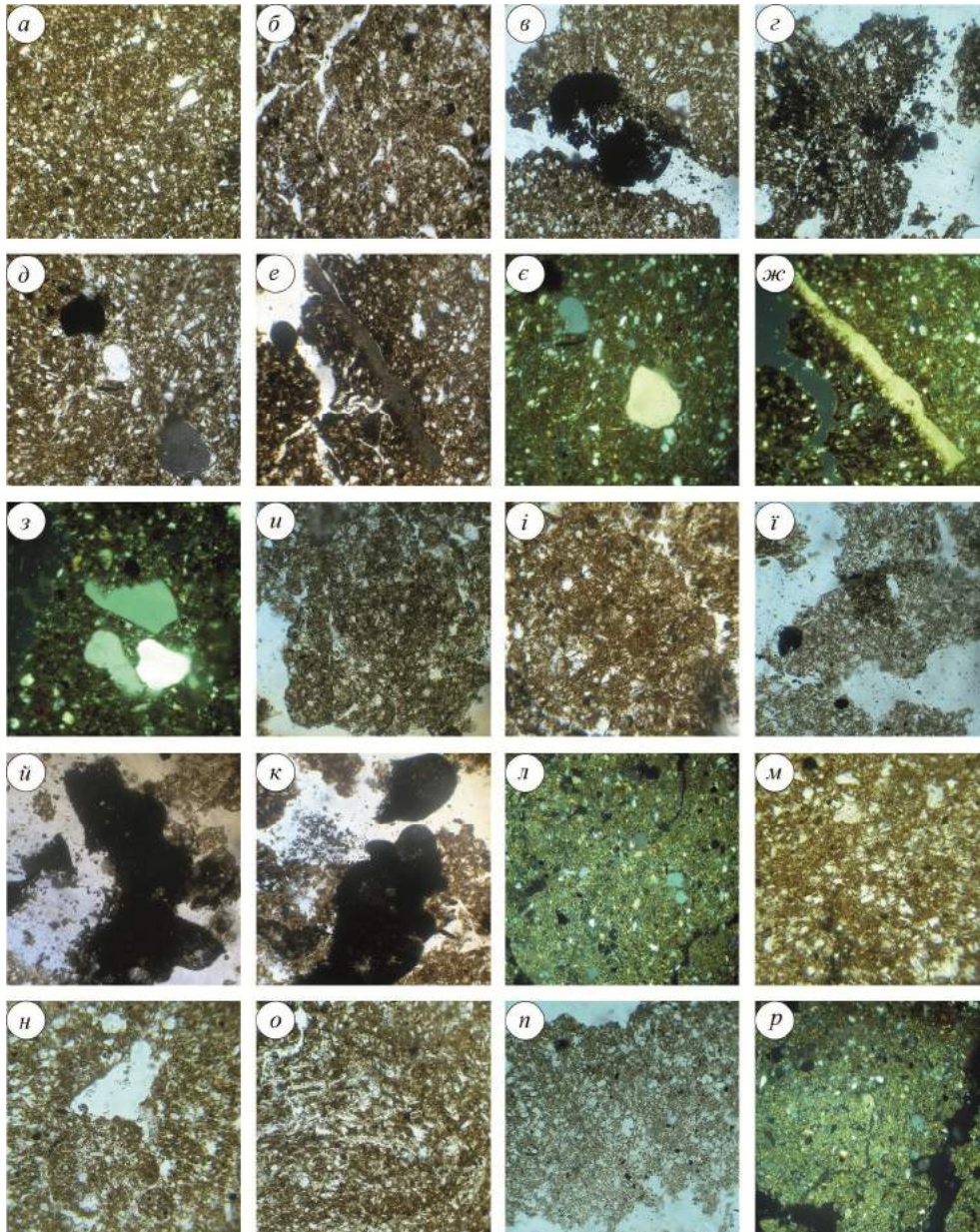


Рис. 29. Мікробудова сучасного чорнозему звичайного приазовського (перехідного до південних) (щурф № 2) дослідженого у м. Маріуполь:

Нк: *a* — рівномірне просочення основи ґрунту бурим гумусом, губчаста будова, складні мікроагрегати II—III порядку, розділені порами; *б* — складні мікроагрегати II—III порядку (0,12—0,16 мм) розділені звивистими порами, дрібні залізо-манганові плями мангану, зерна гетиту; *в, г* — крупні шлаки (0,3 мм) і їх часточки на фоні гумусово-глинистої плазми; *д* — просочення плазми гумусом, залізо-мангановий мікрооршттейн, округле відокремлення (0,25 мм) мікрористалічного кальциту; *е* — гумусово-глиниста плазма просочена оксидами і гідроксидами мангану та заліза, кальцинований рослинний решток; *є* — пилувато-плазмова мікробудова, округле відокремлення (0,25 мм) мікрористалічного кальциту; *жс* — пилувато-плазмова мікробудова, видовжений кальцинований рослинний решток; *з* — пилувато-плазмова мікробудова із крупними (0,2—0,4 мм) піщаними зернами;

Нрк: *и* — прості і складні мікроагрегати до II порядку (0,2 мм) округлої форми, розділені порами; *і* — рівномірне просочення гумусово-глинистої плазми гумусом, складні мікроагрегати II порядку, розділені порами, зерна гетиту; *ї* — копроліти ґрунтової фауни, дрібні залізо-манганові мікрооршттейни; *й, к* — крупні уламки шлаків, що розпадаються; *л* — пилувато-плазмова мікробудова, цементація дрібно- і мікрористалічним кальцитом;

Phk: *м* — зерна скелету упаковані у карбонатно-глинисту плазму, дрібні залізо-манганові мікрооршттейни, плями і зерна гетиту; *н* — прості і складні II порядку мікроагрегати, розділені тонкими звивистими порами; *о* — ділянки із гумусово-глинистою і карбонатно-глинистою плазмою; *п* — карбонатно-глиниста плазма основи із дрібними часточками шлаків і залізо-мангановими плямами; *р* — пилувато-плазмова мікробудова із цементацією плазми мікрористалічним кальцитом;

(*a—e, и—к, м—р* — нік. ||, *є—з, л, р* — нік. +, збільшення 100)

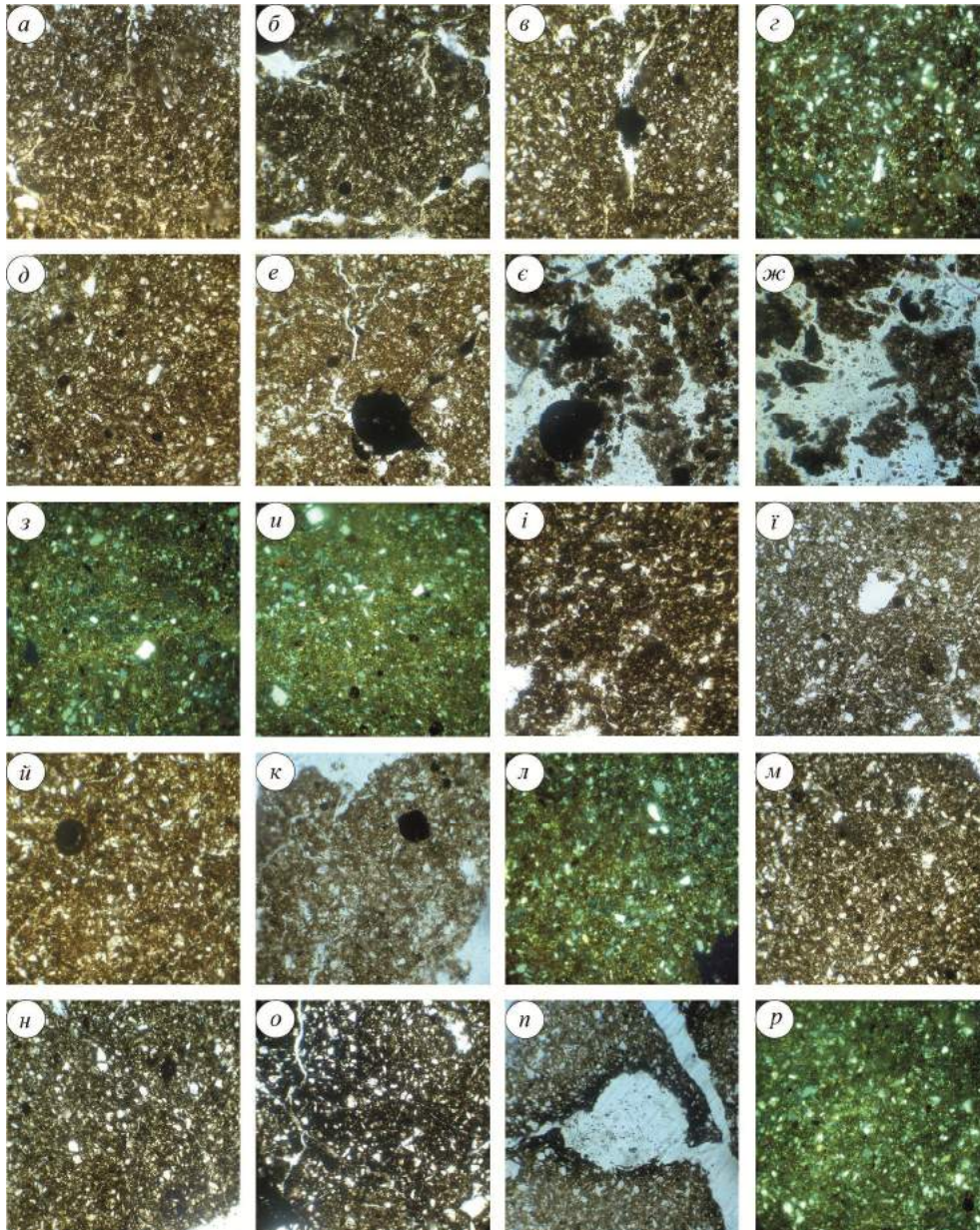


Рис. 30. Мікробудова сучасного дернового ґрунту (розчистка № 3) дослідженого у м. Маріуполь:

Н: *a* — рівномірне просочення плазми бурим гумусом; *б* — складні мікроагрегати II—III порядку (0,12 мм), розділені звивистими порами, дрібні залізисті мікроорштейни; *в* — пилуваті зерна мінерального скелету у гумусово-глинистій плазмі, часточки шлаків; *г* — пилувато-плазмова мікробудова;

Нр: *д* — упакування зерен скелету у гумусово-глинисту плазму, дрібні залізисто-манганові мікроорштейни; *е* — складні мікроагрегати II—III порядків, часточки шлаків; *є, ж* — часточки шлаків на фоні гумусово-глинистої плазми; *з* — пилувато-плазмова мікробудова, глиниста речовина з ознаками сітчастого орієнтування; *и* — пилувато-плазмова мікробудова;

Ph: *і* — прості і складні мікроагрегати до II порядку розміром 0,1 мм, розділені порами; *ї* — рівномірне профарбовування плазми темним гумусом; *й* — глиниста плазма основи ґрунту, залізистий мікроорштейн; *к* — рівномірне просочення плазми гумусом, залізисто-мангановий мікроорштейн; *л* — пилувато-плазмова мікробудова;

Ph(k): *м* — зерна скелету пухко упаковані у карбонатно-глинисту плазму, прості і складні мікроагрегати до II порядку, дрібні (0,04—0,06 мм) залізисто-манганові цятки; *н* — дрібні залізисто-манганові цятки і мікроорштейни; *о* — глиниста плазма просочена оксидами і гідроксидами заліза та мангану; *п* — пори облямовані оксидами і гідроксидами заліза та мангану; *р* — пилувато-плазмова мікробудова, просочення плазми мікро- і дрібнокристалічним кальцитом; (*a—в, д—ж, і—к, м—п* — нік. ||, *г, з, и, л, р* — нік. +, збільшення 100)

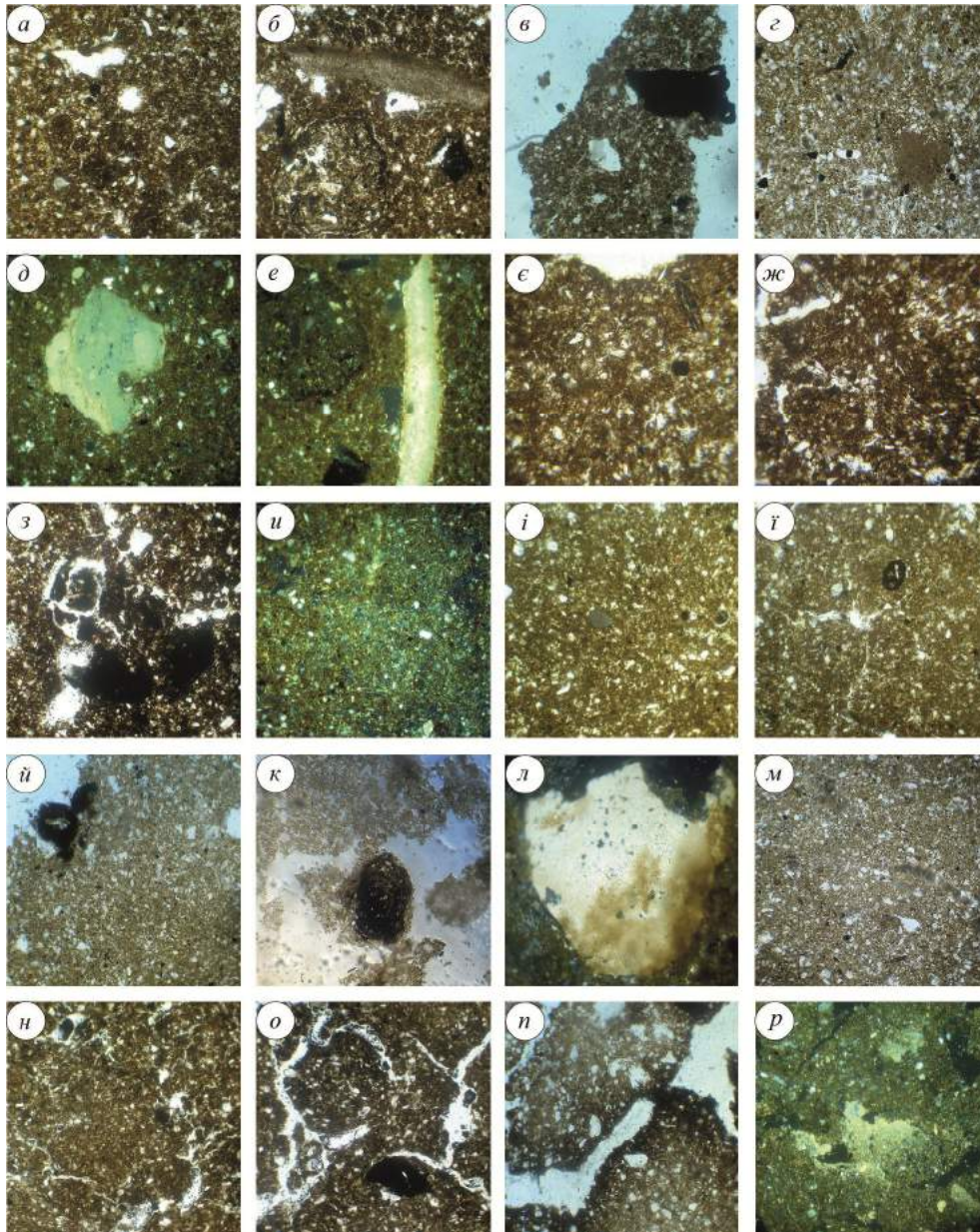


Рис. 31. Мікробудова сучасного чорнозему звичайного приазовського (перехідного до південних) (шурф № 4) дослідженого у м. Маріуполь:

Нк: *a* — складні мікроагрегати округлої форми II—III порядку (0,18 мм), розділені звивистими порами; *б* — складні мікроагрегати, кальцинований рослинний решток; *в* — рівномірне просочення плазми гумусом, крупний (0,4 мм) уламок шлаку; *г* — щільне упакування зерен скелету у гумусово-глинисту плазму, округла сегрегація гумусово-глинистої речовини, дрібні залізо-манганові цятки, часточки шлаків; *д* — пилувато-плазмова мікробудова, зосередження мікрокристалічного кальциту у порі; *е* — кальцинований рослинний решток;

Нрк: *є* — гумусово-глиниста плазма, карбонатно-глинисті округлі складні мікроагрегати II—III порядку; *ж* — складні мікроагрегати до III порядку (0,12 мм), розділені порами; *з* — крупні часточки шлаків, гумусово-глиниста плазма; *и* — пилувато-плазмова мікробудова із поодинокими зернами дрібно- (0,02 мм) і мікрокристалічного кальциту;

Phk: *і* — компактне складення; *ї* — складні мікроагрегати II—III порядку, розділені звивистими порами, залізо-мангановий мікроорштейн; *й* — зерна скелету щільно упаковані у карбонатно-глинисту плазму, часточки шлаків; *к* — концентричний залізо-мангановий мікроорштейн; *л* — крупне відокремлення мікрокристалічного кальциту;

Рк: *м* — карбонатно-глиниста плазма, дрібні залізо-манганові цятки, часточки шлаків, зерна гетиту; *н* — прості мікроагрегати, розділені порами; *о* — карбонатно-глинисті утворення округлої форми, уламок шлаку розміром 0,2 мм; *п* — просочення плазми оксидами і гідроксидами мангану та заліза біля пор; *р* — пилувато-плазмова мікробудова, скупчення мікрокристалічного кальциту у плазмі і біля пор;

(*a—г, є—з, і—к, м—п* — нік. ||, *д, е, и, л, р* — нік. +, збільшення 100)

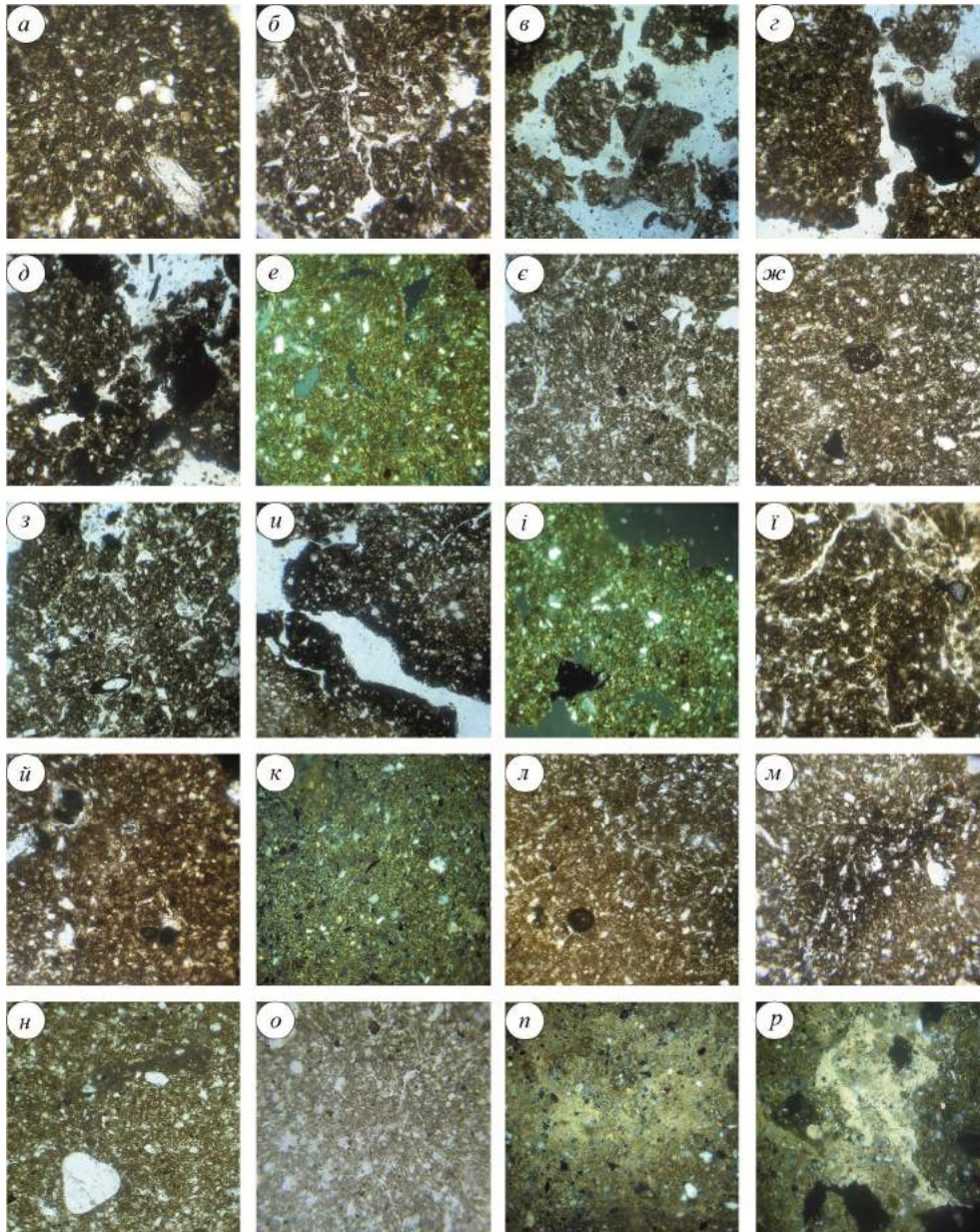


Рис. 32. Мікробудова сучасного чорнозему звичайного (шурф № 5) дослідженого у м. Маріуполь:

Н(к): *a* — забарвлення плазми темним мулевим гумусом; *b* — губчаста мікробудова, складні мікроагрегати II—III порядку, розділені звивистими порами; *e* — гумусово-глиниста плазма, напіврозкладений решток рослин; *z, d* — шлаки та їх уламки на фоні просочення основи ґрунту бурим і темним гумусом; *e* — пилувато-плазмова мікробудова;

Нрк: *с, ж, з* — складні мікроагрегати II—III порядку, розділені порами, дрібні часточки шлаків, залізо-мангановий мікроорштейн (*ж*); *и* — гумусово-глиниста плазма, яка біля пор просочена оксидами і гідроксидами мангану та заліза; *i* — пилувато-плазмова мікробудова, уламок шлаку;

Рhk: *й* — складні мікроагрегати до II порядку (0,18 мм), розділені порами, скляний слюди́стий шлак; *й* — зерна мінерального скелету упаковані у карбонатно-глинисту плазму, часточки шлаків; *к* — пилувато-плазмова мікробудова, плазма просочена мікрористалічним кальцитом;

Рк: *л* — карбонатно-глинисті мікроагрегати II порядку (0,14—0,16 мм), розділені порами, залізо-мангановий мікроорштейн; *м* — гумусово-глиниста плазма, з плямистими відокремленнями оксидів і гідроксидів заліза та мангану; *н* — зерна кварцу занурені у карбонатно-глинисту плазму, окремі концентрації мікрористалічного кальциту; *о* — карбонатно-глиниста плазма, дрібні зерна гетиту, часточки шлаків; *п* — просочення плазми мікрористалічним кальцитом; *р* — концентрація мікрористалічного кальциту у плазмі і біля пори;

(*a—d, c—и, й, л—o* — нік. ||, *e, i, к, п, р* — нік. +, збільшення 100)

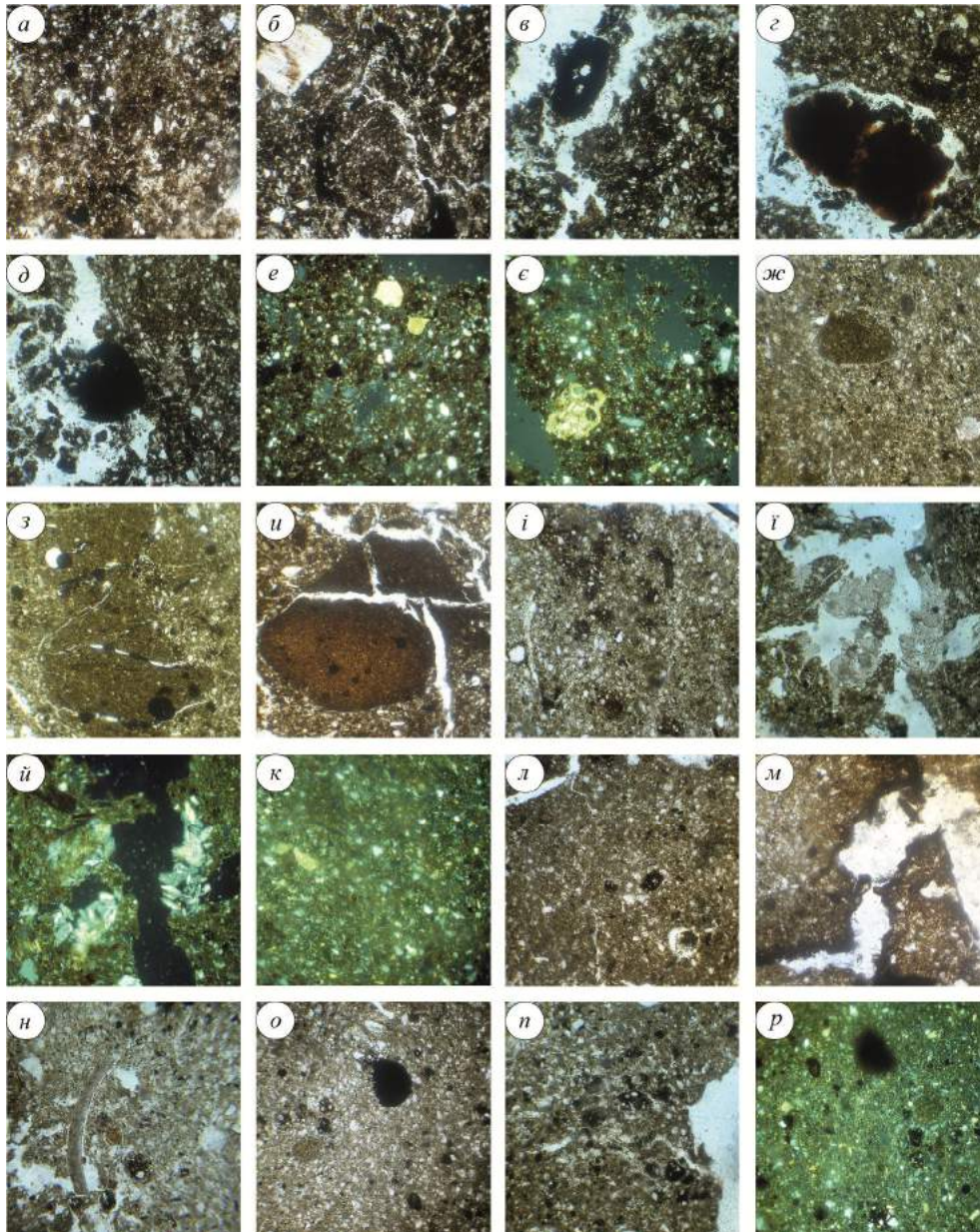


Рис. 33. Мікробудова сучасного чорнозему звичайного призовського солонцюватого (перехідного до південних) (шурф № 6) дослідженого у м. Маріуполь:

Н(е)к: *a* — нерівномірне профарбовування плазми гумусом, залізо-манганові мікроорштейни, часточки шлаків; *б* — складні мікроагрегати до II порядку, розділені звивистими порами, освітлені пухкіші ділянки, крупне (0,3 мм) зерно кварцу, зосередження гідроксидів і оксидів мanganу та заліза у порах, часточки шлаків; *в* — гумусово-глиниста плазма, залізо-мангановий мікроорштейн; *г* — крупний залізистий уламок шлаку; *д* — уламок шлаку, що розпадається на дрібніші часточки; *е* — пілувато-плазмова мікробудова із поодинокими зернами дрібнокристалічного кальциту; *є* — пілувато-плазмова мікробудова, концентрація мікрокристалічного кальциту;

Нр(і)к: *ж* — округле скупчення (0,2 мм) органо-глинистої речовини, на фоні щільного упакування зерен скелету у глинисту плазму, дрібні зерна гетиту, залізо-манганові мікроорштейни, часточки шлаків; *з, и* — скупчення глинистої речовини, дещо озалізненої (*и*), дрібні залізо-манганові мікроорштейни, часточки шлаків; *і* — залізо-манганові мікроорштейни, плями, напіврозкладений решток рослин на фоні гумусово-глинистої плазми; *ї* — дрібні кристали гіпсу; *й* — пілувато-плазмова мікробудова, дрібні кристали гіпсів; *к* — пілувато-плазмова мікробудова із поодинокими зернами мікрокристалічного кальциту;

Ph(і)к: *л* — компактне складення, залізо-манганові мікроорштейни; *м* — глиниста плазма, яка біля пор просочена оксидами і гідроксидами мanganу та заліза; *н* — кальцинований карбонатами решток рослин, залізо-манганові мікроорштейни, карбонатно-глиниста плазма; *о* — карбонатно-глиниста плазма із залізо-мангановими мікроорштейнами, нодульне сегрегаційне утворення глинистої речовини, крупний (0,2 мм) овальної форми шлак; *п* — залізо-манганові мікроорштейни, часточки шлаків; *р* — рівномірне просочення плазми мікрокристалічним кальцитом;

(*a—д, ж—ї, л—п* — нік. ||, *е, є, й, к, р* — нік. +, збільшення 100)

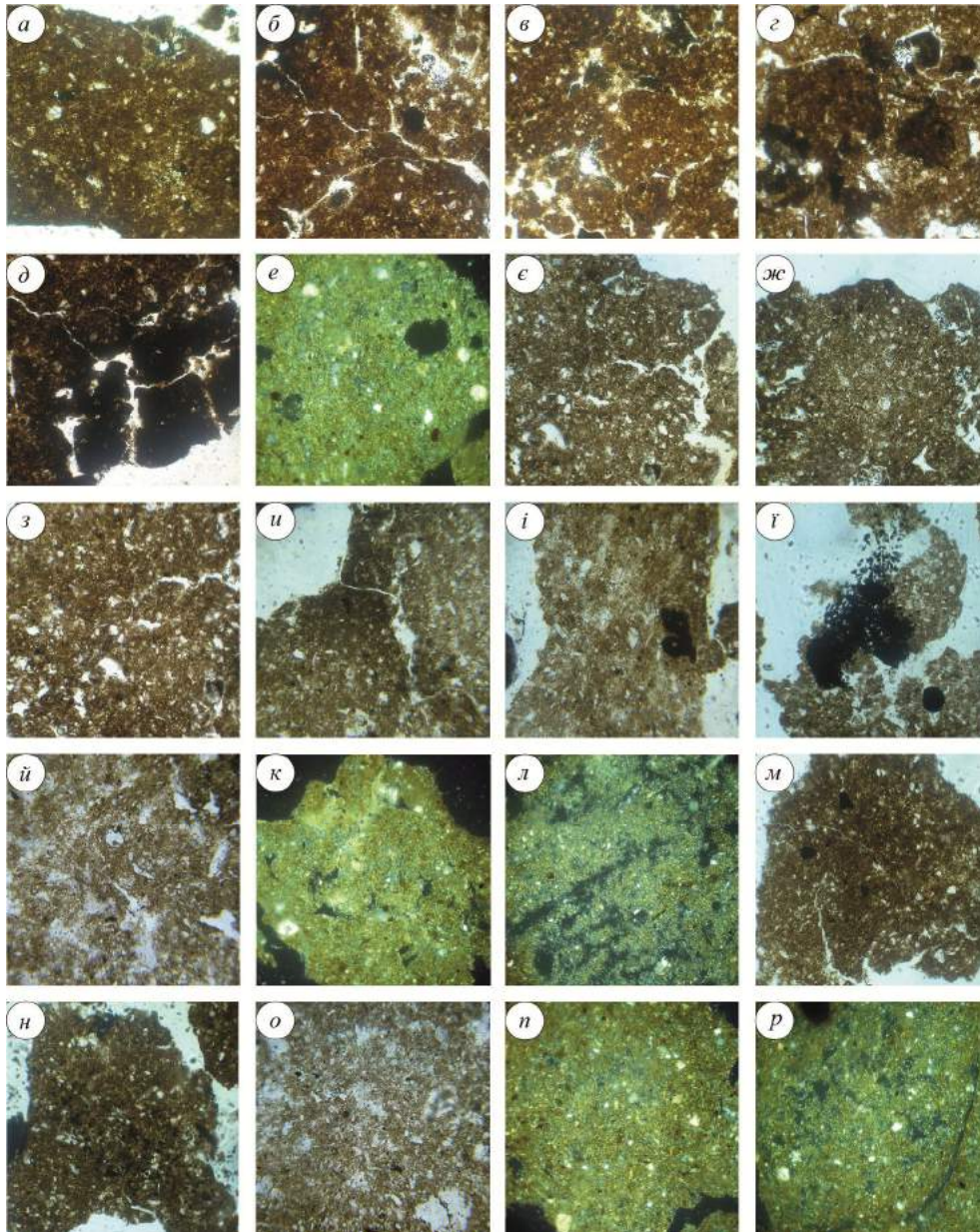


Рис. 34. Мікробудова сучасного чорнозему звичайного призовського (перехідного до південних) (шурф № 8) дослідженого у м. Маріуполь:

Нк: *a* — рівномірне просочення плазми бурим мулевим гумусом; *б, в, г* — гумусово-глиниста плазма профарбована сполуками заліза, прості і складні мікроагрегати до III порядку (0,07—0,08 мм), часточки шлаків; *д* — гумусово-глиниста плазма з нерівномірним розподілом оксидів і гідроксидів мангану та заліза; *е* — цементация плазми мікрористалічним кальцитом;

Phk: *є* — складні мікроагрегати II—III порядку, розділені звивистими порами; *ж* — гумусово-глиниста плазма основи, округле сегрегаційне скупчення карбонатно-глинистої речовини; *з* — просочення основи скоагульованим гумусом; *и* — екскременти дощових черв'яків; *і* — пухке упакування зерен скелету у карбонатно-глинисту плазму, залізо-манганові мікроорштейни; *ї* — крупний уламок шлаку, що розпадається; *й* — просочення плазми карбонатно-глинистою речовиною; *к* — пилувато-плазмова мікробудова, зосередження зерен мікро- і дрібнокристалічного кальциту у плазмі і біля пор; *л* — рівномірне просочення плазми мікрористалічним кальцитом;

Pk: *м* — пухке упакування зерен мінерального скелету у карбонатно-глинисту плазму, залізо-манганові мікроорштейни; *н* — карбонатно-глиниста плазма основи, залізо-манганові плями, дрібні часточки шлаків; *о* — рівномірне просочення основи карбонатно-глинистою речовиною; *п* — пилувато-плазмова мікробудова із рівномірним просоченням плазми мікрористалічним кальцитом та поодинокими зернами дрібнокристалічного; *р* — рівномірна концентрація мікрористалічного кальциту у плазмі;

(*a—д, є—й, м—о* — нік. ||, *е, к, л, п, р* — нік. +, збільшення 100)

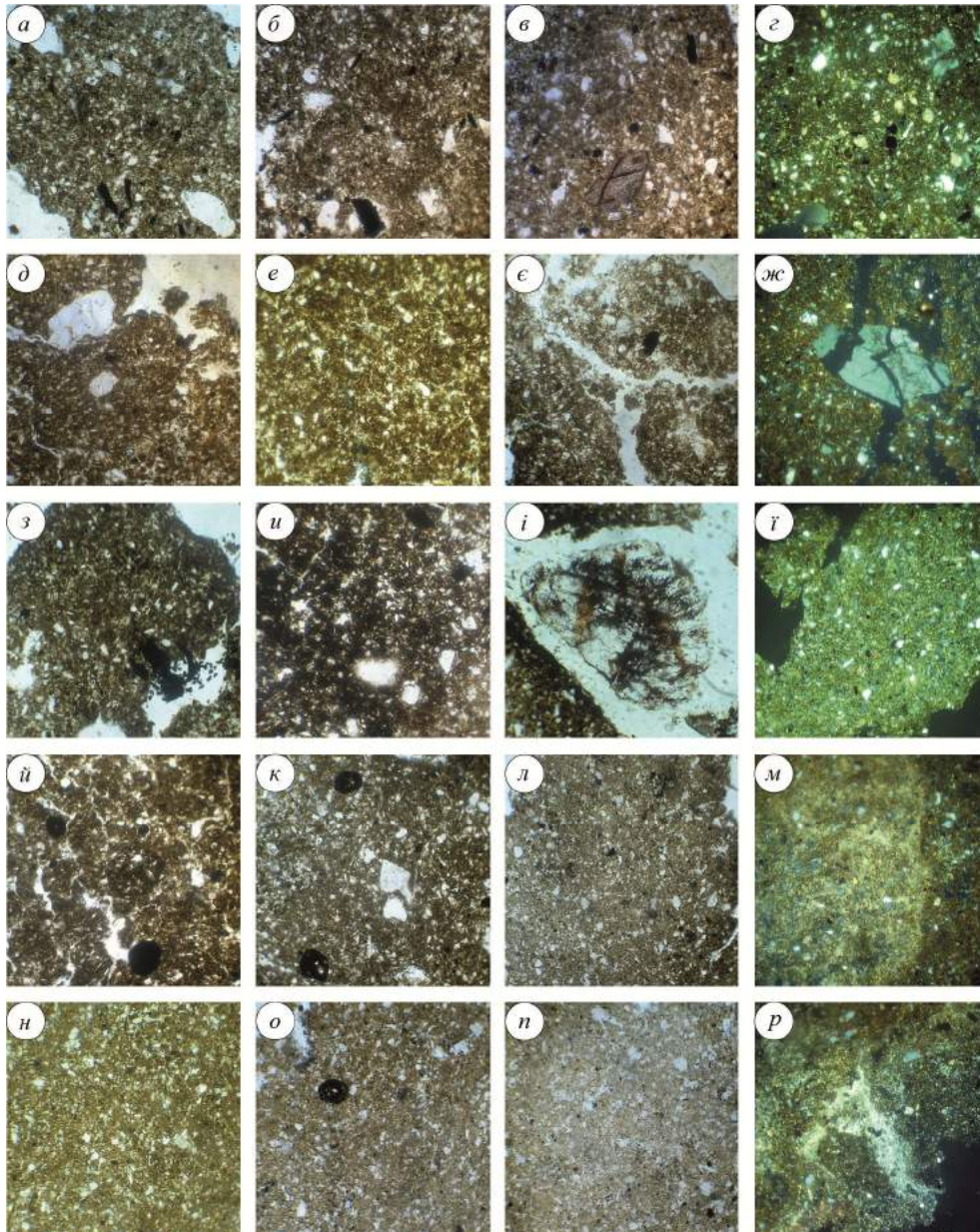


Рис. 35. Мікробудова сучасного чорнозему звичайного приазовського (перехідного до південних) (шурф № 9) дослідженого у м. Маріуполь:

Нк: *a* — гумусово-глиниста плазма, часточки шлаків; *б* — складні напівзруйновані мікроагрегати до II порядку (0,06 мм), розділені звивистими порами, шлак, залізо-манганові мікроорштейни; *в* — напіврозкладений рослинний решток, дрібні залізо-манганові мікроорштейни, зерна скелету щільно упаковані у гумусово-глинисту плазму; *г* — пилувато-плазмова мікробудова, рівномірне концентрація зерен дрібнокристалічного кальциту;

Нрк: *д* — профарбовування плазми бурим гумусом, крупне (0,6 мм) зерно кварцу, дрібні залізо-манганові мікроорштейни, зерно гетиту; *е* — складні мікроагрегати II—III порядку (до 0,16 мм), розділені тонкими звивистими порами; *є* — прості і складні мікроагрегати, уламок шлаку; *ж* — пилувато-плазмова мікробудова, напівзруйноване зерно польового шпату;

РНк: *з* — гумусово-глиниста плазма, уламок шлаку; *и* — темно-сіра плазма просочена оксидами і гідрооксидами мангану та заліза, складні мікроагрегати до II порядку, розділені порами; *і* — крупне (0,9 мм) піщане зерно із залізистим і мангановим нальотом; *ї* — пилувато-плазмова мікробудова із рівномірним розподілом у плазмі зерен дрібно- і мікрокристалічного кальциту;

Рнк: *й* — складні мікроагрегати II—III порядку (0,15 мм), розділені порами, залізо-манганові мікроорштейни; *к* — гумусово-глиниста і карбонатно-глиниста речовини у плазмі, залізо-манганові мікроорштейни; *л* — упаковання зерен мінерального скелету у карбонатно-глинисту плазму, дрібні зерна гетиту, плями мангану, шлаки; *м* — рівномірне просочення плазми мікрокристалічним кальцитом;

Рк: *н* — карбонатно-глиниста плазма; *о* — цементация плазми мікрокристалічним кальцитом, залізо-мангановий мікроорштейн; *п* — зерна мінерального скелету занурені у карбонатно-глинисту плазму; *р* — концентрація мікрокристалічного кальциту у плазмі та порі;

(*a—в, д—є, з—і, й—л, н—п* — нік. ||, *г, ж, ї, м, р* — нік. +, збільшення 100)

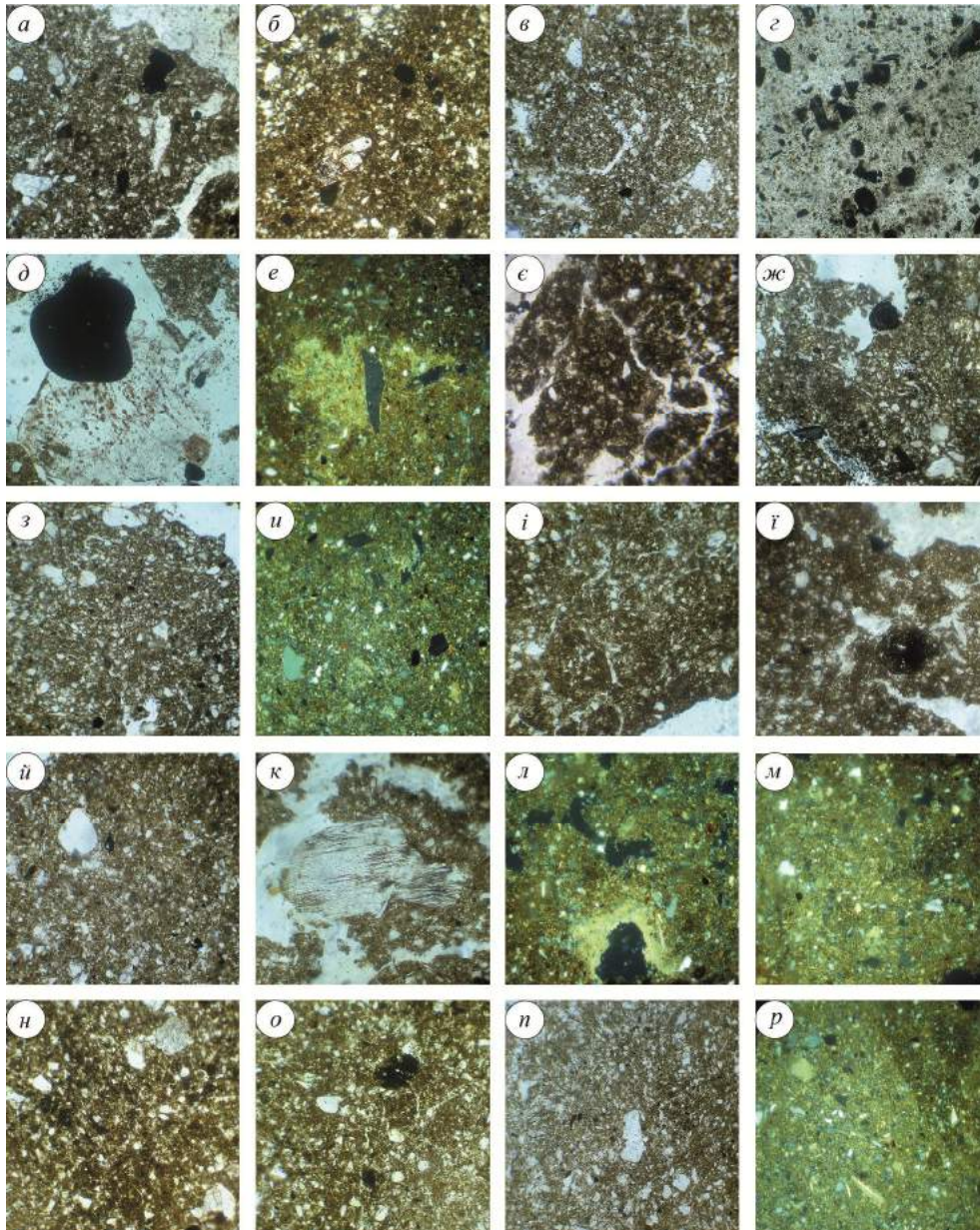


Рис. 36. Мікробудова сучасного чорнозему звичайного приазовського (перехідного до південних) (щурф № 10) дослідженого у м. Маріуполь:

Нк: а — гумусово-глиниста плазма, часточки шлаків, залізо-манганові мікроорштейни; б — шлаки, залізо-манганові утворення, бура гумусово-глиниста плазма; в — складні округлої форми мікроагрегати II—III порядку, розділені тонкими звивистими порами; г — часточки шлаків; д — крупне піщане зерно із залістим нальотом, шлак (0,9 мм); е — пилувато-плазмова мікробудова, відокремлення мікрокристалічного кальциту;

Нрк: є — складні мікроагрегати II—III порядку (0,12 мм), розділені порами; ж — рівномірне просочення основи ґрунту гумусом, концентричний залізо-мангановий мікроорштейн, скляний шлак; з — компактне складення із упакованням зерен скелету у гумусово-карбонатно-глинисту плазму; и — пилувато-плазмова мікробудова, рівномірний розподіл зерен мікрокристалічного кальциту;

Phk: і — лесові часточки, прості і складні мікроагрегати до II порядку (0,09—0,12 мм), розділені порами; ї — зерна мінерального скелету упаковані у гумусово-глинисту плазму, залізо-мангановий мікроорштейн; й — рівномірне просочення плазми бурим гумусом, часточки шлаків; к — кородоване зерно кварцу; л — концентрація мікрокристалічного кальциту у порі; м — просочення плазми зернами дрібно- і мікрокристалічного кальциту;

Рк: н — просочення основи карбонатно-глинистою речовиною, залізо-манганові плями, часточки шлаків; о — зерна мінерального скелету занурені у карбонатно-глинисту плазму, залізо-мангановий мікроорштейн; п — карбонатно-глиниста плазма, дрібні зерна гетиту, часточки шлаків; р — рівномірне просочення плазми мікрокристалічним кальцитом; (а—д, є—з, і—к, н—п — нік. ||, е, и, л, м, р — нік. +, збільшення 100)

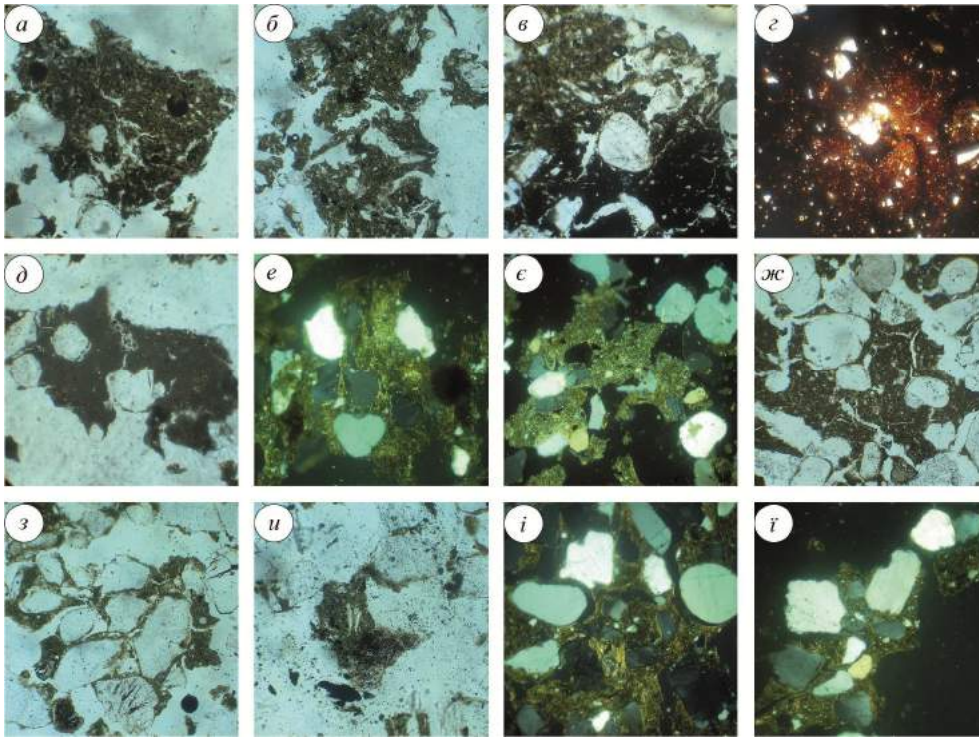


Рис. 37. Мікробудова сучасних відкладів (шурф № 12) досліджених у м. Маріуполь:

a, б — піщані зерна занурені у гумусово-глинисту плазму, плями мангану та заліза, часточки шлаків; *в* — гумусово-глиниста плазма з відокремленням манганових плям; *г* — озалізнена мікроділянка; *д, е* — зерна кварцу оточені карбонатно-глинистою плазмою; *є* — піщана мікробудова, округлі концентрації мікрокристалічного кальциту у карбонатно-глинистій плазмі; *ж, з* — крупні (0,3—0,5 мм) зерна кварцу занурені у карбонатно-глинисту плазму; *и* — часточки шлаків; *і, ї* — зерна мінерального скелету упаковані у карбонатно-глинисту плазму; (*a—д, ж—и* — нік. ||, *е, є, і, ї* — нік. +, збільшення 100)

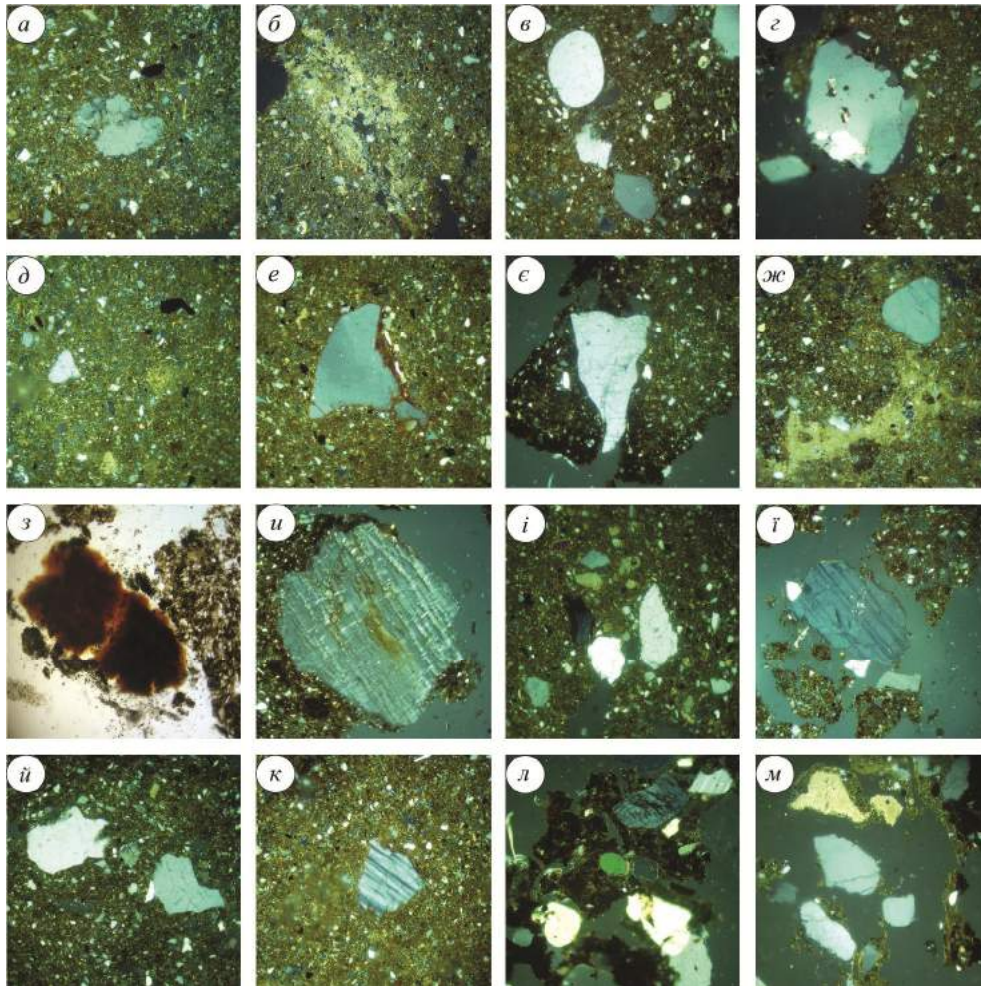


Рис. 38. Мінералогічна будова сучасних ґрунтів і відкладів м. Маріуполь:

- шурф № 1: а — пилувато-плазмова мікробудова із дрібно-пилуватими зернами кварцу, часточками шлаків і зерном польового шпату; б — скупчення мікрокристалічного кальциту у порі, дрібні зерна кварцу;
 - шурф № 2: в — крупні зерна кварцу і польового шпату; г — зерно польового шпату;
 - шурф № 4: д — просочення плазми мікрокристалічним кальцитом із зернами кварцу і часточками шлаків; е — крупне зерно польового шпату;
 - шурф № 5: є — крупне зерно кварцу; ж — скупчення мікрокристалічного кальциту, зерно польового шпату;
 - шурф № 6: з — уламок шлаку; и — польовий шпат;
 - шурф № 9: і — зерна кальциту, кварцу, польового шпату; ї — крупне зерно польового шпату;
 - шурф № 10: и — крупне зерно польового шпату; к — пилувато-плазмова мікробудова, зерно польового шпату;
 - шурф № 12: л — зерна кварцу, польового шпату, глауконіту; м — скупчення мікрокристалічного кальциту, зерна кварцу
- (а—ж, и—м — нік. +, з — нік. ||, збільшення 100)

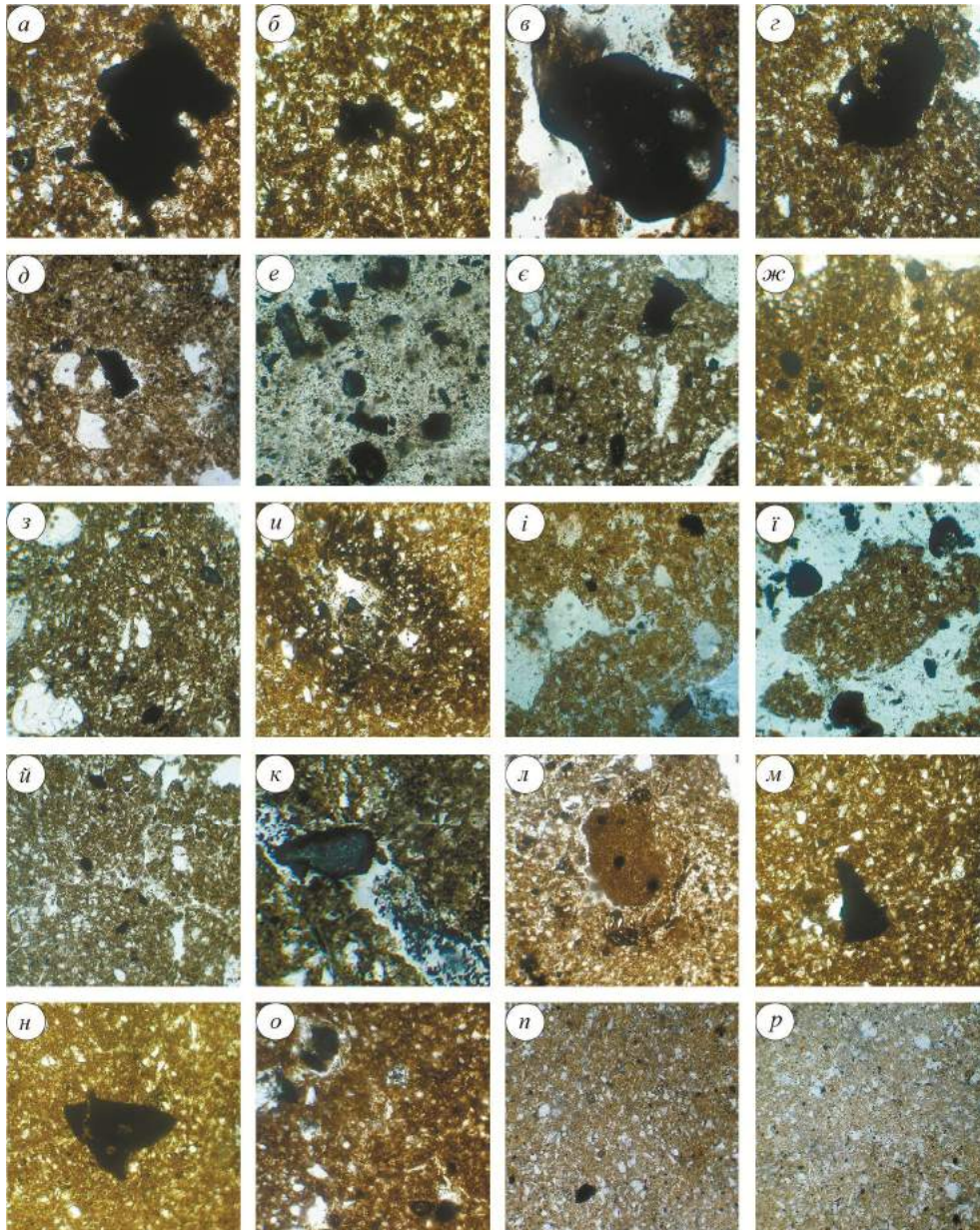


Рис. 39. Техногенний матеріал (часточки шлаків, стекла) виявлений у горизонтах сучасних ґрунтів м. Маріуполь:

Н: а, б (шурф №1); **Н(к):** в (шурф № 5); **Нк:** г (шурф № 4), д (шурф № 9), е, є, ж, з, и, і (шурф № 10); **Нр:** ї (розчистка № 3); **Нрк:** й (шурф № 5), к (шурф № 10); **Нр(і)кс:** л (шурф № 6); **Ph:** м (розчистка № 3); **Phk:** н (шурф № 4), о (шурф № 5); **Рк:** п, р (шурф № 9)
 (а—р — нік. ||, а, в, г, е збільшення 200, б, д, є—р збільшення 100)



Рис. 40. Загальний вигляд металургійних комбінатів (а — «ММК ім. Ілліча», б — «МК Азовсталь»)
м. Маріуполь



Рис. 41. Загальний вигляд фонової ділянки (с. Мелекіне)



Рис. 42. Уламки шлаків і зольних сферичних утворень із сучасних ґрунтів і відкладів м. Маріуполь (збільшення 10)

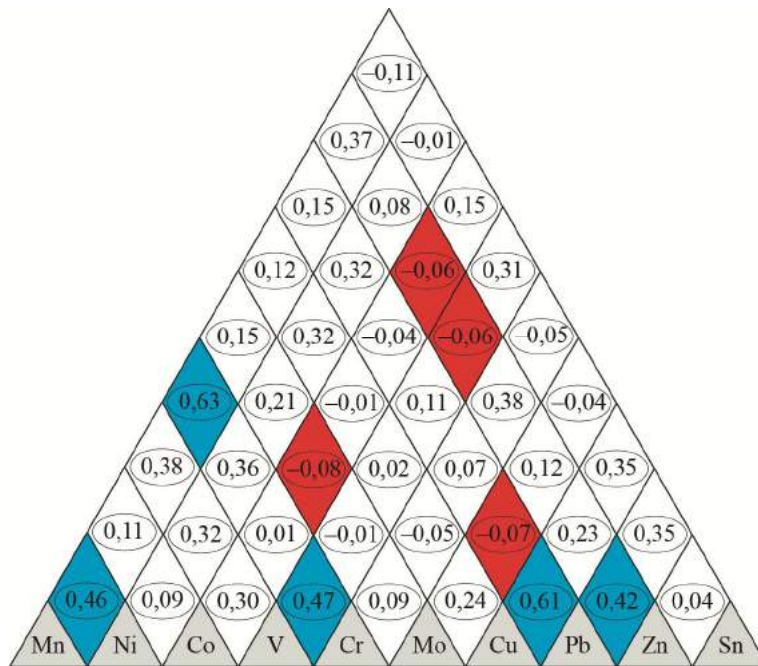


Рис. 43. Коефіцієнти кореляції ВМ у сучасних ґрунтах СЗЗ підприємств чорної металургії «ММК ім. Ілліча» і «МК Азовсталь» м. Маріуполь

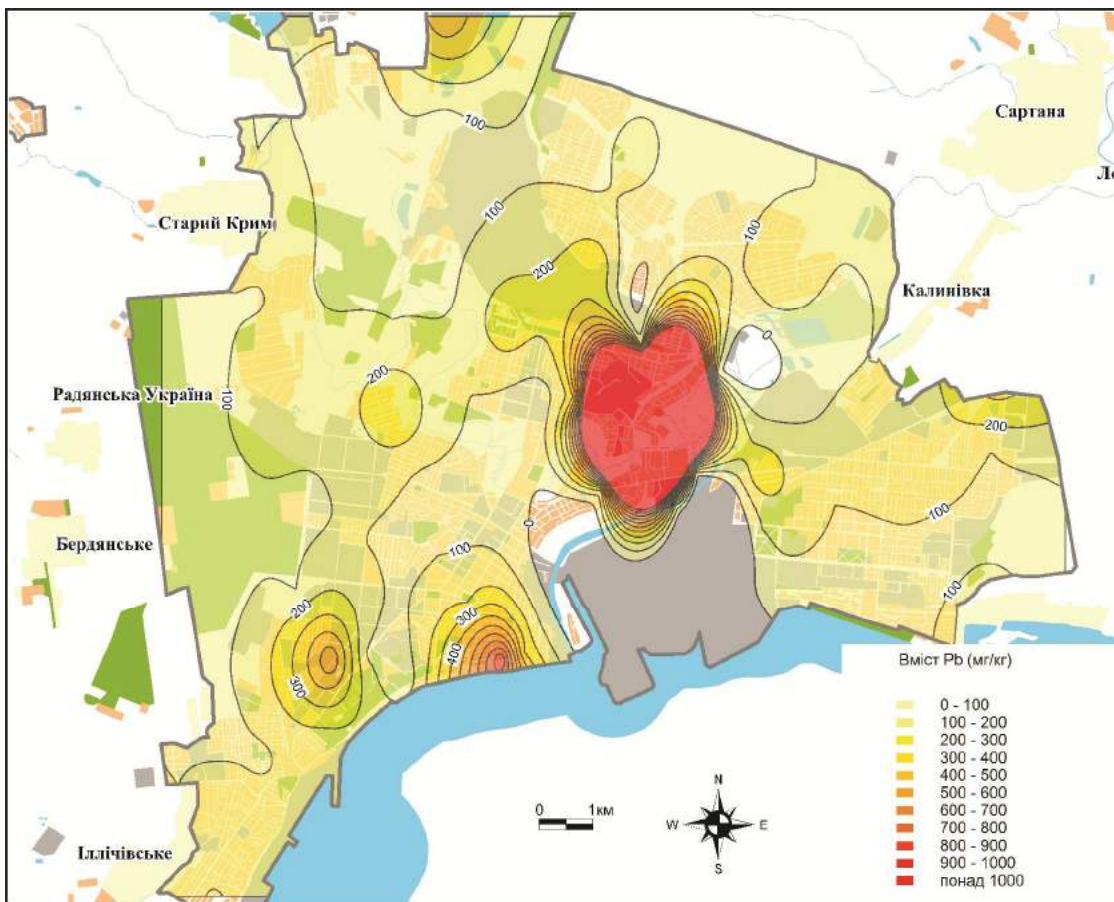


Рис. 44. Розподіл Pb у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 0—5 см) м. Маріуполь

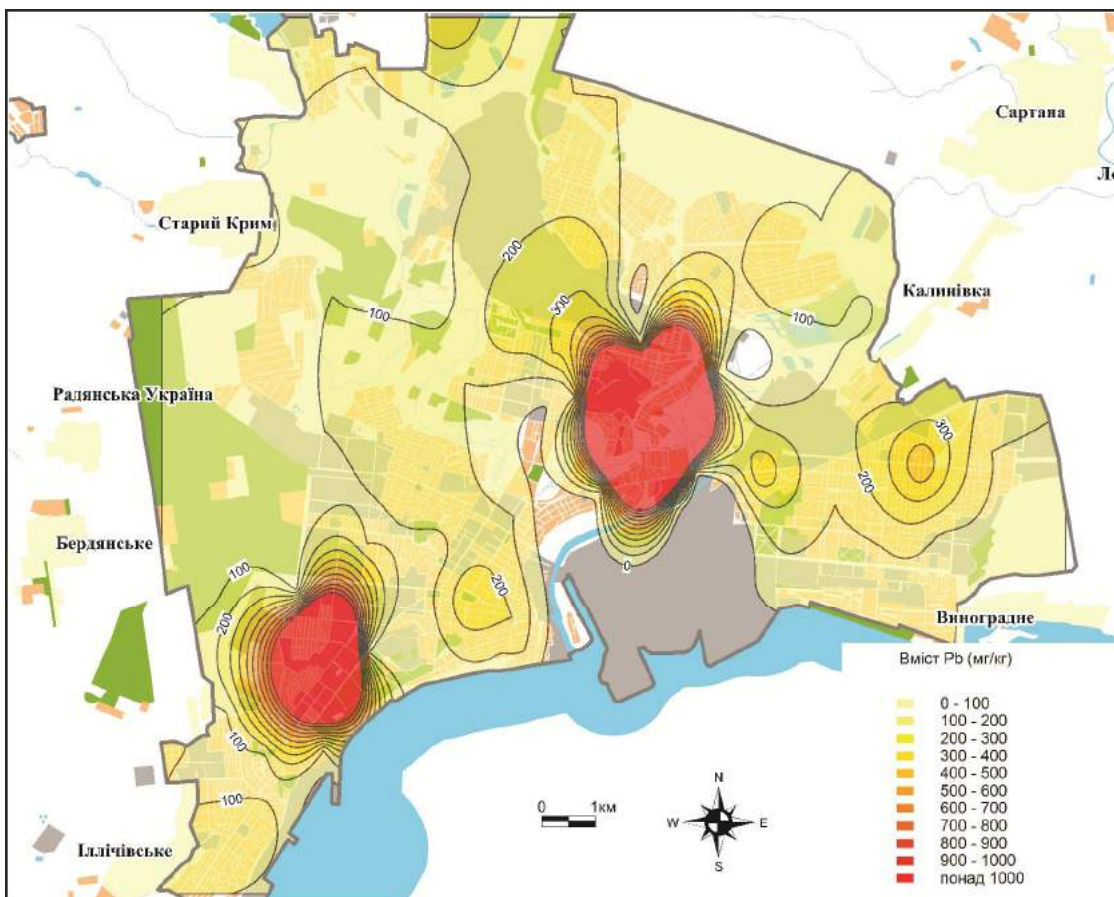


Рис. 45. Розподіл Pb у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь

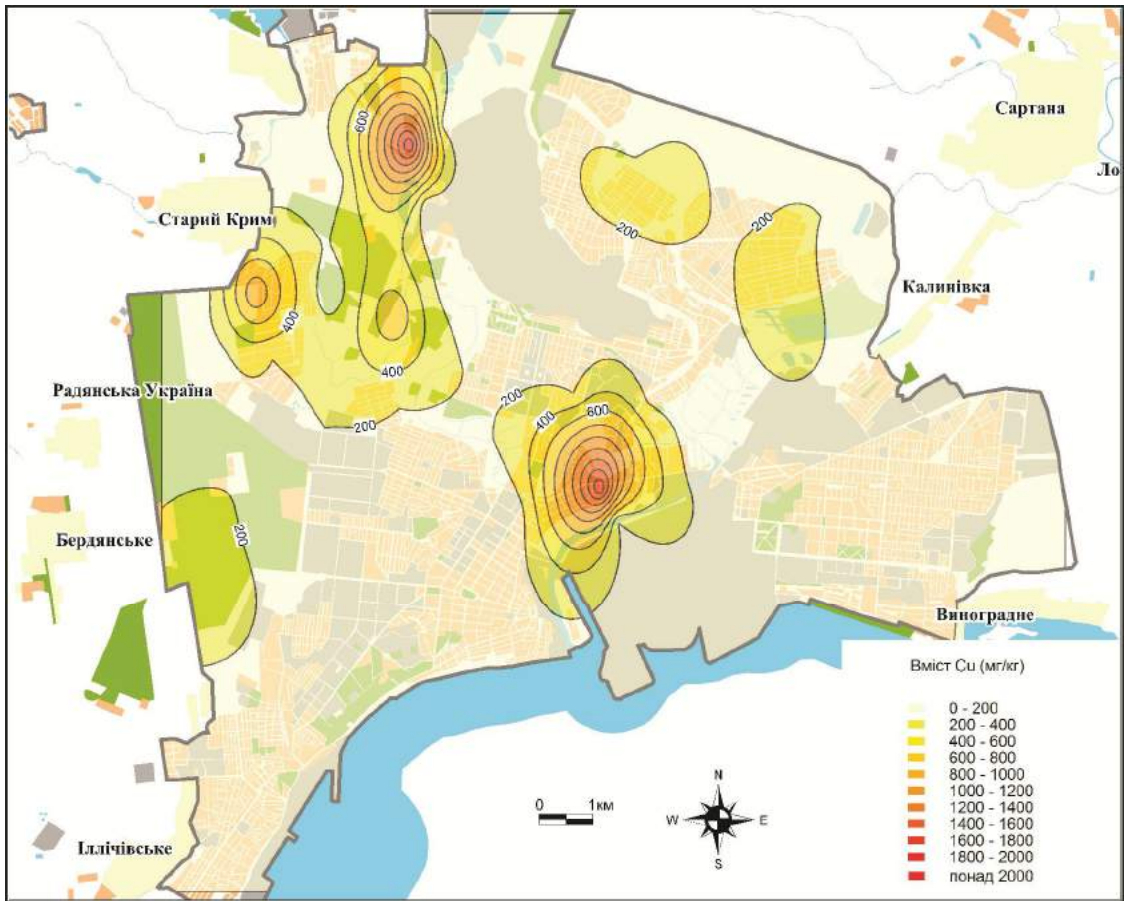


Рис. 46. Розподіл Cu у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 0—5 см) м. Маріуполь

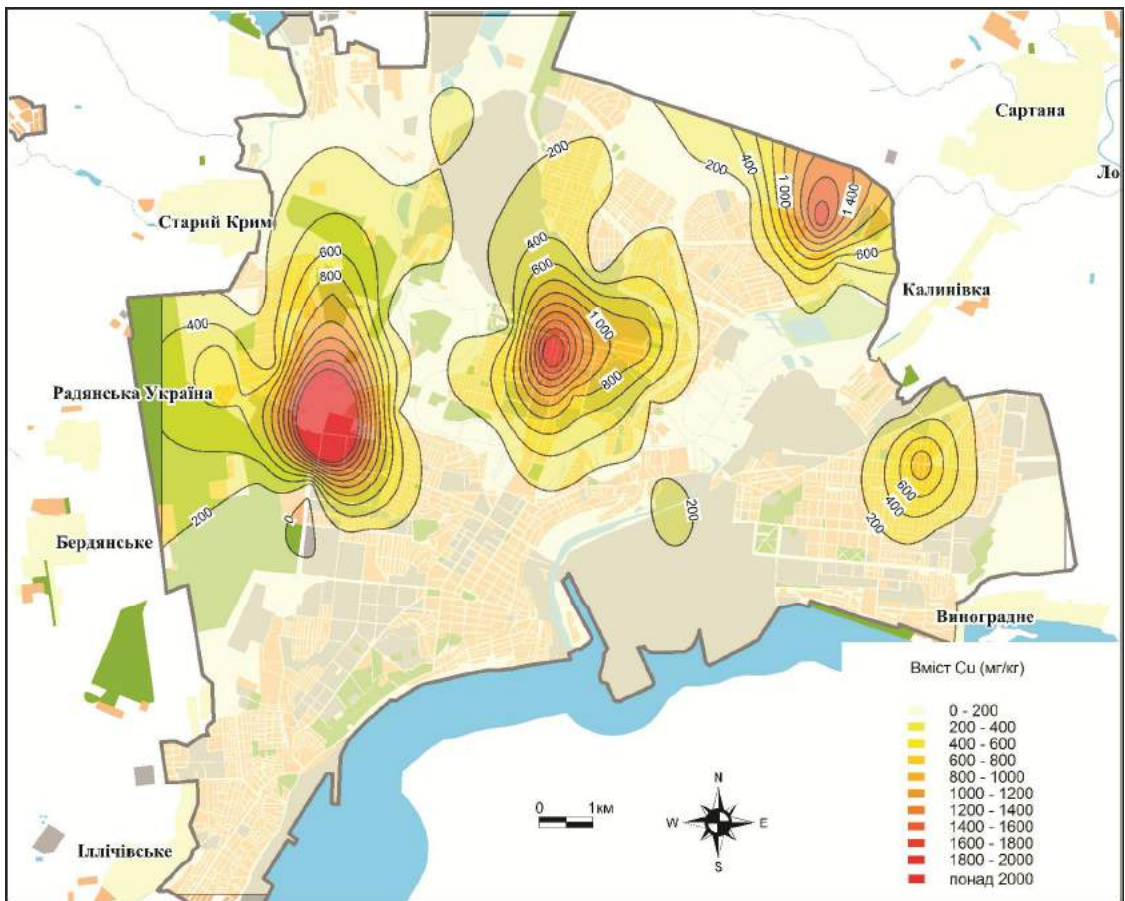


Рис. 47. Розподіл Cu у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь

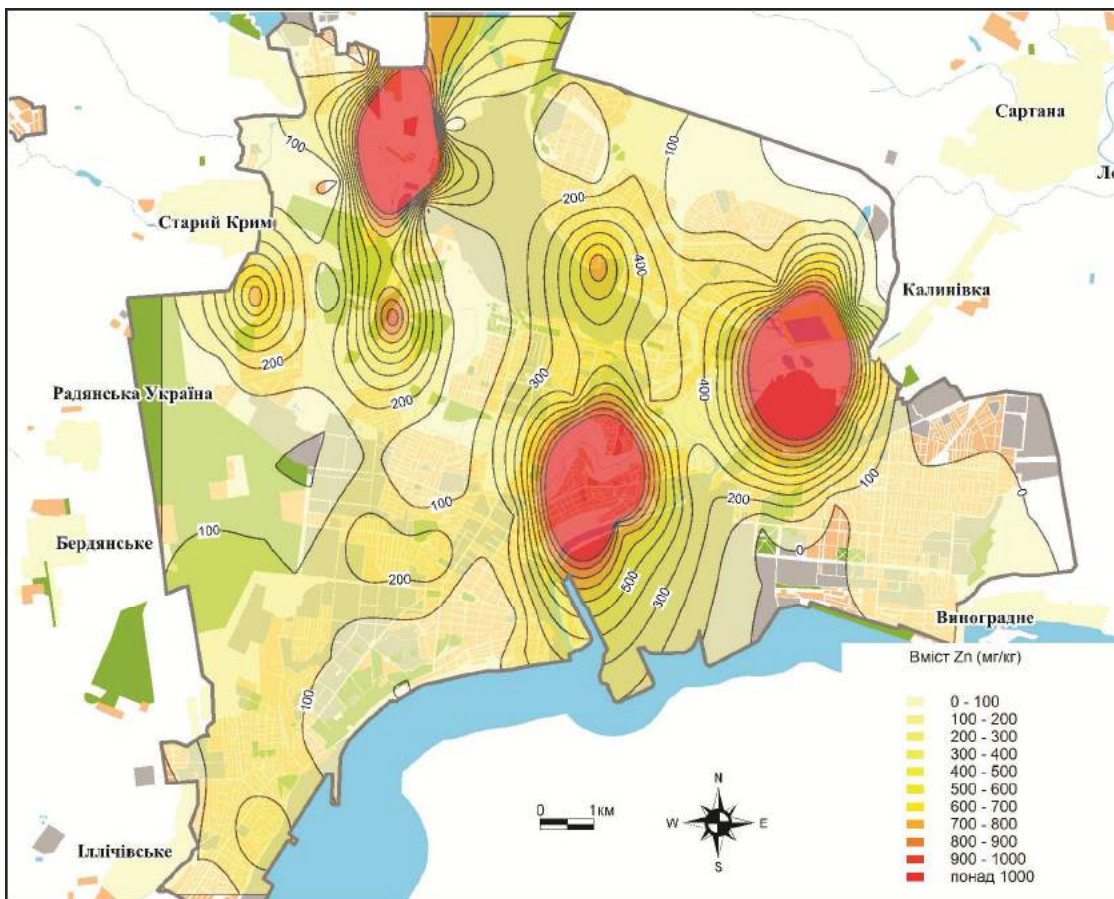


Рис. 48. Розподіл Zn у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 0—5 см) м. Маріуполь

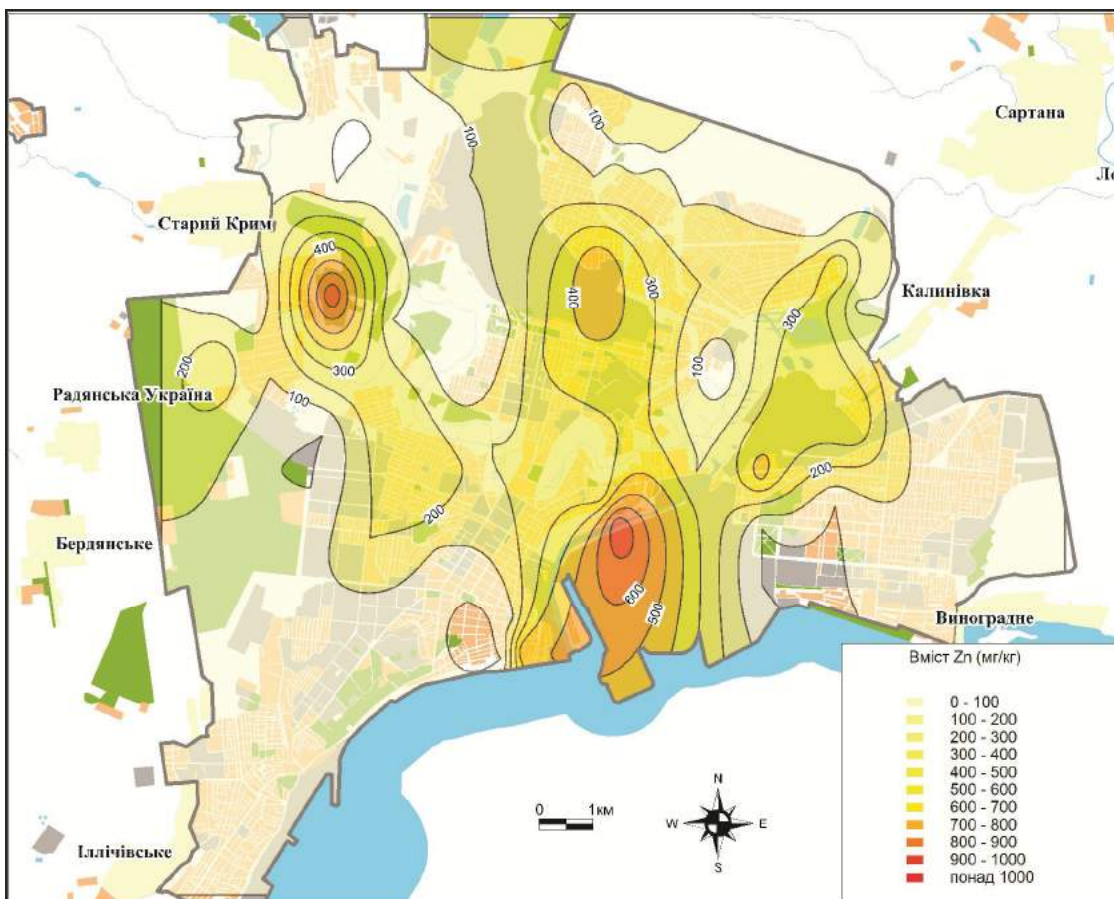


Рис. 49. Розподіл Zn у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь

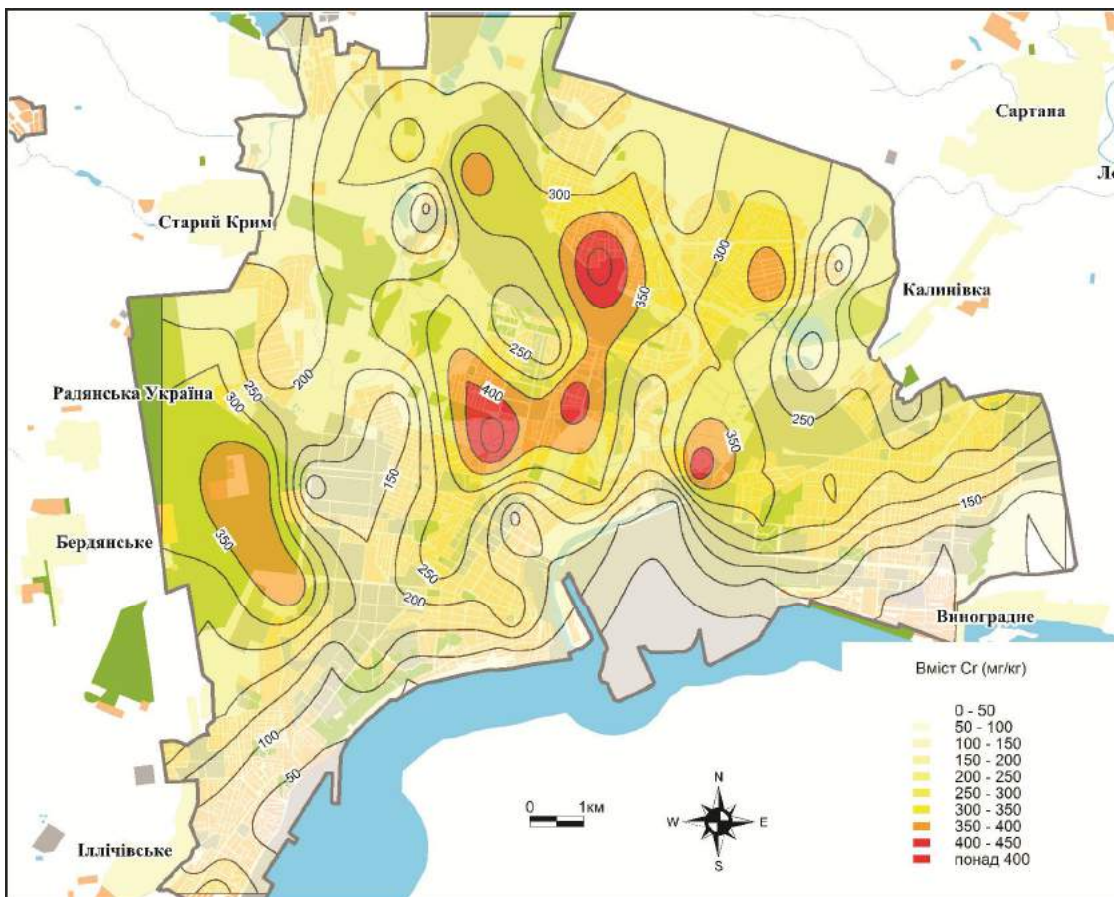


Рис. 50. Розподіл Pb у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 0—5 см) м. Маріуполь

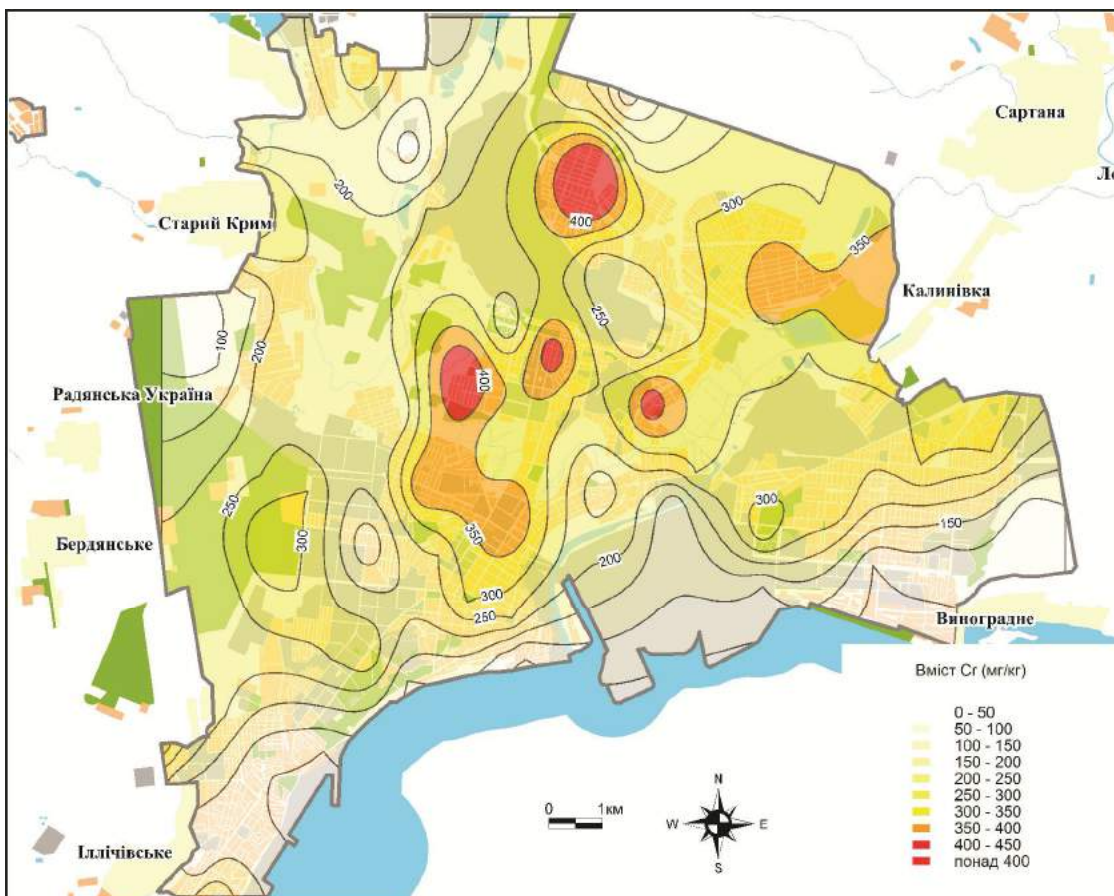


Рис. 51. Розподіл Pb у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь

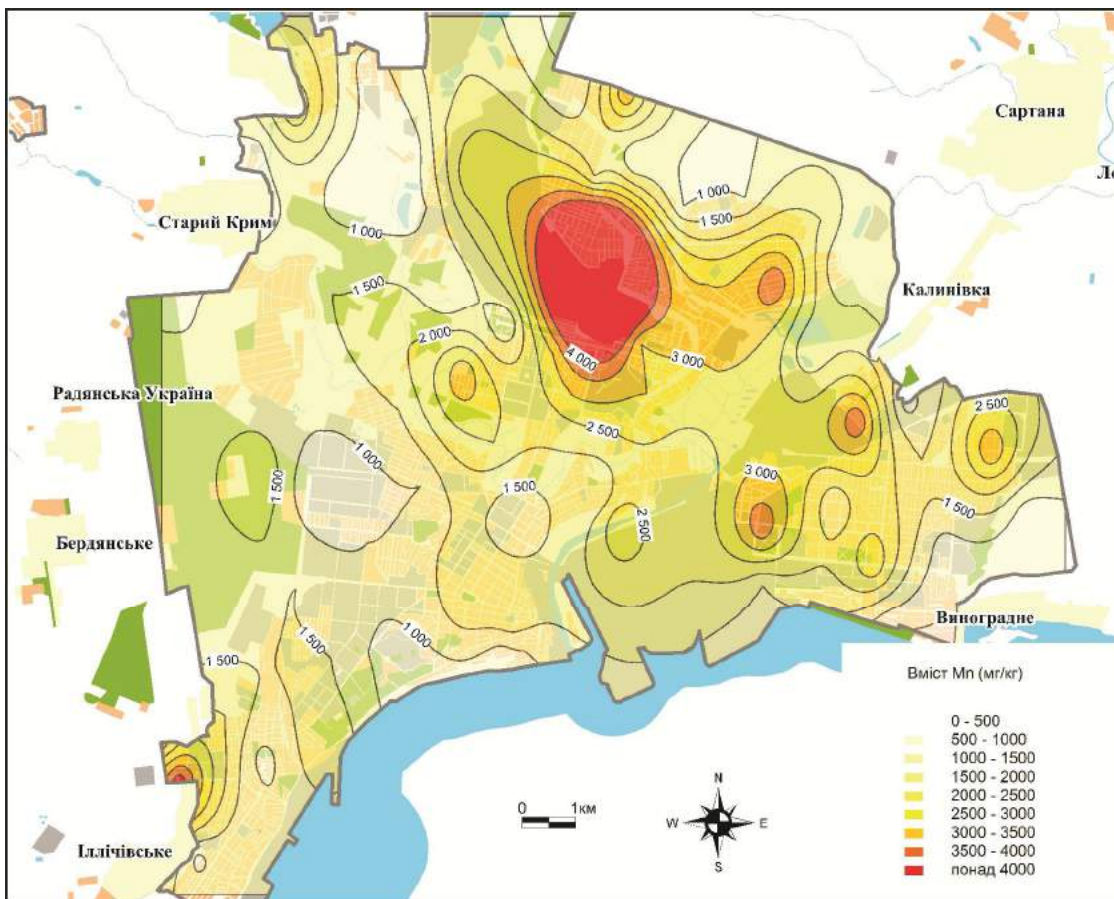


Рис. 52. Розподіл Mn у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 0—5 см) м. Маріуполь

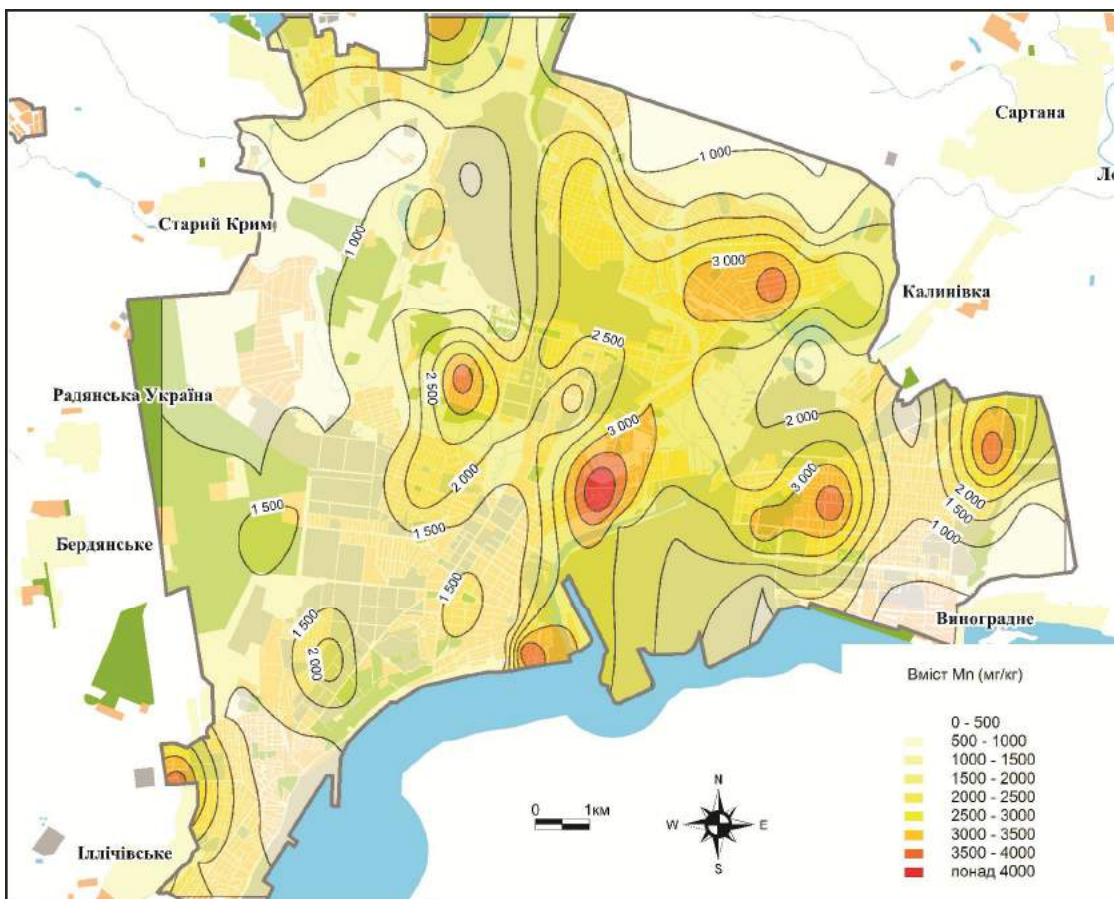


Рис. 53. Розподіл Mn у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь

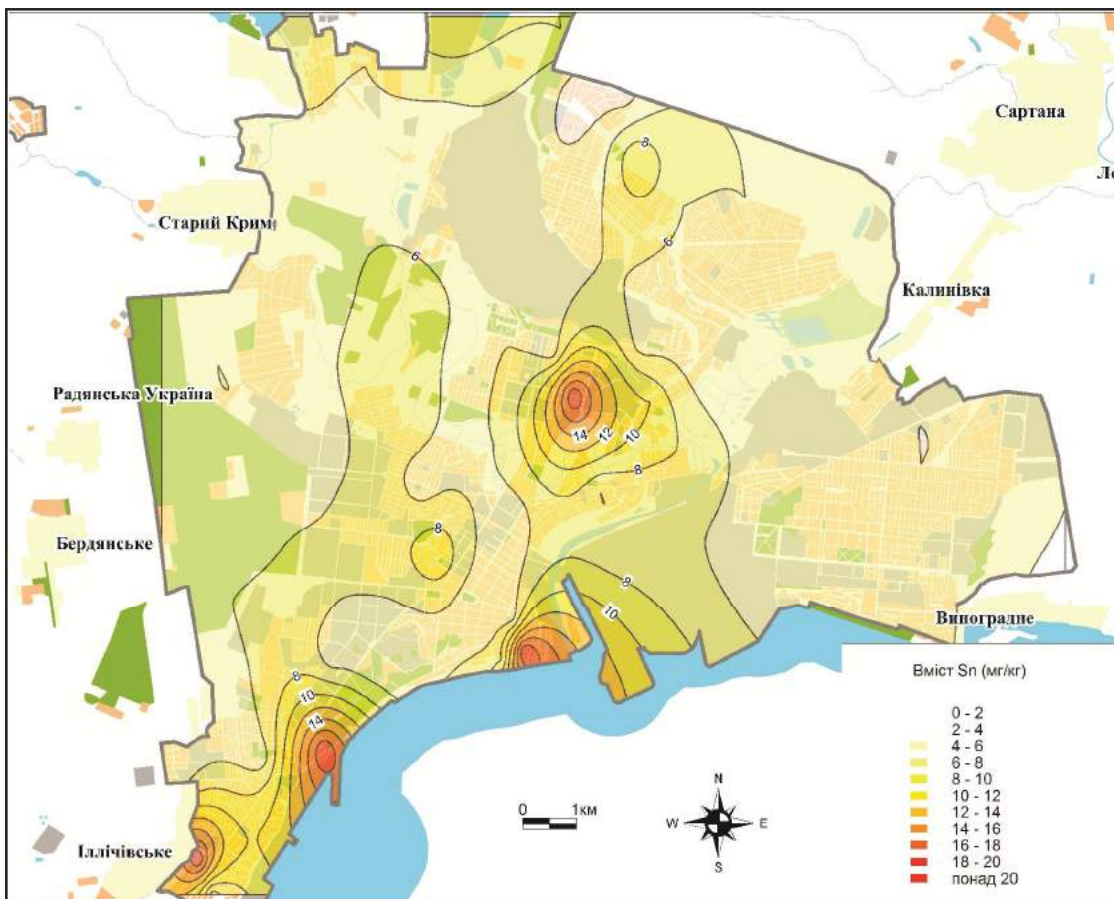


Рис. 54. Розподіл Pb у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 0—5 см) м. Маріуполь

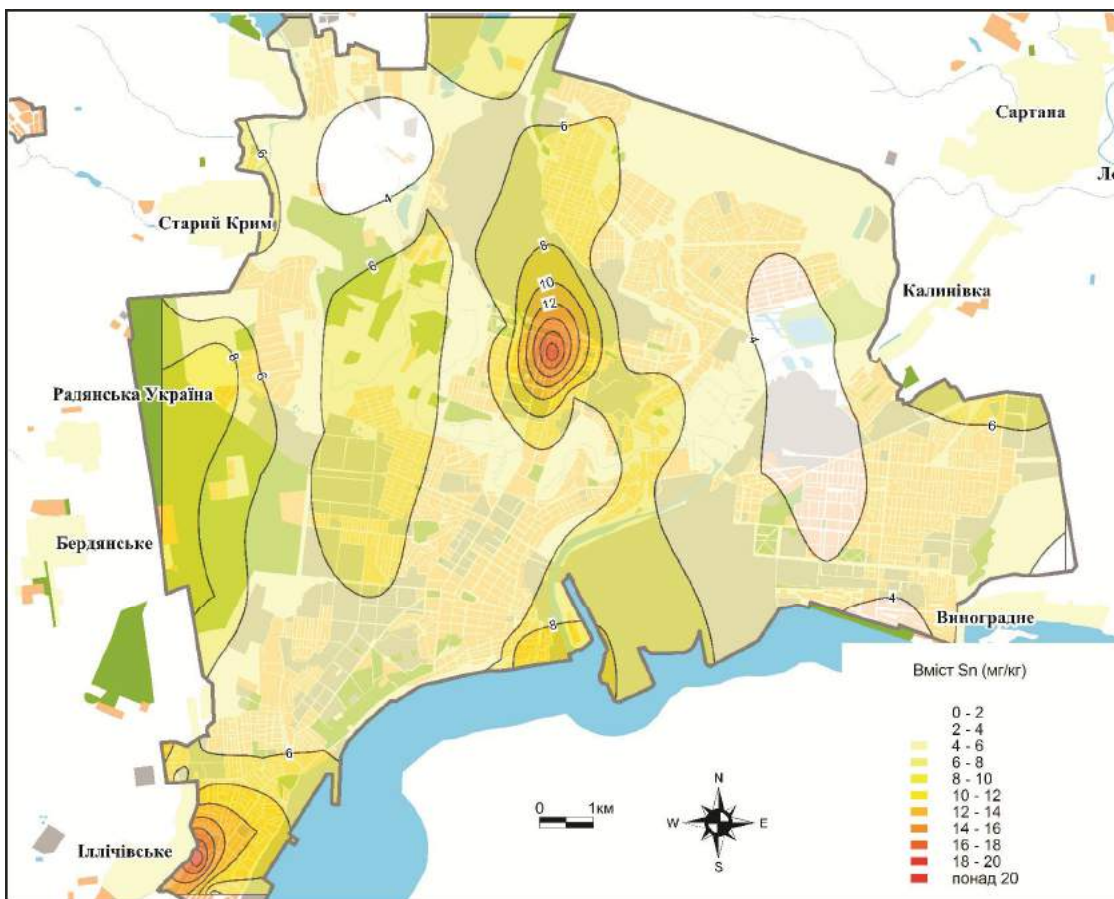


Рис. 55. Розподіл Pb у сучасному ґрунтовому покриві (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь

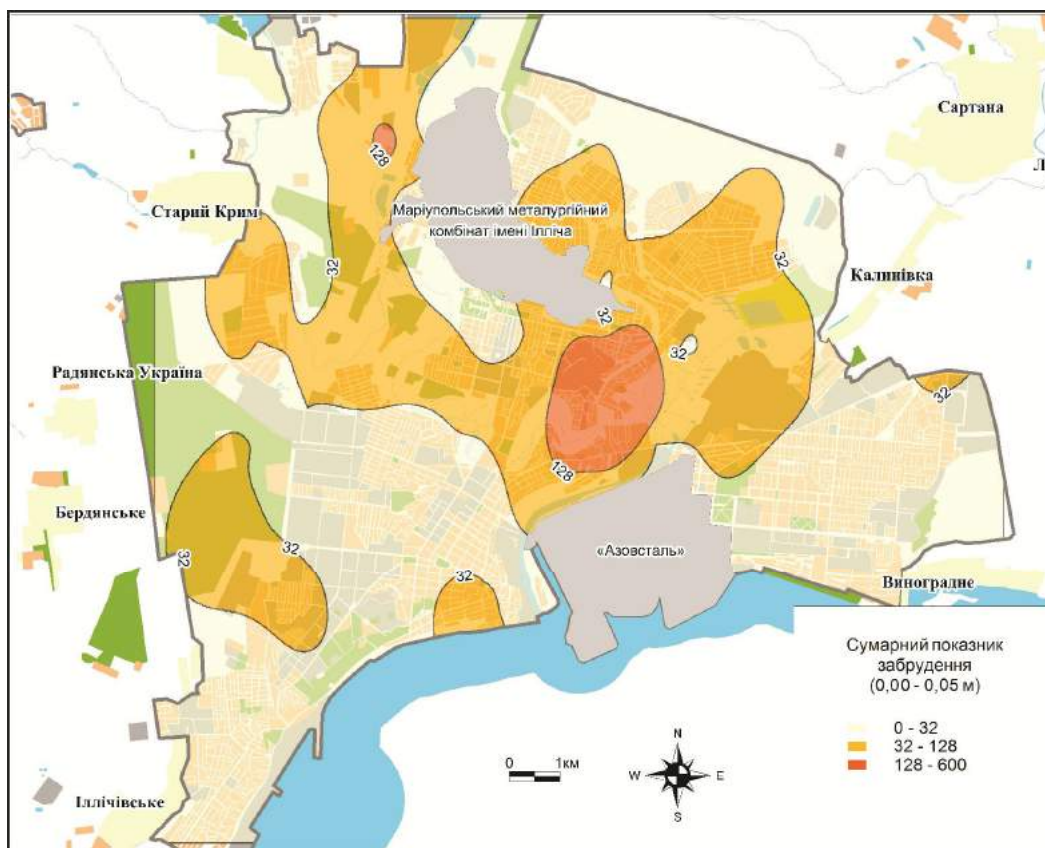


Рис. 56. Розподіл поліелементного забруднення сучасних ґрунтів (горизонт 0—5 см) м. Маріуполь за сумарним показником забруднення (Z_c)

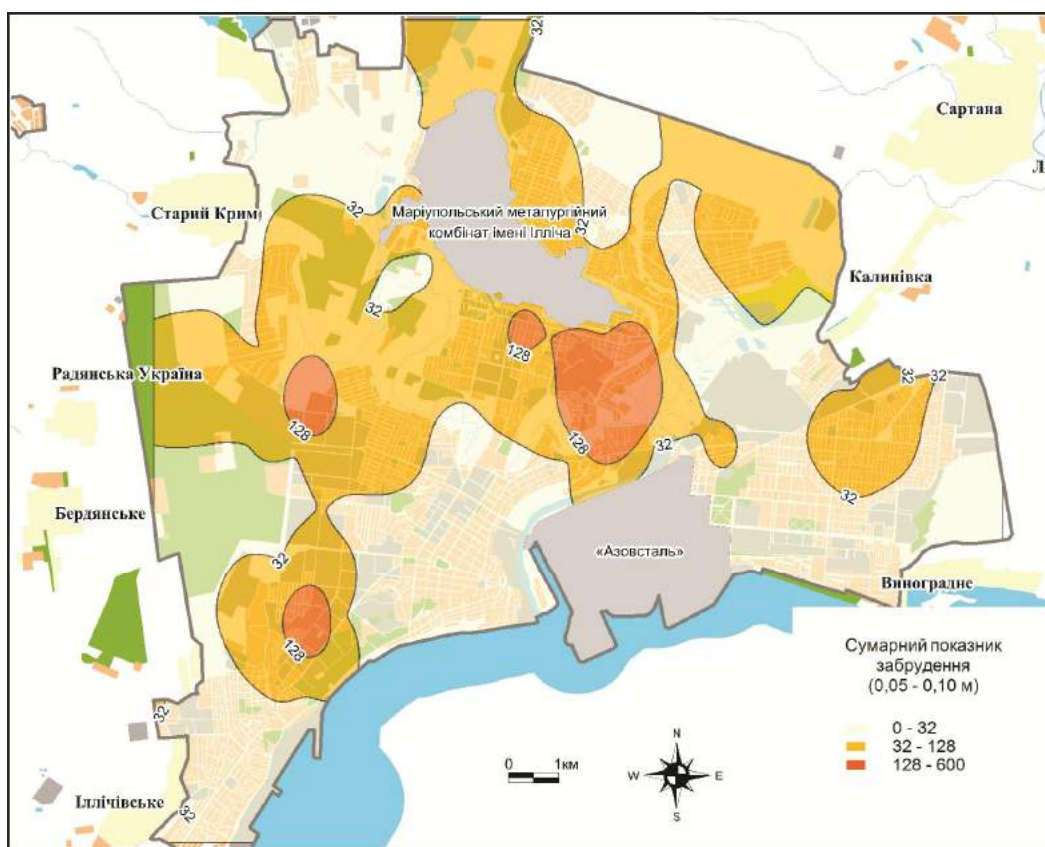


Рис. 57. Розподіл поліелементного забруднення сучасних ґрунтів (горизонт 5—10 см) м. Маріуполь за сумарним показником забруднення (Z_c)

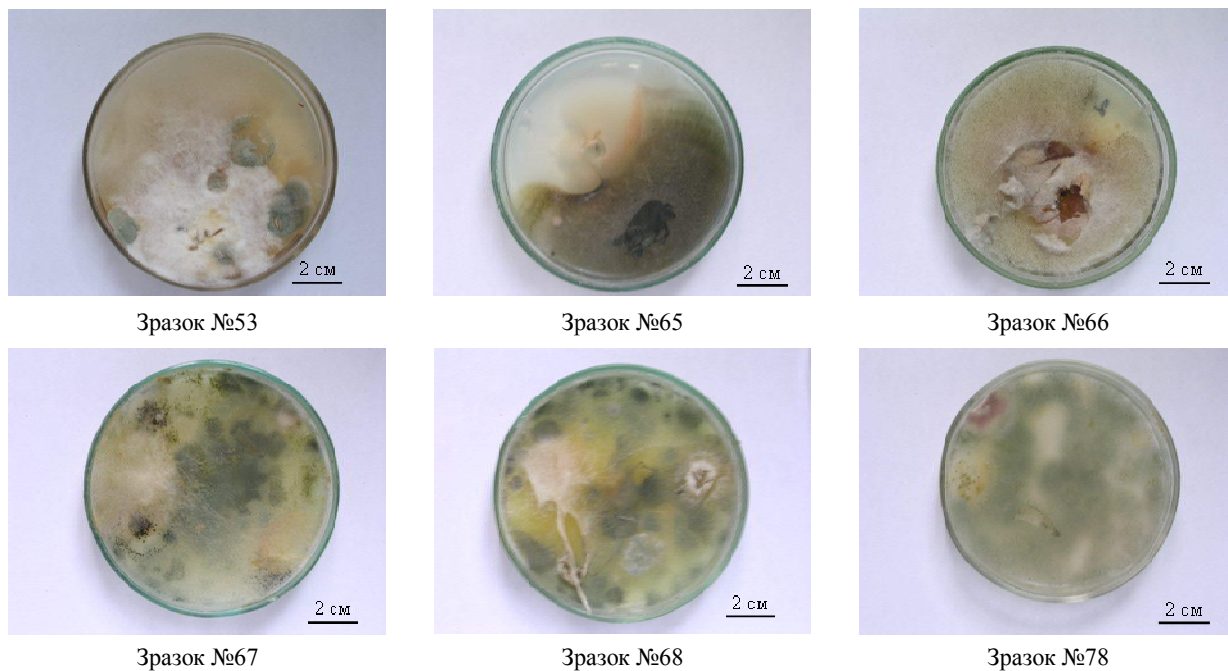


Рис. 70. Ріст мікроскопічних грибів, виділених із різних зразків сучасних ґрунтів м. Маріуполь, відібраних поблизу «МК Азовсталь», на агаризованому поживному середовищі Чапека

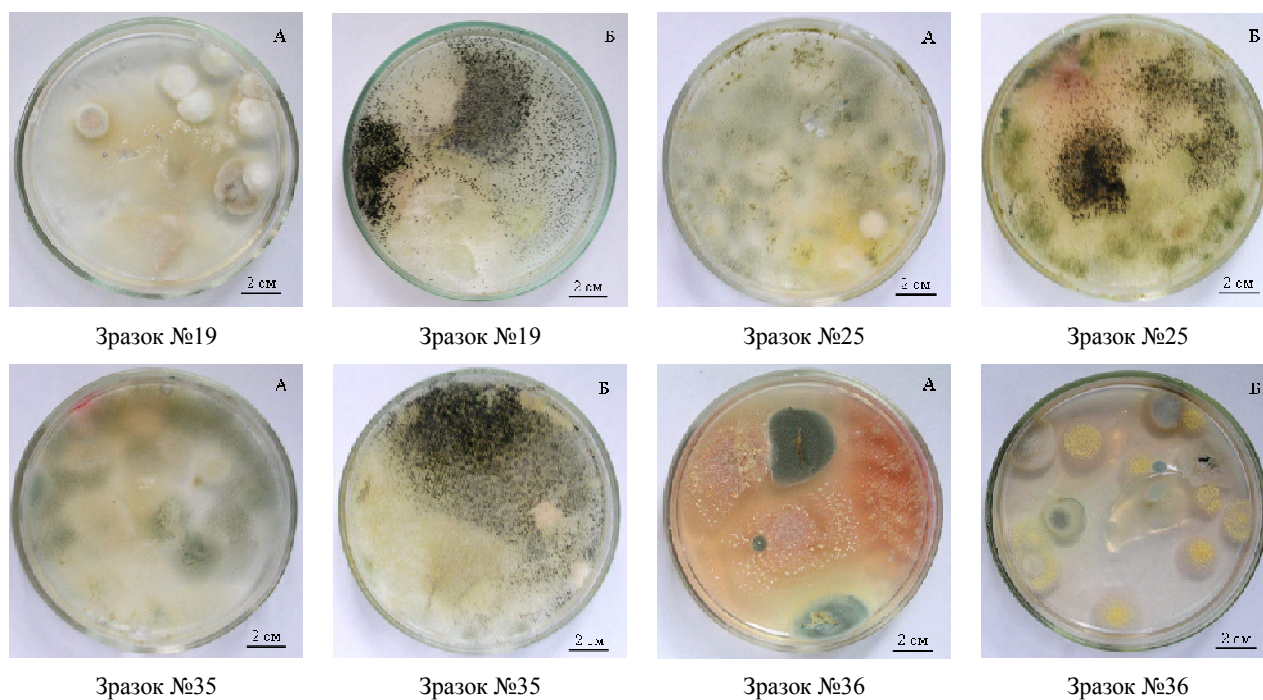


Рис. 71. Ріст мікроскопічних грибів, виділених із зразків сучасних ґрунтів м. Маріуполь, відібраних поблизу «ММК ім. Ілліча» на агаризованому картопляно-глюкозному середовищі (А) та середовищі Чапека (Б)



Рис. 75. Укріплення берегів біля с. Безіменне Новоазовського району Донецької області



Кармазиненко Сергій Петрович

кандидат географічних наук, старший науковий співробітник відділу палеогеографії Інституту географії НАН України.

E-mail: Karmazinenko@mail.ru



Кураєва Ірина Володимирівна

доктор геологічних наук, професор, завідувач відділу геохімії техногенних металів та аналітичної хімії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України



Самчук Анатолій Іванович

доктор хімічних наук, головний науковий співробітник відділу геохімії техногенних металів та аналітичної хімії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України



Войтюк Юлія Юрївна

кандидат геологічних наук, молодший науковий співробітник відділу геохімії техногенних металів та аналітичної хімії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

E-mail: yuliasun86@mail.ru



Манічев В'ячеслав Йосипович

кандидат геолого-мінералогічних наук, старший науковий співробітник відділу геохімії техногенезу Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України