П. П. НАДТОЧІЙ
Т. М. МИСЛИВА
Ф. В. ВОЛЬВАЧ

ЕКОЛОГІЯ ГРУНТУ

P. P. NADTOCHIJ
T. M. MYSLYVA
F. V. VOLVACH

SOIL ECOLOGY

Житомир
Zhytomyr
2010

УДК 631.4 : 504
ББК 40.3
Н 17

Рекомендовано Вченою радою Житомирського національного агроекологічного університету, протокол №5 від 31 травня 2010 р.

Екологія грунту : монографія / П. П. Надточій, Т. М. Мислива, Ф. В. Вольвач. – Житомир: Видавництво ПП «Рута», 2010. – 473 с.

Рецензенти: д-р с.-г. наук, проф., *А. Д. Балаєв* (завідуючий кафедрою ґрунтознавства і охорони ґрунтів, Національний університет біоресурсів і природокористування, м. Київ);

д-р с.-г. наук, проф., *О. Ф. Смаглій* (завідуючий кафедрою ґрунтознавства і землеробства, Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир)

ISBN 978-617-581-016-3

У монографії в категоріях і поняттях екології розглядається ґрунтова екосистема як складова навколишнього середовища і предмет наукових досліджень нового напряму в ґрунтознавстві – екології грунту. Висвітлено питання структури абіотичної і біотичної складових ґрунтової екосистеми, біосферні і екосистемні функції екосистеми грунту, її енергетику та біогеохімічні цикли основних біогенних елементів. Обгрунтовано сучасну інтерпретацію кислотно-основної буферності грунту як критерію оцінки його агроекологічного стану. Наведено особливості здійснення моніторингу екологічного стану ґрунтової екосистеми та моделювання грунтово – екологічних систем і родючості грунту.

Для спеціалістів сільського господарства, фахівців спеціально уповноважених органів виконавчої влади, працівників – практиків, які займаються проблемами охорони довкілля і раціонального природокористування, студентів, аспірантів, а також викладачів вищих навчальних закладів аграрного, природничого та гуманітарного спрямування, які здійснюють підготовку фахівців з напряму „Екологія”.

ББК 40.3

ISBN 978-617-581-016-3

© П. П. Надточій,
© Т. М. Мислива,
© Ф. В. Вольвач, 2010
© ПП «Рута», видавництво, 2010

Soil Ecology. Monograph / P. P. Nadtochij, T. M. Myslyva, F. V. Volvach. – Zhytomyr, 2010. – 473 p.

The book examines the soil ecosystem as a component of the environment and subject of scientific research of a new trend in soil science, that of soil ecology. It deals with the problems of the structure of abiotic and biotic components of soil ecosystem, its biospheric functions and energetic as well as biogeochemical cycles of the basic biogenous elements. The present – day interpretation of acid – base buffering of soil as a criterion for assessing its agroecological state has been substantiated. The monograph also presents the characteristics of monitoring the ecological state of soil ecosystem and simulating soil and ecological systems as well as soil fertility.

This book is meant for agricultural specialists, experts of specially authorized executive bodies, practical workers who are engaged in the problems of environmental protection and rational nature management, students, post-graduates as well as or agrarian, natural and humanitarian orientation which carry out the training of environmental specialists.

Reviewers: **A. D. Balaev** – Professor;
O. F. Smaglij – Professor

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА 10
РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЯ ҐРУНТУ В СТРУКТУРІ ЗАГАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ 17
1.1. Екологічна концепція в історичному розвитку ґрунтознавства 17
1.2. Живі покриви Землі та екосистема ґрунту 28
1.3. Еволюція екосистеми ґрунту і її інформаційних функцій 35
1.4. Екологічна рівновага і стійкість функціонування екосистеми ґрунту 40
РОЗДІЛ 2. ЕКОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ 46
2.1. Біосферні (глобальні) функції 51
2.2. Біогеоценотичні (екосистемні) функції 67
2.3. Вплив забруднення важкими металами на екологічні функції ґрунтів 76
РОЗДІЛ 3. АБІОТИЧНА СКЛАДОВА ЕКОСИСТЕМИ ҐРУНТУ 87
3.1. Тверда фаза ґрунту та її екологічне значення 87
3.2. Рідка фаза ґрунту та її екологічне значення 90
3.3. Повітряна фаза ґрунту та її екологічне значення 109
3.4. Температура ґрунту як екологічний фактор 114
РОЗДІЛ 4. БІОТИЧНА СКЛАДОВА ЕКОСИСТЕМИ ҐРУНТУ 121
4.1. Функції живої речовини в ґрунті 121
4.2. Видова структура та екологічні функції окремих складових ґрунтової біоти 137
4.2.1. Водорості як компонент ґрунтової біоти 137
4.2.2. Синьо-зелені водорості (ціанобактерії) 144
4.2.3. Зелені водорості 152
4.2.4 Зелені водорості 157
4.2.5. Діатомові водорості 158
4.3. Структура ґрунтової фауни та її екологічні функції 159

CONTENTS

FOREWORD 10
CHAPTER 1. ECOLOGY OF SOIL IN THE STRUCTURE OF GENERAL ECOLOGY 17
1.1. Ecological concept in the historical development of soil science 17
1.2. Living coverings of the Earth and soil ecosystem 28
1.3. Evolution of soil ecosystem and its information functions 35
1.4. Ecological equilibrium and stability of soil ecosystem functioning 40
CHAPTER 2. ECOLOGICAL FUNCTIONS OF SOIL COVER 46
2.1. Biospheric (global) functions 51
2.2. Biogeocenotic (ecosystem) functions 67
2.3. The influence of heavy metals pollutions on ecological functions of soil 76
CHAPTER 3. ABIOTIC COMPONENT OF SOIL ECOSYSTEM 87
3.1. Solid soil phase and its ecological significance 87
3.2. Liquid soil phase and its ecological significance 90
3.3 Aerial soil phase and its ecological significance 109
3.4. Soil temperature as an. Ecological factor 114
CHAPTER 4. BIOTIC COMPONENT OF SOIL ECOSYSTEM 121
4.1. Functions of living matter in soil 121
4.2. Specific structure and ecological functions of individual components of soil biota 137
4.2.1. Algae as a components of soil biota 137
4.2.2. Blue-green algae (cyanobacteria) 144
4.2.3. Green algae 152
4.2.4. Yellow - green algae 157
4.2.5. Diatomaceous algae 158
4.3. The structure of soil fauna and its ecological functions 159

4.4. Мікобіота та її екологічні функції 187
4.5. Ліхенофлора та її екологічні функції 198
4.6. Мікроорганізми та їх роль у ґрунтовій екосистемі 204
РОЗДІЛ 5. ЕНЕРГЕТИКА І ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОСИСТЕМИ ГРУНТУ 225
5.1. Фундаментальні концепції щодо енергетичного стану живих покривів Землі ……..... 225
5.2. Енергетика абіотичної складової екосистеми ґрунту 234
5.2.1. Енергетична характеристика навколишнього середовища 234
5.2.2. Енергетика процесу ґрунтоутворення ..…… 243
5.2.3. Перенесення енергії і продуктивність екосистем 248
5.3. Антропогенна діяльність і енергетичний стан детритно - гумусового комплексу 255
5.4. Енергетика і метаболізм ґрунтової біоти 259
5.5. Екологічний аспект родючості грунту 264
РОЗДІЛ 6. БІОГЕОХІМІЧНІ ЦИКЛИ В ЕКОСИСТЕМІ ГРУНТУ 272
6.1. Загальна характеристика біогеохімічних циклів 272
6.2. Біогеохімічний цикл вуглецю 277
6.3. Біогеохімічний цикл азоту 282
6.4. Біогеохімічний цикл фосфору 287
6.5. Біогеохімічний цикл сірки 291
6.6. Трофічний цикл інших хімічних елементів 294
РОЗДІЛ 7. ФАКТОРИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЕКОСИСТЕМУ ГРУНТУ 298
7.1. Техногенне забруднення ґрунтів 298
7.2. Радіаційне забруднення ґрунтів 312
7.3. Антропогенна дегуміфікація ґрунтів 337
7.4. Агрофізична деградація ґрунтів 342
7.5. Фізико-хімічна деградація ґрунтів 344
7.6. Ерозійна деградація ґрунтів 346
7.7. Антропогенна деградація грунтово-земельних ресурсів 351

4.4. Soil fungi and their ecological functions 187
4.5. Lichen flora and its ecological functions 198
4.6. Microorganisms and their role in soil ecosystem 204
CHAPTER 5. ENERGETIC AND SOIL ECOSYSTEM FUNCTIONING 225
5.1. Fundamental conceptions as regards energy state of the Earth's living coverings 225
5.2. Energetic of the abiotic component of soil ecosystem 234
5.2.1. Energy characteristic of the environment 234
5.2.2. Energetic of the soil formation process 243
5.2.3. Energy transfer and ecosystem productivity 248
5.3. Anthropogenic activities and the energy state of detrital-and-humous complex 255
5.4. Energetic and soil biota metabolism 259
5.5. The ecological aspect of soil fertility 264
CHAPTER 6. BIOGEOCHEMICAL CYCLES IN SOIL ECOSYSTEM 272
6.1. General characteristic of biogeochemical cycles 272
6.2. Biogeochemical cycle of carbon 277
6.3. Biogeochemical cycle of nitrogen 282
6.4. Biogeochemical cycle of phosphorus 287
6.5. Biogeochemical cycle of sulphur 291
6.6. Trophy cycle of other chemical elements 294
CHAPTER 7. FACTORS OF NEGATIVE EFFECT ON SOIL ECOSYSTEM 298
7.1. Technogenic soil pollution 298
7.2. Radiation soil pollution 312
7.3. Anthropogenic soil dehumification 337
7.4. Agrophysical soil degradation 342
7.5. Physical and chemical soil degradation 344
7.6. Erosive soil degradation 346
7.7. Anthropogenic degradation of soil-and land resources 351

РОЗДІЛ 8. КИСЛОТНО-ОСНОВНА БУФЕРНІСТЬ ГРУНТУ – КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ЙОГО АГРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ 355
8.1. Сучасна інтерпретація кислотно - основної буферності грунту 355
8.2. Методика визначення і оцінки кислотно-основної буферності грунту 360
8.3. Картограма кислотно - основної буферності грунту 367
8.4. Регулювання реакції ґрунтового розчину і кислотно - основної буферності грунту 372
РОЗДІЛ 9. ГРУНТОВО-ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ 379
9.1. Мета і завдання моніторингу ґрунтів 379
9.2. Критерії оцінки в грунтово-екологічному моніторингу 388
9.3. Радіоекологічний моніторинг на забруднених територіях 398
РОЗДІЛ 10. МОДЕЛЮВАННЯ ГРУНТОВО-ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ТА РОДЮЧОСТІ ГРУНТУ .. 408
10.1. Характеристика моделей і їх використання 408
10.2. Концепція управління родючістю ґрунтів Лісостепу України в сучасних екологічних умовах 424
РОЗДІЛ 11. ЕКОЛОГІЯ ГРУНТУ І СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА 431
ПІСЛЯМОВА……. 442
ЛІТЕРАТУРА…… 449

CHAPTER 8. ACID-BASE BUFFERING OF SOIL AS A CRITERION OF ASSESSING ITS AGROECOLOGICAL STATE 355
8.1. The present-day interpretation of acid-base buffering of soil 355
8.2. Methods of determining and assessing acid-base buffering of soil 360
8.3. The collation map of acid-base buffering of soil 367
8.4. Regulation of soil solution reaction and acid-base buffering of soil 372
CHAPTER 9. ECOLOGICAL MONITORING OF SOIL 279
9.1. The aim and problems of soil monitoring 279
9.2. The criteria of assessment in ecological monitoring of soil 388
9.3. Radioecological monitoring in the contaminated areas 398
CHAPTER 10. SIMULATION OF SOIL-AND-ECOLOGICAL SYSTEMS AND SOIL FERTILITY 408
10.1. The characteristic of models and their using 408
10.2. The conception of managing soil fertility in Ukraine's Forest-steppe under the present-day ecological conditions 424
CHAPTER 11. SOIL ECOLOGY AND MODERN SOIL MANAGEMENT SYSTEMS 431
CONCLUDING REMARKS 442
REFERENCES 449

ПЕРЕДМОВА

З давніх часів турбота про грунт і підвищення його родючості як однієї із головних функцій була, є і залишиться найважливішим завданням у житті людства. Вчені стверджують, що цивілізація розпочалася тоді, коли людина навчилася використовувати вогонь і різні знаряддя обробітку ґрунту. Зокрема, в Україні землеробська трипільська культура сягає далеко вглиб епохи міді та бронзи. Ставлення людини до землі відображає стан культури в суспільстві, еволюцію його виробничих і суспільних відносин.

Під впливом господарської діяльності людини відбуваються істотні, інколи незворотні зміни в структурі і функціях екосистеми ґрунту. Особливо значних змін зазнає ґрунтова біота (жива речовина) і пов'язана з нею хімічна компонента. Змінюються напрями і темпи міграції хімічних елементів, зміщуються зони їх винесення і накопичення. У багатьох випадках це призводить до докорінних змін не лише в структурі елементарних процесів ґрунтоутворення, а й до часткової, а часом і повної втрати ґрунтом родючості, посилення проявів явищ ґрунтостомлення і педотоксикозу.

Україна є регіоном Європи, в якому навколишнє середовище найбільш трансформоване у всіх його компонентах і проявах. Природа втрачає властиві їй домінанти і набуває ознак типового антропогенного середовища. Надмірна кількість підприємств добувної та переробної промисловості зумовлює утворення величезної маси екологічно небезпечних відходів. Важкі за гранулометричним складом і мало проникні для води ґрунти, порівняно невелика кількість опадів, деформована гідрографічна мережа і вирубування лісів призводять до того, що промислові відходи й побічні продукти хімізації сільського господарства не виносяться за межі агроландшафтів, не розпорошуються в процесі геологічного кругообігу, а концентруються в місцевих біогеохімічних циклах, звідки трофічними ланцюгами потрапляють в організм людини.

Особливу екологічну проблему спричинила Чорнобильська катастрофа, яка призвела до радіоактивного забруднення більш як 50 тис км^2 території України, на якій було розташовано 2994 населених пункти. Від її наслідків постраждало 26 млн. осіб, у тому числі 1 млн. дітей. Через високий рівень радіоактивного забруднення з господарського обігу вилучено 180 тис га ріллі і 157 тис га лісів.

Припинення широкомасштабної деградації природного середовища (передусім ґрунту), основним чинником якої є екологічна недосконалість технологій вирощування сільськогосподарських культур і структури земельних угідь, а також інші антропогенні навантаження, потребує перегляду стратегії і тактики як ґрунтознавчої, так і землеробської наук з екологічних позицій.

На жаль, вивченню ґрунтознавства сьогодні не приділяється належної уваги, у тому числі й при підготовці фахівців у вищих навчальних закладах системи Мінагрополітики України. Сучасне ґрунтознавство в державі, як і вся аграрна наука в цілому, переживає не найкращі часи. Через тривалу соціально-економічну кризу в останні два десятиріччя чітко простежується тенденція до скорочення обсягів проведення моніторингових спостережень за агроекологічним станом ґрунтового покриву. Внаслідок занепаду сільського господарства, на відміну від другої половини минулого століття, ґрунтознавча наука сьогодні вже не займає пріоритетних позицій. Наразі ґрунтове середовище в Україні для широкого загалу спільноти, за виключенням небагаточисельних спеціалістів, є досить вузьким і не таким популярним предметом вивчення в порівнянні з іншими складовими навколишнього природного середовища (рослинний і тваринний світ, моря і океани, гірські породи тощо). А. Руеллан справедливо зазначив [261], що в свідомості переважної більшості людей погляд у глибину ґрунтового профілю асоціюється насамперед зі смертю і похоронами, а не з життям, яке насправді дарує нам це унікальне біокосне тіло природи.

Ґрунт, як феномен планети, що зберігає таємниці минулих епох і цивілізацій, є своєрідним природним тілом і заслуговує не меншої уваги науковців і дослідників, ніж океан чи космос, а тому потребує всебічного вивчення на більш високому

екосистемному (анатомічному) рівні. Будучи складною, поліфункціональною, відкритою і динамічною системою, ґрунт має певну стійкість проти техногенного й антропогенного впливу. Проте, наразі окремі екосистеми ґрунту в Україні перебувають на межі незворотних змін. Найчіткіше це простежується насамперед у зміні структури ґрунтової біоти. Відновлення деградованих земель є досить складним, а іноді нездійсненним процесом: навіть найбільш вдала рекультивація ґрунтів супроводжується значною (40 – 60 %) втратою їх природної родючості і незворотними функціональними змінами в ґрунтовій екосистемі.

У зв'язку з обмеженістю площ ґрунтів на нашій планеті, першочерговим завданням ґрунтознавців і екологів на найближчу перспективу залишається подальший захист ґрунтового покриву від прояву різних видів деградації, особливо спричиненої антропогенною діяльністю, що пов'язано не стільки з потребою виробництва екологічно безпечних продуктів харчування, скільки з необхідністю забезпечення сприятливого екологічного середовища для існуючого біорізноманіття і, насамперед, для людини. Нерозуміння екологічних процесів, що мають місце в природній екосистемі ґрунту, як правило, призводить до помилок стосовно раціонального використання матеріальних і енергетичних ресурсів в агроекосистемі. Для оцінки такої екологічної функції ґрунту, як родючість в першу чергу слід вивчити потоки речовин і енергії між різними організмами, а також між організмами і навколишнім середовищем. Важливою додатковою інформацією слугують також дані про активність метаболізму ґрунтової екосистеми.

За таких умов екологія ґрунту повинна стати не лише одним з важливих напрямів сучасного ґрунтознавства, а і фаховою дисципліною для підготовки ґрунтознавців і екологів. Її основним завданням має бути дослідження екологічних процесів і явищ, які відбуваються в ґрунті, між організмами, що його населяють, та організмами і ґрунтом. Ці процеси пов'язані з ґрунтовою родючістю і здатністю до самовідновлення. Завданням екології ґрунту є й дослідження на перший погляд прихованих механізмів взаємодії між вищими рослинами,

мікроорганізмами і тваринним світом, а також навколишнім середовищем.

Вчені-класики в галузі ґрунтознавства й агрохімії (В. В. Докучаєв, В. І. Вернадський, Б. А. Костичев, Н. М. Сибірцев, В. Р. Вільямс, Д. Н. Прянішніков, В. А. Ковда та ін.) розглядали ґрунт як самостійне природно-історичне тіло і надавали великого значення біологічним, біохімічним та біогеохімічним процесам, що відбуваються в ньому. Тому виділення екології ґрунту в самостійну дисципліну, що має свою методологію, предмет дослідження і завдання в галузі практичного землеробства, охорони та збереження ґрунтів, є цілком закономірним. Основні напрями розвитку екології ґрунту певною мірою визначені класиками вітчизняного ґрунтознавства, насамперед В. І. Вернадським, Г. М. Висоцьким, К. Д. Глінкою, Д. Г. Віленським, О. Н. Соколовським та ін. [242, 274, 151].

Науковцями розроблена система методів вивчення складного процесу функціонування екосистеми ґрунту, яка враховує досягнення біології, хімії, фізики, кібернетики та інших наук. Вона включає порівняльно-екологічний метод, що передбачає порівняльне вивчення екосистеми ґрунту в нерозривному зв'язку з факторами ґрунтоутворення (властивостями і складом ґрунтової біоти з одного боку, та сукупністю факторів ґрунтоутворення - з іншого) та порівняльно-аналітичний метод, який дає змогу через використання системи хімічних, фізико-хімічних та інших методів аналізу ґрунтового зразка робити висновки про властивості абіотичної складової ґрунтової екосистеми. Проте основними у вивченні екології ґрунту є біологічні методи, за допомогою яких ґрунт досліджують як живий організм. Важливими у пізнанні структури і функцій ґрунтових екосистем є методи системного аналізу й моделювання.

Незважаючи на широкий розвиток досліджень у галузі фізики, хімії, біології ґрунту, в Україні за сприяння Міжнародного фонду „Відродження" лише в 1997 році вперше була опублікована монографія „Екологія ґрунту та його забруднення" [208], у якій авторами зроблена спроба відобразити досягнутий на кінець XX століття рівень екологічних знань у ґрунтознавстві. За такою чи подібними назвами на той час були

відомі лише англомовне видання Б. Річардса (B. N. Richards) [333] та його переклад польською [334] і російськомовні – В. Р. Волобуєва [56] і Л. О. Карпачевського [125]. Проте, ці книги були видані у 60–90-х роках минулого століття і стали бібліографічною рідкістю. З часу опублікування зазначеної монографії пройшло вже більше 12 років, протягом яких наукова і навчально-методична література поповнилася кількома фундаментальними працями, підручниками і посібниками з питань екології ґрунту. Особливої уваги заслуговує підручник російських учених Г. В. Добровольського і Е. Д. Нікітіна "Екологія ґрунту" [98], в якому викладені основи нового інтегрального міждисциплінарного напрямку, що об'єднує вчення про фактори ґрунтотворення і екологічні функції ґрунтів, а також раціональне використання і охорону ґрунтового покриву як незамінного компонента біосфери. Автори різнобічно охарактеризували біогеоценотичні і глобальні ґрунтові екофункції – гідросферні, атмосферні, літосферні, загальнобіосферні, етносферні. Ними висвітлений сучасний стан ґрунтових ресурсів і принципи їх раціонального, екологобезпечного використання з урахуванням збереження біологічного і ґрунтового різноманіття; подана інформація стосовно правових аспектів охорони ґрунтів біосфери як умови подальшого розвитку земної цивілізації. Систематизація і узагальнення знань про різноманітність функцій ґрунтового покриву дали можливість вченим Росії розвинути новий функціонально - екосистемний напрям у ґрунтознавстві, де показана незамінна екологічна роль ґрунтів у біосфері і життєдіяльності людини.

Екологія ґрунту вже розпочала своє самостійне існування, адже вона спроможна розвивати самостійні, незалежні від інших наук і від можливих практичних результатів дослідження. Безумовно, дійсно фундаментальна наука - ґрунтознавство здатна до розвитку міждисциплінарних досліджень, а тому вона разом з екологією дали поштовх і сформували базис для виокремлення окремого синтетичного напряму досліджень – екології ґрунту.

Авторами монографії доповнено зміст і структуру раніше опублікованого видання „Екологія грунту та його забруднення", ними здійснена спроба максимально врахувати сучасний стан

розвитку цього розділу ґрунтознавства, а також вимоги до екологічної освіти і практичної діяльності спеціаліста-аграрника. Адже поряд з такою функцією ґрунту, як родючість, досить важливою на сьогодні є й інша його екологічна функція – перетворення і утилізація антропогенних відходів, а також відходів життєдіяльності рослин і тварин у нове джерело речовин і енергії, тому особлива увага авторів приділена факторам негативного антропогенного впливу на екосистему ґрунту, зокрема радіаційному забрудненню внаслідок аварії на ЧАЕС. Повністю перероблений розділ „Видова структура та екологічні функції ґрунтової біоти", в якому враховані сучасні зміни у класифікації і систематиці живих організмів. У відповідності до сучасних наукових досягнень автори теоретично узагальнили, доповнили результатами власних досліджень і оформили як самостійний розділ „Екологічні функції ґрунтового покриву". Допрацьований і доповнений новою інформацією розділ „Фактори негативного антропогенного впливу на екосистему грунту". Окремими розділами в книзі представлені відомості про грунтово-екологічний моніторинг, моделювання грунтово-екологічної системи, екологічні системи землеробства.

Загальновідомо, що успішне існування і розвиток ґрунтознавчої науки можливі за умови опанування широким загалом суспільства, насамперед молоддю, її основних положень. Безумовно, що для цього вона повинна вміти відповідати на запити і виклики часу. За таких умов екологія ґрунту повинна стати не лише одним з важливих напрямів сучасного ґрунтознавства, а і фаховою дисципліною для підготовки ґрунтознавців і екологів у вищих навчальних закладах. Її основним завданням має бути дослідження екологічних процесів і явищ, які відбуваються в ґрунті, між організмами, що його населяють, та організмами і ґрунтом. Ці процеси пов'язані з ґрунтовою родючістю і здатністю до самовідновлення. Завданням екології ґрунту є й дослідження на перший погляд прихованих механізмів взаємодії між вищими рослинами, мікроорганізмами і тваринним світом, а також навколишнім середовищем [212].

Автори сподіваються, що дане видання буде корисним не лише спеціалістам – аграріям, фахівцям спеціально уповноважених органів виконавчої влади, працівникам –

практикам, котрі займаються проблемами охорони довкілля і раціонального природокористування, а й студентам вищих навчальних закладів аграрного, природничого та гуманітарного спрямування, які навчаються за напрямом „Екологія". Можливо книга приверне увагу і широкого кола читачів, стурбованих сучасним станом навколишнього середовища в Україні.

Окремі розділи і підрозділи написані: д. с.-г. н. П. П. Надточій – 5.1-5.3, 5.5, 6.5, 7.2, 7.3, 8, 9.3, 10.2; к. с.-г. н. Т. М. Мислива – 2.2, 4, 7.1, к. с.-г. н. Ф. В. Вольвач – 3, 5.4, 6.6; д. с.-г. н. П. П. Надточій, к. с.-г. н. Т. М. Мислива – вступ, 2.1, 7.4-7.7, 9.1, 9.2; д. с.-г. н. П. П. Надточій, к. с.-г. н. Ф. В. Вольвач – 1.1-1.4, 6.1-6.3, 6.5, 10.1, 11, післямова.

РОЗДІЛ 1. **ЕКОЛОГІЯ ҐРУНТУ В СТРУКТУРІ ЗАГАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ**

1.1. Екологічна концепція в історичному розвитку ґрунтознавства

Відтоді, як людина усвідомила свою залежність від землі, не припинявся процес вивчення нею грунту як явища природи, який триває і донині. Людина дійшла до усвідомлення того, що *ґрунт* – це самостійне природно-історичне тіло, матеріальна основа її існування і потужний фактор біосфери. Грунт дедалі частіше розглядається крізь призму відношення організм - середовище, тобто в екологічних категоріях.

Сучасний етап розвитку науки про грунт у зв'язку з прогресуючою екологічною кризою, викликаною антропогенним тиском на біосферу взагалі і ґрунтовий покрив зокрема, потребує ретельного аналізу досягнутого, ясного розуміння ролі ґрунту в збереженні біорізноманіття нашої планети, в подальшому розвитку людської цивілізації і забезпеченні її екологічно стабільного існування. Ще наприкінці позаминулого століття В. В. Докучаєв зауважив, що зі всіх стихій природи (царств, компонентів) тільки ґрунт ніколи не шкодив людині, а навпаки, завжди годував її і зберігав навколишнє природне середовище. Адже, як справедливо відзначив засновник генетичного ґрунтознавства, лише ґрунт представляє кращу і вищу чарівність природознавства, ядро справжньої натурфілософії, становить генетичний, віковий і завжди закономірний зв'язок між рослинним, тваринним і мінеральним царствами з одного боку та людиною, її побутом і навіть духовним світом – з іншого [103].

Ґрунтознавство, як і кожна галузь, має свої парадигми або систему основоположних понять, законів, гіпотез, правил і стандартів, на які спираються у своїй діяльності і ґрунтознавець - вчений, і ґрунтознавець - практик. З часу свого виникнення ця природнича наука, будучи тісно пов'язаною з практичною діяльністю людини, порівняно швидко змінювала свої парадигми. Найбільш чітко ці зміни виявилися у визначеннях ґрунту, які давалися у різний час і змінювалися в міру накопичення нових

знань про будову, властивості, функції ґрунту та його роль у підтриманні життя на Землі.

З давніх часів *грунт* розглядався як субстрат, або середовище, на якому ростуть рослини. Стосовно функцій ґрунту як середовища не існує істотних розбіжностей між давніми і сучасними уявленнями, проте значні суперечності існують у визначенні ґрунту як феномена природи.

Прагматичні римляни, успадкувавши науку й філософію давніх греків, внесли в них практичний зміст. Зокрема, римський вчений-енциклопедист Марк Теренцій Варрон (116–27 рр. до н. е.) вживав термін *terra*, маючи на увазі лише якість ґрунту (глина, пісок) та умови використання його рослинами. При цьому потужність ґрунтової товщі у визначенні Варрона сягає реальної для сприйняття глибини, а весь свій практичний інтерес він зосереджує на малопотужному кореневмісному шарі – ризосфері. Критерій ризосфери пізніше був використаний і розвинений представниками агрономічного й технолого-агрономічного напряму в ґрунтознавстві. Визначення ґрунту як субстрату, на якому ростуть рослини, дотримувалися представники агрономії і лісівництва.

Найбільш яскравим представником агрономічного напряму у ґрунтознавстві є П. А. Костичев (1845 – 1895), який розглядав *грунт* як поверхневий шар землі, що обробляється при вирощуванні рослин, і в якому міститься більшість їх коріння. Отже, ідея ризосфери, висловлена Варроном, була основоположною аж до кінця XIX ст.

У період із XVII до середини XIX ст. вже існували принаймні чотири погляди на грунт: 1) грунт – орний шар; 2) грунт як субстрат для вирощування рослин, що представлений ризосферою в межах пухкої частини літосфери; 3) грунт – пухка частина літосфери, що виходить на денну поверхню; 4) грунт – специфічне утворення безвідносно його функції. У жодному з цих підходів немає і натяку на екологію. Протягом усього цього періоду ґрунтом вважали верхній, приповерхневий шар літосфери, куди проникає коріння рослин. Такий самий зміст у це поняття вкладав і російський геолог, академік АН СРСР М. А. Усов (1883 – 1939), який стверджував, що рослини закріплюються за допомогою коріння у поверхневому шарі землі,

який називається ґрунтом. При цьому йдеться не про максимальне проникнення коріння, а про пухкий шар переважного його зосередження. Пухкий шар, як відомо, створюється обробітком ґрунту. Ця обставина сприяла посиленню погляду на грунт як на шар землі, обмежений зоною проникнення плуга: ґрунт, або орний шар – це верхній шар, який зазнає дії знарядь обробітку і впливу атмосфери.

Практично до 90-х років XIX ст. найпоширенішим був погляд на грунт як на приповерхневу пухку частину літосфери, яка є місцем укорінення рослин і джерелом їх живлення.

Німецький агрохімік В. Кноп (1817 – 1891) уже розумів під ґрунтом суму мінеральних субстанцій плюс рослинні і тваринні рештки, гігроскопічна, хімічна та зв'язана вода, які містяться в орному або підорному шарі.

Поряд із технолого-агрономічним підходом до ґрунту у другій половині XIX ст. виникає інтерес до речовинного складу і походження ґрунтового субстрату, який досить швидко розвинувся у петрографічний напрям. Він був поширений серед геологів і лісівників, які у своїй роботі змушені були звертати увагу на більш глибші, ніж орний шар, горизонти. Представники цього напряму повністю або частково ототожнювали грунт із геологічною породою.

Усі найважливіші дефініції відносно грунту до докучаєвського періоду значною мірою були позначені професійним суб'єктивізмом. В. В. Докучаєв (1846 – 1903) вперше використав для визначення ґрунту поняття про живі організми, які поряд з іншими факторами (водою, повітрям, материнською породою) беруть участь у формуванні ґрунту. Визначаючи основи генетичного ґрунтознавства, В. В. Докучаєв запропонував називати *ґрунтом* денні або приповерхневі горизонти будь-яких гірських порід, природно змінених під сумісним впливом води, повітря та різних організмів, живих і відмерлих. Він також установив, що всі ґрунти утворюються внаслідок надзвичайно складної взаємодії місцевого клімату, рослинних і тваринних організмів, складу і будови материнських порід, рельєфу місцевості і, нарешті, віку країни.

Найбільш революційним було пояснення В. В. Докучаєвим факту диференціації ґрунтового профілю на

генетичні горизонти як такі, що мають мало спільного з геологічними процесами. Оскільки наявність генетичних горизонтів властива лише ґрунтам, то через з'ясування суті цього явища створювалися об'єктивні можливості відрізняти процеси ґрунтоутворення від суто геологічних процесів, а грунт - від геологічної породи. В такий спосіб було доведено, що *грунт* – це не лише більш-менш випадкова суміш вивітрених гірських порід і домішок органічних речовин (гумусу), а закономірно сформоване природне тіло, що розвивається за властивими йому законами.

Таким чином В. В. Докучаєв дав принципово нове трактування поняття *грунту* як особливого, природно - історичного тіла зі своїми законами розвитку і змін, що, в свою чергу, започаткувало виникнення нової самостійної науки - ґрунтознавства, яка має свій предмет і методи дослідження, а також організаційну структуру. Згодом постала необхідність у підготовці спеціальних кадрів – фахівців із ґрунтознавства, створення свого друкованого органу „Ґрунтознавство" (заснований у 1887 році). Молоде генетичне ґрунтознавство в процесі розвитку поступово акумулювало в собі не лише знання про грунт, що вже були накопичені в суміжних галузях наук, але і прагнуло розвивати власну методологію.

М. М. Сибірцев (1860 – 1900) був одним із перших ґрунтознавців, який після В. В. Докучаєва по-новому „прочитав" генетичне поняття грунту, давши йому таке визначення: „Природними ґрунтами слід називати такі поверхневі утворення або такі вивітрені шари гірських порід, у яких ектодинамічні явища корелюють із впливом проникаючих сюди організмів або з явищами, що мають біосферне походження".

Одночасно з В. В. Докучаєвим із обґрунтуванням концепції рослинного покриву як провідного фактора ґрунтоутворення виступив російський ботанік С. І. Коржинський (1861 – 1900) [146]. Його підхід згодом успішно розвивали Р. В. Ризположенський, А. А. Ярилов, Р. В. Вільямс, Г. Г. Махов.

Ґрунтознавець-хімік, агроном за фахом П. С. Косович (1862 – 1915) поєднував поняття грунту із процесом ґрунтоутворення, дією атмосферних факторів, а також рослинним і тваринним світами. У 1911 р. він запропонував називати *ґрунтом* ті

поверхневі шари гірських порід, у яких під впливом атмосферних факторів, а також рослин і тварин відбуваються фізико-хімічні та біологічні процеси. А. М. Сабанін (1847 – 1920) також зосереджував увагу на трансформації гірських порід під впливом біологічного фактора.

Поряд із генетичним і агрономічним ґрунтознавством розвивається і набуває визнання у світі близький до нього геобіологічний напрям. Геобіологічною школою ґрунтознавство визначається як наука про взаємопроникнення органічного і неорганічного світу. Як підтвердила подальша історія розвитку ґрунтознавства, цим визначенням грунт залучався до сфери екологічного аналізу. Геобіологічний напрям зазнав важливої трансформації у межах створеної В. Р. Вільямсом (1863 – 1939) історико-генетичної школи. Яскравими її представниками були А. М. Сабанін, М. В. Новоруський, С. П. Кравков, Б. Б. Полинов, Б. П. Серебряков та ін. Російський учений Р. В. Ризположенський (1862 – 1918?) ще до праць В. Р. Вільямса розглядав систему „угруповання живих організмів – грунт" не лише як авторегулятивну, здатну забезпечувати лише своє існування у динамічних умовах середовища, а й наділяв цю систему властивостями саморегуляції й саморепродукції, вважаючи, що живі організми спеціально пристосовують грунт до своїх потреб, підтримуючи в ньому рівень родючості, який потрібен не лише для них, а й для наступних їх поколінь [255]. Геобіологічна школа спирається на такі важливі положення: 1) рослини - єдиний істотний фактор грунтотворення, решта факторів є лише супутніми щодо рослинності і зумовлюють результати дії рослин на геологічний субстрат; 2) родючість – найважливіша, найістотніша ознака грунту, за якою він відрізняється від безплідної гірської породи; 3) процес ґрунтоутворення є постійним і безперервним.

Російський природодослідник М. В. Новоруський (1861 – 1925) вважав, що просторова диференціація єдиного процесу ґрунтоутворення зумовлюється його різнофазністю, а не тенденцією до розбіжностей. Причому, ґрунтовий покрив змінюється не лише в просторі, а й у часі. Найважливішим у геобіологічному ґрунтознавстві є уявлення про тісний зв'язок рослинності і ґрунту.

Р. В. Вільямс багато своїх праць присвятив питанням еволюції ґрунтового покриву. Узагальнення вченого нерідко започатковували появу нових течій і виникнення нових концепцій у ґрунтознавстві. Він, наприклад, називав *ґрунтом* усю товщу поверхневих шарів ґрунтової породи, у яких під впливом двох протилежно спрямованих біологічних процесів відбувається двосторонній перехід однієї форми речовини в іншу (мінеральної в органічну і навпаки).

Один із відомих учнів Р. В. Вільямса Б. П. Серебряков (1937) особливо наголошував на часовій зміні та геобіологічній природі грунту. Він вважав, що на *грунт* потрібно дивитися як на винятково складний комплекс речовин, що перебувають у стані безперервного руху і постійних змін. На його думку, основний зміст і продуктивне значення ґрунтотворного процесу полягає у переході однієї форми речовини в іншу.

В. Р. Вільямс вперше звернув увагу на родючість грунту як на його найістотнішу ознаку, за якою він відрізняється від геологічної породи [43]. Основну властивість грунту – родючість, яка досі усвідомлювалася невиразно і статично, він трактував як динамічне явище, що виникає та еволюціонує під впливом взаємодії мінеральної породи і живих організмів. Вчення В. Р. Вільямса є найбільш фундаментальною спробою започаткувати екологічний напрям у ґрунтознавстві. Він перший оперував поняттям система „рослинність – грунт", яка, на його думку, функціонує за принципом авторегулювання. Авторегуляційний характер цієї системи вчений пояснював явищем *хемотаксису* (рух рослинних організмів, а також простих тваринних, що вільно пересуваються під впливом однобічного подразнення). Ця ідея динамічної рівноваги, що базується на двосторонньому обміні речовин між ґрунтом і живою речовиною, стала центральною в сучасному екологічному ґрунтознавстві. Здатність до обміну речовин зумовлює винятково важливу роль ґрунту в природі як посередника між неживим і живим світами мікроорганізмів, рослин і тварин із людиною включно.

Геобіологічна школа внесла в ґрунтознавство елементи кількісного і якісного вимірів, руху, динаміки і вивела цю науку на рівень високих філософських узагальнень.

Особливої уваги серед українських учених заслуговують роботи О. Н. Соколовського (1884 – 1959) щодо колоїдних властивостей ґрунтів, встановлення наявності „активного" і „пасивного" мулу та його ролі у створенні ґрунтової структури, праці по вапнуванню ґрунтів і генезису солепроявів. Вчений об'єднав колектив українських ґрунтознавців і під його редакцією в 1935 році була створена ґрунтова карта колишньої УРСР. При складанні цієї карти вперше були виділені річкові тераси, які відрізняються особливим комплексом ґрунтів, висвітлена загальна геоморфологія країни, враховані основні фактори ґрунтотворення, що вказані В. В. Докучаєвим, та синтезовані всі наявні і розрізнені матеріали ґрунтових досліджень. Перу цього вченого належать і кращі на той час підручники з сільськогосподарського ґрунтознавства. Таким чином О. Н. Соколовський взяв активну участь у закладанні фундаменту ландшафтно-екологічного аналізу території України і агроекологічної оцінки ґрунтового покриву.

У становленні сучасної екологічної концепції в ґрунтознавстві слід виділити етап, пов'язаний із діяльністю В. І. Вернадського (1863 – 1945). Саме цьому видатному вченому належать перші прямі висловлювання про глобальне значення ґрунту і його гідробіологічну і загальнобіосферну роль. Цілісний динамічний підхід науковця до досліджуваних об'єктів справив також суттєвий вплив і на розвиток природознавства.

Загальновизнаним є те, що В. І. Вернадський, творець нових наук (геохімії, біогеохімії, радіогеології, вчення про живу речовину і біосферу) зробив значний внесок у розвиток мінералогії, кристалографії, геології, історії науки і наукового світогляду. Проте лише небагатьом, навіть серед спеціалістів, відомо, що він від початку наукової діяльності і протягом усього свого життя вивчав проблеми ґрунтознавства і його екологічних аспектів. Його ґрунтознавчі ідеї не лише донині зберегли свою актуальність, а й справляють вирішальний вплив на розвиток цієї важливої галузі знань.

Початок трудової діяльності В. І. Вернадського пов'язаний із дослідженням ґрунтів [34, 39]. Ще з середини 80-х років XIX ст. він, учень В. В. Докучаєва, досліджував у складі знаменитих докучаєвських експедицій ґрунти Нижньогородської

і Полтавської губерній. Величезною заслугою В. В. Докучаєва було те, що він визначив ґрунт як самостійне природно-історичне тіло. Співрозмірним із ним є досягнення В. І. Вернадського, який знайшов місце цьому тілу в системі сфер Землі, показав генетичний зв'язок ґрунту з іншими живими покривами планети, обґрунтувавши таким чином біосферне, загальнопланетарне значення ґрунтового покриву [40]. Прийнявши за основу вчення В. В. Докучаєва про ґрунт, В. І. Вернадський показав, що в ньому під впливом живої речовини відбуваються процеси, які надають геологічному субстрату якісно нових властивостей, і ґрунт починає виконувати глобальну функцію підтримки певного режиму в біосфері.

В. І. Вернадський ще в 1914 році, аналізуючи стан вивченості питання про хімічний склад ґрунту, зазначив: „... все яснішим стає для нас значення ґрунту в біосфері – не лише як субстрату, на якому живе рослинність і тваринний світ, але і як частини біосфери, де найбільш інтенсивно відбуваються хімічні реакції, пов'язані з живою речовиною. Роль ґрунту в історії земної кори аж ніяк не відповідає тонкому шару, який він утворює на її поверхні. Проте вона повною мірою відповідає тій величезній активній енергії, яка зібрана в живій речовині" [38, 40].

До біогеохімії В. І. Вернадський прийшов значною мірою через ґрунтознавство. Грунт привернув увагу вченого як потужна природна біогеохімічна лабораторія. Визначення такого фундаментального поняття сучасної науки, як жива речовина, вперше було дано В. І. Вернадським у його праці „Про участь живої речовини у створенні ґрунту", опублікованій лише в 1986 р. [39]. Характерно, що ця праця була написана у той час, коли питання про вплив живих організмів на ґрунтоутворення констатувалося лише у загальному вигляді.

В. І. Вернадський вперше за всю історію дослідження ґрунтів звернув увагу на специфічну геохімічну роль живої речовини в ґрунтоутворенні, яка традиційно розглядалася під кутом зору біохімії і гумусоутворення. Він визначив *грунт* не лише як продукт взаємодії між гірськими породами та організмами, а і як систему цієї взаємодії, розкрив біогеохімічний механізм, який керує цією системою.

Спираючись на біогеохімічні закони, В. І. Вернадський з'ясував важливі напрями впливу живої речовини на ґрунт, створивши по суті програму майбутніх досліджень, які, на його думку, мали б проводитись у таких напрямах: а) роль живої речовини у формуванні фізичних та хімічних властивостей ґрунту; б) роль живої речовини у формуванні ґрунтових компонентів; в) роль живої речовини в процесі концентрації і розсіювання хімічних елементів у ґрунті та ін.

Періодом найбільшої активності вивчення В. І. Вернадським проблем ґрунтознавства є останні три десятиліття його життя, які він присвятив дослідженню найбільшої з екосистем – біосфери [35, 37]. Учений показав, що хоча ґрунтовий покрив є вузькою зоною біосфери, у ньому відбувається важливий процес поглинання сонячної енергії на Землі. Саме в ґрунті зароджуються біологічні явища, які визначають склад і шляхи міграції хімічних елементів атмосфери, літосфери та природних вод не лише в межах зазначеної вузької ґрунтової зони, а й поза нею [36].

В. І. Вернадський розробляв нові підходи до хімічного аналізу ґрунтів, які спираються на єдину логічну основу і дають змогу порівнювати ґрунти з іншими природними тілами – гірськими породами, природними водами, живою речовиною. Йому належить продуктивна ідея створення кларкових (середніх) величин вмісту елементів у ґрунтах та інших утвореннях [59]. Усвідомлюючи важливість цих питань для майбутнього розвитку науки, він присвятив їм ряд праць і виступав на багатьох міжнародних конгресах і симпозіумах.

Суттєві питання хімізму, біології і родючості ґрунтів, співвідношення між живою речовиною ґрунту і середовищем, тобто питання екології у широкому розумінні В. І. Вернадський розглядав також у процесі дослідження багатьох проблем і тем геохімії, біогеохімії, геології, радіології тощо. Він був організатором постановки перших експериментальних робіт з біогеохімії нижчих організмів не лише в тодішній нашій країні, а й у світі, опрацював методику експерименту з вивчення впливу діатомових водоростей на розкладання алюмосилікатів. Осмислення функцій живих організмів у ґрунтах привело його до уявлення про живу речовину як сукупність живих організмів –

носіїв певної кількості хімічних елементів і зв'язаної з ними енергії. Проникнення живої речовини у природне середовище є її невід'ємною ознакою поряд з такими характеристиками, як маса, хімічний склад та енергія, що міститься в ній.

На основі постійно триваючого у природі кругообігу речовин формується якісно нове явище – біосфера. В. І. Вернадський вніс у це статичне уявлення елементи динаміки, об'єктивної кількісної і якісної міри. Він розкрив механізм формування біосфери, а грунт розглядав як її частину, продукт і невід'ємну складову.

Екологічні підходи в ґрунтознавстві розроблялись такими вченими, як М. І. Прасолов (1875–1954) [245], який вперше із вчених колишнього Радянського Союзу запропонував виділяти екологію ґрунту в самостійний розділ ґрунтознавства; В. Р. Волобуєвим (1909 – 1987), який обґрунтував самостійність екології ґрунту як вчення про закономірності взаємовідносин між ґрунтом і елементами середовища, що беруть участь у його формуванні (гірською породою, організмами, кліматом, рельєфом і виробничою діяльністю людини) [56]. Дещо пізніше І. А. Соколов [272] запропоновував розглядати екологію ґрунту як самостійний розділ теоретичного генетичного ґрунтознавства.

Протягом останнього півстоліття значний обсяг робіт із моделювання екологічних процесів, дослідження біогеохімічної циклічності речовин у ґрунті виконано в Інституті ґрунтознавства та фотосинтезу РАН [137 – 139, 145].

Значний внесок у становлення екологічної парадигми сучасного ґрунтознавства зробили також видатні вчені - представники суміжних наук. Так, П. С. Погребняк (1900–1976) розробив „едафічну сітку" рослинних угруповань, що показує вплив кількісної зміни вологості та хімічного складу ґрунту на склад і продуктивність природних ценозів [238]. Важливе значення для розвитку екології ґрунту і методів його дослідження мають праці А. М. Гродзинського (1926–1988) про вплив грунтово - алелопатичних факторів на життя рослинних ценозів, з'ясування екскреторної функції рослин і мікроорганізмів у формуванні екологічних умов ґрунтового середовища [76, 77, 79]. Д. М. Гродзинський вперше і з випередженням часу (з огляду на

чорнобильські події) дослідив природну радіоактивність ґрунтів і рослин України [78].

Співробітники ННЦ „Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського" займаються комплексними питаннями родючості та ґрунтового моніторингу [152, 171, 172 і ін.]. Багато фундаментальних праць про гумусовий стан і фізико-хімічні властивості ґрунтів створили вчені Харківського аграрного університету ім. В. В. Докучаєва – Н. І. Лактіонов, Д. Г. Тихоненко та ін. [71, 157, 289, 290]. Вчені Інституту геохімії, мінералогії і рудоутворення НАН України опублікували цікаву з екологічної точки зору монографію „Геохімія важких металів у ґрунтах України" [107], де узагальнили результати досліджень стосовно геохімії важких металів в основних типах ґрунтів. Ними рекомендується проводити оцінку ступеня забрудненості ґрунтів і виділення територій із підвищеним екологічним ризиком за вмістом рухомим форм полютантів, який є визначником умов рівноваги в системі „ґрунт – ґрунтовий розчин – рослини". Запропоновані також принципово нові підходи до проведення еколого-геохімічного картографування ґрунтів. Автори отримали цікаві дані за результатами аналітичних досліджень із використанням термодинамічного аналізу і математичного моделювання, що дозволило їм установити основні форми міграції важких металів з органічними і неорганічними компонентами ґрунтових розчинів. На наш погляд, заслуговує на увагу наукова робота К. М. Горохової [72], в якій в історичному аспекті з філологічної точки зору розглядається терміносистема „екологія ґрунту" в англійській і російській мові.

Працями В. А. Ковди і П. С. Погребняка дослідження біогеохімічних циклів та їх ролі в екології ґрунту було піднесене на рівень важливих завдань науки. Лише протягом останніх десятиріч утвердилася ідея про те, що з біогеохімічною циклічністю речовин пов'язані фундаментальні властивості ґрунту, які відрізняють його від інших геологічних утворень, – *родючість і саморепродукція.*

В минулому і на початку нинішнього століття інтенсивного розвитку набуло вчення про екологічні функції ґрунтового покриву в екосистемах і біосфері в цілому. Вважається, що поява у гірській породі елементарних

екологічних функцій і є початком народження ґрунту, тобто перетворення частини літосфери в біосферу. На думку Г. В. Добровольського і Є. Д. Нікітіна [98, 99], аналіз функцій ґрунту дозволяє поставити дослідження його взаємодії з чинниками середовища на якісно новий рівень – вести їх по принципу не лише встановлення прямих, але і зворотних зв'язків. Крім того, на їх думку, проблема екологічних функцій охоплює додатковий ряд важливих питань, що стосуються внутрішнього функціонування ґрунтових систем в їх взаємодії з іншими ланцюгами природних комплексів.

1.2. Живі покриви Землі та екосистема ґрунту

Поняття біосфери досить об'ємне за радіальними розмірами і неоднорідне щодо підсистем, які її утворюють. Визнаючи цю неоднорідність і надаючи великого значення живій речовині в різних частинах біосфери, В. І. Вернадський розглядав її як сукупність „плівок" або „згущень" життя. Г. М. Висоцький (1926) назвав ці згущення-плівки *біостромою* (від грецьк. *строма* – строкатий килим або покривало). Отже, живий покрив (біострома) – це строкатий, зітканий із різних організмів „килим". Будучи „зітканими" з фотосинтезуючих організмів, живі покриви є енергетичною установкою біосфери та її підсистем нижчого рангу, зокрема педосфери, зоосфери та ін.

Біострома має тривалу історію з початку виникнення життя на Землі. Частково ця історія відбита у її стратиграфії. У ранній період фітострома, ймовірно, складалася із синьо-зелених водоростей, які належать до прокаріотів. У наш час синьо-зелені водорості поширені не тільки у водному середовищі, а й на суші і трапляються навіть у пустелях.

Для кайнозойської біостроми, як і для сучасної, характерна надзвичайно велика видова різноманітність організмів. Це результат еволюції життя на Землі. Прийнято вважати, що гетеротрофи виникли тоді, коли існували фотосинтезуючі прокаріоти і примітивні каріоти, частина яких еволюціонувала у гетеротрофи. Сучасні евгленові та деякі

4.2. Видова структура та екологічні функції окремих складових ґрунтової біоти

4.2.1. Водорості як компонент ґрунтової біоти

Водорості (*Algae*) – це збірна група організмів, основна частина яких, згідно із сучасними уявленнями, входить до надцарств Прокаріоти (*Procariota*) і Евкаріоти (*Eucariota*) царств Тубулокристати (*Tubulocristates*) і Платикристати (*Platycristates*). Водорості діляться на 16 відділів: синьо-зелені (ціанобактерії), евгленофітові водорості, хлорарахніофітові, рафідофітові, золотисті, евстигматофітові, жовто-зелені, бурі, діатомові, диктіохофітові, динофітові, гаптофітові, криптофітові, глаукоцистофітові, червоні, зелені водорості. Серед водоростей сьогодні описано біля 60 тис видів, хоча очікуване різноманіття за оцінками різних авторів знаходиться у межах 500 тис – 10 млн. видів [50, 148]. У ґрунтах України активно вегетують 225 видів водоростей [147].

У організмів, що об'єднуються в групу водоростей, є ряд загальних ознак. Основною структурною одиницею тіла водоростей, представлених одноклітинними і багатоклітинними формами, є клітина, яка може мати як еукаріотичну, так і прокаріотичну будову. Прокаріотичну будову клітин мають синьо-зелені і прохлорофітові водорості, еукаріотичну – представники всіх інших відділів водоростей.

Вегетативне тіло водоростей, яке складається зі слабо диференційованих клітин, носить назву *слоєвище*, або *талом* і відзначається морфологічною різноманітністю: водорості можуть бути одноклітинними, колоніальними, багатоклітинними і неклітинними. Слоєвища можуть бути кіркоподібними, ниткоподібними, кулеподібними, пластинчастими або кущистими з несправжніми „листками". Розміри їх у межах кожних з цих форм коливаються в широкому діапазоні – від мікроскопічних, розміри яких співрозмірні з клітинами бактерій (не перевищують 1 мкм в діаметрі), до дуже великих (бурі морські водорості, які досягають у довжину 30 – 45 м).

Забарвлення водоростей досить різноманітне (зелене, рожеве, червоне, жовтогаряче, майже чорне, фіолетове, блакитне

і ін), а обумовлено це тим, що одні з них містять тільки хлорофіл, а інші – ще ряд пігментів, які й забарвлюють слоєвища у різні кольори.

Розмножуються водорості вегетативно, а також утворюють безстатеві спори. У деяких форм є статевий процес, який полягає в утворенні статевих спор і гамет, що можуть бути рухомими за рахунок наявності джгутиків.

Тип живлення за допомогою фотосинтезу, при якому організм, використовуючи енергію фотосинтезу, синтезує всі необхідні органічні речовини з неорганічних, став одним з основних способів живлення водоростей. Проте багато з них можуть за певних умов (відсутність сонячного світла глибоко під водою чи в грунті) досить легко перемикатися з фотосинтезного способу живлення на асиміляцію різних органічних сполук. При цьому, організм використовує для живлення готові органічні речовини, або поєднує гетеротрофний спосіб живлення з фотосинтезом. Відомі також водорості, які взагалі не мають хлорофілу і завжди існують як гетеротрофи.

Основними чинниками, що впливають на розвиток водоростей, є світло, температура, наявність води, джерел вуглецю, мінеральних і органічних речовин. Розмаїття способів живлення водоростей дозволяє їм мати широкі ареали і займати різні екологічні ніші. Вони широко розповсюджені по всій земній кулі, їх можна зустріти у воді, в грунті і на його поверхні, на корі дерев, стінах дерев'яних і кам'яних споруд і навіть у таких негостинних місцях, як пустелі і льодовики.

Водорості, основним життєвим середовищем яких є грунт (як поверхня, так і його товща), називають ґрунтовими або *едафофільними*. Залежно від місцезнаходження едафофільних водоростей і їх способу життя розрізняють: наземні водорості, що масово розвиваються на поверхні грунту в умовах атмосферного зволоження; водно-наземні водорості, що масово розростаються на поверхні грунту, постійно просоченій водою (до цієї групи включаються і водорості печер) і власне ґрунтові водорості, що населяють ґрунтову товщу.

Грунт як біотоп має подібність до водного і повітряного середовищ життя: у ньому є повітря, яке насичене водяною парою, що забезпечує дихання без загрози висихання. Проте він

кардинально відрізняється від вищеназваних біотопів своєю непрозорістю, і саме цей чинник виявляє вирішальний вплив на існування водоростей, оскільки інтенсивний розвиток їх як фототрофних організмів можливий лише там, куди проникає сонячне світло. У ґрунтах це верхній шар завтовшки до 1 см, проте водорості зустрічаються і на набагато більшій глибині (до 2 м у цілинних ґрунтах і до 2,7 м в орних), що пояснюється здатністю окремих із них у темноті переходити до гетеротрофного живлення. Проте гетеротрофний ріст водоростей у темноті відбувається значно повільніше, ніж автотрофний ріст на світлі. Багато водоростей, не зважаючи на здатність засвоювати органічні речовини, потребують світла і зберігаються в грунті у стані спокою. З цих причин у глибоких шарах грунту знаходиться порівняно невелике число видів переважно одноклітинних зелених і жовто-зелених водоростей.

Для виживання ґрунтові водорості повинні мати здатність переносити нестійку вологість, різкі коливання температури і сильну інсоляцію. Ці властивості забезпечуються у них рядом морфологічних і фізіологічних особливостей (дрібніші розміри в порівнянні з водними формами цих же видів, рясне утворення слизу).

Характерною рисою едафофільних водоростей є здатність швидко переходити зі стану спокою до активної життєдіяльності і навпаки. Вони також здатні переносити різні коливання температури грунту. Діапазон виживаності ряду видів лежить в межах від –20°С до +84° С. Ґрунтова альгофлора (від лат. *alga* – водорість), зокрема, є важливим компонентом біоценозів аридної зони, де грунт у літній період нагрівається до +60°…+80° С.

Переважна більшість ґрунтових водоростей – мікроскопічні форми, проте нерідко їх можна побачити на поверхні грунту неозброєним оком. Масовий розвиток їх мікроскопічних форм викликає позеленіння схилів ярів і узбіч лісових доріг, „цвітіння” орних ґрунтів. „Цвітіння грунту” найчастіше буває весною, коли багато вологи, а ґрунтова поверхня ще не вкрита рослинністю і зігрівається сонцем. У цей період на 1 $см^2$ грунту може розвиватись до 20 млн. клітин альгофлори, а їх біомаса досягати 1500 кг/га [18]. Влітку можна

спостерігати наліт водоростей на відкритих вологих місцях: по краях грядок та у міжряддях на зрошуваних полях.

Число всіх видів ґрунтових водоростей наближається до 2000. Вони представлені синьо-зеленими, зеленими, діатомовими і жовто-зеленими водоростями.

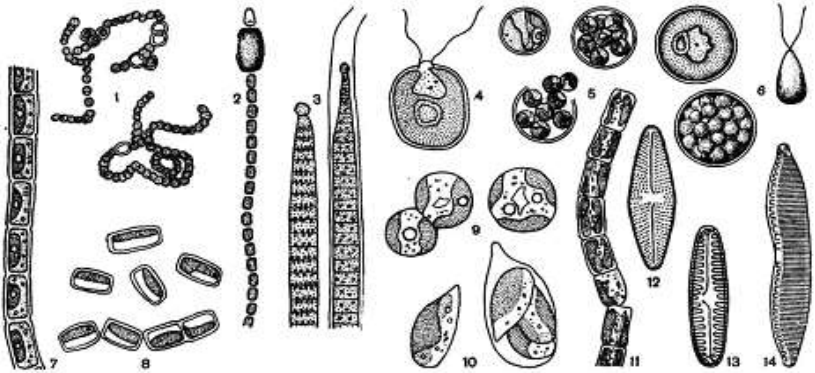

Рис. 4.2. **Найбільш типові едафофільні представники альгофлори** [50]

1 – 3 синьо-зелені водорості (1 – *Nostoc microscopicum*, нитки з колонії з гетероцистами і спорами; 2 – *Cylindrospermum licheniforme*, окрема нитка з гетероцистою і спорою; 3 – *Phormidium autumnale*, верхні ділянки двох ниток, одна з них з добре вираженою слизистою піхвою); 4 – 8 – зелені водорості (4 – *Chlamidomonas atactogama*, окрема клітина у вегетативному стані; 5 – *Chlorella vulgaris*, окрема клітина, утворення автоспор і вихід їх із материнської клітини; 6 – *Chlorococcum humicola*, окрема клітина, утворення зооспор і зооспора окремо; 7 – *Hormidium nitens*, ділянка нитки; 8 – *Stichococcus bacillaris*, короткі нитки, що розпадаються на окремі клітини); 9 – 11 – жовто-зелені водорості (9 – *Pleurochloris magna*, окремі клітини різних розмірів; 10 – *Monodus acuminate*, окрема клітина і утворення автоспор; 11 – *Heterothrix exilis*, ділянка нитки); 12 – 14 – діатомові водорості (12 – *Navicula mutica*; 13 – *Pinnularia borealis*; 14 – *Hantzschia amphioxys*).

Чисельність, видовий склад і біомаса ґрунтової альгофлори досить сильно варіюють залежно від типу ґрунту, рівня його вологості, сольового режиму і умов освітлення.

РОЗДІЛ 5. **ЕНЕРГЕТИКА І ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОСИСТЕМИ ГРУНТУ**

5.1. Фундаментальні концепції щодо енергетичного стану живих покривів Землі

Рушійною силою функціонування всіх систем є енергія, яка характеризує їх здатність виконувати роботу. Сьогодні це фундаментальне поняття досить надійно увійшло в наше життя, оскільки важко уявити справжні масштаби інтелектуальних досягнень людства без термодинаміки.

Цінність вивчення природних процесів на енергетичній основі полягає в тому, що людина при цьому дістає можливість мати уявлення про всі явища в загальному вигляді. Введення поняття енергії зв'язує в єдине ціле (в систему) всі наші уявлення про складні явища природи. Енергія виступає загальною мірою руху і взаємодії усіх видів матерії.

Сільське господарство, яке оперує складними еколого-біоенергетичними системами, має також вирішувати завдання перетворення кінетичної енергії сонячного променя в потенціальну енергію хімічного споріднення. В живих покривах Землі, які є велетенською фабрикою з виробництва органічної речовини, вся різноманітність проявів життя супроводжується перетворенням енергії.

Енергія, яка надходить на земну поверхню у вигляді сонячного випромінювання, зумовлює різні зміни в природі, що виявляються у рості і розвитку рослин і тварин, самовідтворенні і синтезі складних хімічних сполук, а також у їх розкладанні. На всіх цих процесах позначається і трансформування енергії сонячного випромінювання.

Процеси трансформації мінеральної та органічної речовини, біохімічна й фізіологічна активність ґрунтових організмів, функціонування ґрунтової екосистеми в цілому пов'язані з енергетичними витратами. Вчені встановили чотири основи (закони) термодинаміки. Деякі автори відносять до основ

термодинаміки і п’ятий (загальний) закон і постулюють у ньому існування стану термодинамічної рівноваги. Енергетичний цикл в екосистемах ґрунту також відбувається за законами термодинаміки.

Відповідно до першого з цих законів – *закону збереження енергії* – енергія в екосистемі ґрунту може переходити з однієї форми в іншу, наприклад із хімічної в теплову. Однак, за будь-яких перетворень загальна сума енергії залишається сталою. Закон збереження енергії дає змогу здійснювати розрахунки енергетичного балансу екосистем. Згідно з цим балансом, кількість енергії в даній системі і кількість її, що надійшла в систему, має дорівнювати кінцевому вмісту енергії, енергії, затраченій на виконання системою роботи, та енергії, яка вивільнилася у вигляді тепла. Іншою важливою з екологічної точки зору умовою, що випливає з першого закону термодинаміки, є сталість кількості тепла. Це означає, що загальна кількість теплової енергії, яка використовується в біохімічних, фізіологічних та інших метаболічних процесах, залишається сталою і не залежить від типу реакцій та їх послідовності.

З термодинамічної точки зору грунт є складною відкритою системою, що перебуває у постійному масо- та енергообміні з навколишнім середовищем, оскільки він є структурним елементом біосфери. Саме багатофазність і гетерогенність визначають складність ґрунту як термодинамічної системи.

Будь-яка система, в тому числі й ґрунтова, має відповідний термодинамічний стан (в даний проміжок часу). Якщо відомі всі інтенсивні властивості системи, то її термодинамічний стан вважається визначеним.

Більшість ґрунтових процесів (вивітрювання, ґрунтоутворення, окислення) в термодинамічному відношенні незворотні, оскільки зворотним називають процес, внаслідок якого можливе повернення системи в початковий стан без будь-яких змін у зовнішньому середовищі і в самій системі.

Найбільше перетворення енергії сонячного випромінювання в потенціальну енергію органічної речовини стосується другий закон термодинаміки. Його можна

сформулювати так: теплота може перетворюватися в роботу, проте цей процес відбуватиметься до кінця лише при абсолютному нулі температур (-273,15 °С). У свою чергу, досягнення абсолютного температурного нуля неможливе. Другий закон термодинаміки встановлює наявність фундаментальної асиметрії, як односпрямованості всіх самочинних (спонтанних) процесів, що відбуваються в природі. Він виявляє природний напрям зміни розподілу енергії, який не залежить від загальної її кількості. Враховуючи важливість цього закону щодо потоку енергії в екосистемах, подаємо два можливих варіанти його формулювання.

1. Процеси перетворення енергії можуть відбуватись самовільно лише за умови, якщо енергія переходить із концентрованої форми в розсіяну (наприклад, тепло нагрітого каменя самовільно намагається розсіятись у холодному повітрі ночі).

2. Ефективність спонтанного перетворення кінетичної енергії в потенціальну завжди менша за 100 %, що зумовлено обов'язковою втратою частини енергії при переході її з однієї форми в іншу у вигляді доступної для використання теплової енергії.

Отже, другий закон термодинаміки стосовно екосистеми грунту свідчить про те, що будь-яка трансформація в ній енергії, крім теплової, не є повною, оскільки на кожному черговому етапі трансформації носія енергії частина її у вигляді відходів, виділень, продуктів метаболізму розсіюється в навколишньому середовищі. Це дає підстави стверджувати, що у трофічних ланцюгах неминучою є втрата певної частини енергії, як це, зрештою, й відбувається у всіх складних відкритих системах.

В. І. Вернадський використав другий закон термодинаміки для пояснення еволюції живої речовини на Землі і в Космосі. Ретельний аналіз дав змогу вченому встановити дві протилежні тенденції у розвитку біосфери. З одного боку, згідно з цим законом, здатність фізичних систем до здійснення роботи з плином часу зменшується. Проте біосфера, будучи відкритою біокосною системою, до якої постійно надходить певна кількість космічної енергії і речовини, виявляє зворотну дію стосовно живого компонента. Вільна енергія живої речовини (а отже і її

біомаса) в біосфері, як і в ґрунті, постійно збільшується. За останні кілька десятиріч у результаті геохімічної та геологічної діяльності людини це збільшення набуло фантастичних розмірів.

У біосфері природно створені умови, що забезпечують контакт сонячного випромінювання з хлорофілоносними організмами – постійними трансформаторами й акумуляторами енергії. Якщо трансформація енергії не відбувається, і зелені рослини не можуть належно використати властиві їм у межах ґрунтових покривів функції, потрібно, на думку В. І. Вернадського, шукати ненормальність явищ. Безумовно, вони приховуються в порушенні погодно-кліматичних або ґрунтових умов росту окремих рослин, чи цілих рослинних угруповань.

Сонячна енергія, крім опосередкованої дії через органічну речовину рослин на екосистему ґрунту, безпосередньо впливає на ґрунтоутворення і формування ефективної родючості ґрунту. Так, під впливом сонячного світла у верхніх шарах ґрунту відбувається діяльність ґрунтової мікрофлори, фотоокислення гумусу та інших органічних решток, а також вивільнення легкодоступних для рослин елементів живлення. Ультрафіолетові промені сонячного світла, що поглинаються поверхнею ґрунту, інактивують інгібуючі речовини в складі гумусу, що в цілому підвищує біологічну активність грунту і викликає процес диференціації орного шару за колоїдно-хімічними властивостями [156].

У термодинаміку, а пізніше в екологію і частково у ґрунтознавство згідно з другим законом термодинаміки було введено поняття *ентропії*, що характеризує *міру невпорядкованості системи* (міру безпорядку й хаосу), або *кількість недоступної для використання енергії*. Як енергія, так і ентропія є функціями стану системи [19]. Ентропія при цьому характеризує умови, за яких у системі створюється запас енергії. Для безпосереднього сприйняття поняття ентропії не зовсім зрозуміле. Воно є також фактором, що визначає ємність або інтенсивність кількості.

Аналіз величини і кількості енергії дає підстави стверджувати, що числові значення енергії є добутком двох факторів – інтенсивного (потенціального) та ємкісного (екстенсивного). Внутрішня енергія системи – екстенсивна

величина (властивість). При цьому ентропія описує, наскільки хаотично й довільно відбувається трансформування енергії, що надходить у систему.

Абсолютну величину внутрішньої енергії в системі встановити практично неможливо. Згідно з першим законом термодинаміки, можна лише розрахувати її зміни при переході з одного якісного стану в інший. Однак правильне й чітке уявлення про ентропію природних систем дає змогу з'ясувати стан навколишнього середовища, можливість його охорони і перетворення.

Р. Едмен ще в 1938 р. [цит. по 56] висловив цікаву думку стосовно того, що у велетенській фабриці природних процесів ентропія займає місце „директора", який пропонує характер і спосіб проведення всіх справ, тоді як закон збереження енергії – лише „бухгалтер", що приводить до рівноваги „дебет" і „кредит". Ентропія підтверджує, що корисною є лише та енергія системи, за допомогою якої можна виконати відповідну роботу.

За математичного формулювання другого закону термодинаміки виходить, що: 1) при незворотних процесах загальна ентропія системи і навколишнього середовища зростає; 2) у стані рівноваги ентропія системи є максимальною.

В основі ентропії, як і другого закону термодинаміки, лежать не жорстко детерміновані, а ймовірні закономірності. Для системи ентропія може бути мірою безпорядку, тоді як інформація – зменшенням невизначеності. Проте й інформація за своєю природою створюється і виявляється через ймовірність.

В. В. Горшков і В. Г. Горшков [73] вважають, що в живих системах, включаючи різного роду організми, діє аналог другого закону термодинаміки, який постулюється таким чином: протягом часу, набагато меншого за період еволюційних змін, у живих системах може відбуватися лише втрата накопиченої інформації, тобто збільшення ентропії, незважаючи на постійне споживання енергії зовнішніх потоків.

Енергетичну характеристику відкритої біологічної системи, включаючи й агрофітоценоз, у відповідності з другим законом термодинаміки можна дати на основі балансу (обміну) ентропії, що вперше зробив І. Пригожин [246]. Якщо позначити

$\frac{dS}{dt}$ як швидкість зміни ентропії відкритої системи, $\frac{diS}{dt}$ – як швидкість утворення ентропії в системі за рахунок внутрішніх незворотних процесів, $\frac{deS}{dt}$ – як швидкість обміну ентропії з зовнішнім середовищем, то рівняння Пригожина має вигляд $\frac{dS}{dt}$ = $\frac{diS}{dt}$ + $\frac{deS}{dt}$, причому член $\frac{diS}{dt}$ по визначенню завжди додатній, а член $\frac{deS}{dt}$ може бути як додатнім, так і від'ємним. Таким чином, це рівняння в лаконічній і узагальненій формі виражає сутність енергетичних процесів, що проходять у відкритій біологічній системі. Однак, слід зазначити, що ентропія оцінює лише енергетичну (фізичну) складову упорядкованості системи, не торкаючись її якісної сторони. Унікальність біологічних структур є не лише в тому, скільки вільної енергії в них міститься, і наскільки змінилася ентропія при трансформуванні енергії, а і в тому, що ці структури мають якісні особливості, що дозволяють їм виконувати певні біологічні й інші функції. Проте ентропія цим не оперує. А тому використання її як міри упорядкованості в застосуванні до біосистем, на думку В. А. Опрітова [231], втрачає сенс.

Автори монографії не можуть прийняти зазначену точку зору. Адже для того, щоб підтримувати, а тим більше підвищувати впорядкованість ґрунтової екологічної системи, потрібно нею управляти. В такому разі спостерігається опір доступу різних дезорганізуючих факторів. Фактори управління в кінцевому підсумку повинні приводити до зменшення ентропії системи.

З дуже високою часткою умовності фактори, що впливають на величину наявної в системі (екосистемі ґрунту) ентропії, можна звести до двох основних причин [174]:

- недосконалості внутрішньої впорядкованості системи;
- діяльності системи по виробництву негентропії, тобто переробки речовини, енергії й інформації з метою вилучення вільної енергії для забезпечення „порядку" в системі.

Хоча вчені доводять існування взаємозалежності між упорядкованістю та ймовірністю, однак стосовно екосистеми ґрунту більше підходить статистично ймовірне трактування ентропії, як міри її невпорядкованості. Згідно з другим законом термодинаміки, не всі форми енергії є еквівалентними, тому кожна з них характеризується відповідним значенням ентропії, яка, в свою чергу, залежить від якості (міри невпорядкованості) енергії даної форми. Наприклад, енергія гравітації відповідає найменшому значенню ентропії, тому що відноситься до енергії високої якості.

Такий погляд на ентропію дає змогу більш оптимістично говорити про можливості людини у створенні екологічно безпечної ситуації, збільшенні впорядкованості, потрібної і вигідної для неї. Безумовно, організувати такі дії досить нелегко, проте цілком можливо при відповідних кількісних і якісних витратах енергії.

З'ясування сутності ентропії дає підстави для висновку, що основна проблема забруднення навколишнього середовища зумовлена термодинамічними обмеженнями, що закладені в самій природі. Ці забруднення є наслідком неефективного використання різних видів енергії.

У природних екосистемах процес структурного метаболізму відбувається у напрямі економного використання енергії та постійного її накопичення у вигляді вільної форми (біомаса зелених рослин, торф, органічна речовина грунту тощо). Вчені довели [229], що першочерговим при цьому є самопідтримання процесів, спрямованих проти температурного градієнта. Сутність цих процесів полягає у постійних витратах відповідної кількості енергії (виконання постійної роботи) на відведення із системи так званої невпорядкованості (зменшення ентропії).

З'ясуємо це положення на прикладі екосистеми, де надземні рослини відіграють істотну роль у створенні структурної її основи. Мірою термодинамічної впорядкованості такої системи може бути співвідношення Шредінгера. Цей показник характеризує відношення витрат енергії на підтримку життєдіяльності спільноти екосистеми (дихання – *R)* до енергії, що міститься в самій структурі (спільноті – *B).* Якщо ці дві

величини поділити на абсолютну температуру, то відношення *R/B* означає відношення приросту ентропії, що пов'язана з підтримкою структури надземних спільнот, до ентропії впорядкованої частини. Увівши ентропію для з'ясування невпорядкованості екосистеми, переконаємося, що чим більша біомаса системи, тим вищі витрати на її підтримку. Проте, якщо розмір одиниць, на які поділена загальна біомаса, досить великий (наприклад, багаторічні дерева), то витрати енергії на підтримку процесів, спрямованих проти температурного градієнта, в перерахунку на структурну одиницю біомаси будуть значно меншими.

Встановлено закономірність, пов'язану з грунтово-кліматичними умовами місцевості, нестачею рухомих форм біологічних елементів (передусім азоту) та надлишком вологи і сонячної енергії. Зазначені фактори сприяли тому, що механізми саморегулювання створили таку взаємодію біологічного та геологічного кругообігів речовин, коли більшість доступних для рослин мінеральних речовин у лісових насадженнях зв'язана в мертвих і живих органічних системах. Це запобігає їх швидкому вилученню за межі екосистеми з надлишком атмосферних опадів і створює можливість за допомогою сонячної енергії забезпечувати відповідну відносно стійку структуру екосистеми. Накопичений у системі запас вільної енергії дає змогу з відповідною ймовірністю вирішувати питання про перехід системи в інший структурний стан.

Процес ґрунтоутворення, як і функціонування екосистеми ґрунту, можна правильно зрозуміти лише з урахуванням геологічного (великого) і біологічного (малого) кругообігів речовин на земній поверхні та їх взаємодії, яка завжди відбувалася при величезних витратах енергії. Як зазначає В. Р. Волобуєв [54], екзогенні сили, що руйнують гори й рівнини, а їх речовини переводять у морські басейни (рухомі води, вітер, живу речовину), зумовлені космічною енергією, переважно енергією Сонця.

В енергетичному стані ґрунтових екосистем виділяють три основних фактори, які безпосередньо впливають на процеси функціонування [90]: хімічний синтез; циклічність (ритмічність)

надходження енергії; дія випадкових факторів (пилові бурі, зливи, посуха тощо).

Процеси руйнування екосистем різного рівня досить різноманітні. Стосовно екосистеми ґрунту, умовно можна виділити чотири основні напрями, в яких ідуть процеси збільшення ентропії (руйнування) в системі, а саме:

- *теплові* – при перегріванні екосистеми грунту понижується ефективність її функціонування, проте не змінюється її структура і якість виконуваних функцій (збільшуються лише енерговитрати на виробництво одиниці органічної речовини);
- *антропогенні* – у результаті антропогенного забруднення також значно знижується ефективність функціонування екосистеми (ефект аналогічний попередньому);
- *структурні* – в екосистемі відбувається порушення структурно-стаціонарної і функціонально - динамічної функцій (змінюється структурна побудова системи, в першу чергу генетичних горизонтів). Система при цьому або не виконує частини властивих їй функцій, або погіршується якість їх виконання, а продуктивність самої системи знижується в рази;
- *інформаційні* – при збереженні загальної структури екосистеми має місце порушення зв'язків між її ланками. Як наслідок, погіршується якість виконання функцій окремими підсистемами, що також призводить до зниження її продуктивності (порушення водно-сольового, водно-повітряного режимів тощо).

Слід зазначити, що тільки в ідеальних випадках, при відповідній збалансованості життєдіяльності автотрофних і гетеротрофних організмів екосистема може наближатися до умовно замкненої системи, яка обмінюється з навколишнім середовищем тільки енергією. У природних умовах тривале існування екосистеми можливе лише при постійному надходженні з навколишнього середовища не тільки енергії, а й відповідної кількості речовин у вигляді елементів живлення.

Для правильного і більш повного розуміння „поведінки" енергії в екосистемі грунту потрібно мати уявлення про енергетичну характеристику навколишнього середовища, в якому існує ця екосистема. При актинометричних спостереженнях для

РОЗДІЛ 7. **ФАКТОРИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЕКОСИСТЕМУ ҐРУНТУ**

7.1. Техногенне забруднення ґрунтів

Однією з причин погіршення якості ґрунтів є їх техногенне забруднення внаслідок нераціонального застосування хімічних засобів захисту рослин і мінеральних добрив у сільському господарстві, та дії промислових емісій полютантів. Наслідком негативного впливу забруднювачів на ґрунт є: зростання їх концентрації до критичного рівня; значні зміни фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунтів (pH, ємності катіонного обміну, руйнування структури, загибель мікробоценозів, зниження ферментативної активності); зменшення продуктивності та погіршення якості продукції агроценозів; розвиток ерозійних процесів; повне руйнування генетичних горизонтів ґрунту; утворення техногенної пустелі [22, 185, 199].

Асортимент пестицидів, дозволених до використання в Україні, становить близько 990 препаратів [234], які застосовуються на понад 40 млн. га угідь сільськогосподарського призначення. Ряд асортиментних препаратів за критерієм токсичності, стійкості в навколишньому середовищі, міграції, біоконцентрації та фактичного забруднення об’єктів довкілля належить до 1-2 класу небезпеки і є потенційними забруднювачами компонентів довкілля, насамперед ґрунту. Перелік пестицидів, заборонених до використання в сільському господарстві, або таких, що не можуть бути зареєстровані або перереєстровані в Україні, наразі налічує 87 позицій. Найбільш небезпечними серед них є хлорорганічні сполуки (ХОС). До цієї групи пестицидів входять ДДТ, гексахлорциклогексан (ГХЦГ), гептахлор, поліхлоркамфен, хлорбензол та інші [227]. Відмінною особливістю ХОС є те, що вони довго зберігаються в довкіллі через значну стійкість до дії температури, вологості, мікроорганізмів тощо. Найстійкішими з них є ДДТ та ГХЦГ, які можуть зберігатися в навколишньому середовищі десятки років, продовжуючи свою згубну дію на всі ланки екосистеми.

За даними Міністерства аграрної політики України, незважаючи на те, що використання стійких високотоксичних хлорорганічних пестицидів було заборонено майже півстоліття тому, їх залишки ще виявляються у від 8,5 (сума ізомерів ГХЦГ) до 12,9 % (продукти розпаду ДДТ) пробах ґрунту. Перевищення гранично допустимих нормативів вмісту ДДТ і ГХЦГ у ґрунтах зафіксоване на території АР Крим, Закарпатської, Луганської та Черкаської областей. В окремих господарствах Закарпатської області виявлені залишки гептахлору, якими подекуди забруднено понад 46 % сільськогосподарських угідь. Хоча середній вміст залишкових кількостей ДДТ і його метаболітів у ґрунтах сільгоспугідь України значно нижчий рівня гранично допустимої концентрації і становить 0,06 ГДК, підвищений середній вміст ДДТ відмічається в Запорізькій, Донецькій, Миколаївській, Чернігівській областях. Найбільш забрудненими хлорорганічними сполуками є території хмільників, садів, ягідників та овочеві ділянки. Найсильніше забруднені залишками пестицидів грунти лісостепової зони. Тут також зосереджена переважна частка земель, що містять вищі за норму залишки фосфорорганічних сполук, а умовна щільність забруднення в 1,4 рази вища, ніж в Поліссі і Степу.

Ще однією загрозою для ґрунтової екосистеми є наявність значних кількостей заборонених та непридатних до використання пестицидів на території колишніх сільськогосподарських підприємств. Заборонені та непридатні до використання пестициди - це високотоксичні відходи. Для здоров’я людей та навколишнього середовища вони становлять підвищену небезпеку. Непридатними до використання ці речовини стають внаслідок протермінування, порушення умов зберігання або транспортування. Значна кількість таких пестицидів невідомого складу: у них відсутнє маркування або втрачена документація, через що їх первинний склад і призначення неможливо визначити. Вони часто зберігаються в незакритих контейнерах, паперовій чи поліетиленовій тарі, а подекуди – й під відкритим небом. Тому після дощів, у період танення снігу відбувається забруднення грунту, поверхневих і підземних вод, повітря. Як наслідок, погіршується родючість земель, а високотоксичні компоненти пестицидів по трофічних ланцюгах переходять в

організми людей і тварин, викликаючи захворювання, пов'язані, насамперед, із порушенням функцій імунної і репродуктивної систем. Наприклад, у Львівській області наразі зберігається понад 800 тонн непридатних пестицидів, лідерами по кількості яких є Дрогобицький, Жидачівський, Золочівський та Пустомитівський райони. У Полтавській області орієнтовна кількість непридатних або заборонених до використання пестицидів становить понад 730 т, у тому числі речовин, віднесених до групи „А" – понад 112 т, до групи „Б" – 224 т, групи „В" – 394 т. [7].

У Житомирській області на 516 складах (187 із яких мають незадовільний стан і не відповідають санітарним вимогам) зберігається понад 375 т заборонених і непридатних агрохімікатів. Лідерами по накопиченню таких речовин є Бердичівський, Житомирський і Черняхівський райони.

Міжнародний центр реєстрації потенційно токсичних хімічних сполук (ІРРТС, Женева) відносить до потенційно токсичних сполук також нітрозоаміни. Їх виявляють у тих ґрунтах, де застосовувалися високі дози азотних добрив. Утворення нітрозоамінів у грунті є складним мікробіохімічним процесом, який полягає у біологічній трансформації мінеральних і органічних азотних сполук у відповідних фізико-хімічних умовах ґрунтового середовища. Аміни можуть вступати в реакцію з нітратною кислотою, утворюючи нітрозоаміни типу $(CH_3)_2N$-NO. Численні бактерії - нітрифікатори автотрофи роду *Nitrosomonas* і *Nitrobacter* та гетеротрофи *Arthrobacter globiformis, Pseudomonas fluoresceus, Bacillus megaterium,* стрептоміцети і нокардії, також деякі гриби родів *Aspergillus, Fusarium, Penicillium* і *Neurospora* утворюють у ґрунтовому середовищі, де міститься азот в аміачній або амінній формі чи у вигляді вільного гідроксиламіну, метаболіти, які є попередниками нітрозоамінів: гідроксиламіни та їх похідні: нітратні сполуки, нітрати, нітрити.

Середні та максимальні концентрації нітратів у ґрунтах України значно нижчі рівня ГДК. Найбільший їх вміст виявлений у ґрунтах Житомирської, Одеської та Волинської областей, де середні концентрації нітратів знаходяться в межах 0,04 – 0,06 ГДК, а максимальні – 0,08-0,17 ГДК. Максимальна концентрація

нітратів - 0,17 ГДК була виявлена під пшеницею у ґрунтах СТОВ "Ліщинське" Житомирського району Житомирської області [218].

Вагомим чинником погіршення екологічного стану ґрунтів є промислові токсиканти. Загальна кількість забруднюючих речовин, що містяться у викидах в атмосферне повітря, осідає на ґрунтах у радіусі переважно до 5 км від джерела забруднення. Практично скрізь у містах загальним джерелом забруднення ґрунтів важкими металами є підприємства чорної та кольорової металургії, машинобудівної і легкої промисловості, теплоенергетики, а також викиди відпрацьованих газів від автотранспорту. Ґрунти є природними накопичувачами важких металів у навколишньому середовищі і основним джерелом забруднення суміжних середовищ, включаючи вищі рослини. Близько 90 % важких металів, що потрапили в довкілля, акумулюються саме ґрунтами.

Найбільшого забруднення рухомими формами важких металів зазнають ґрунти мегаполісів та території міст, розташованих у районах з високим ступенем концентрації промислового виробництва [107, 264]. В Україні 10–30-кратне перевищення ГДК важких металів характрне для ґрунтів Донецько-Придніпровського промислового регіону і околиць таких великих мегаполісів, як Харків, Одеса, Миколаїв. Максимальний вміст свинцю в ґрунтах – 20-94 ГДК – зафіксовано у Кривому Розі, Костянтинівці, Івано- Франківську; кадмію – 18 ГДК – у Костянтинівці; міді – 15-47 ГДК – у ґрунтах Києва та Харкова. Надзвичайно забрудненими наразі є ґрунти в Алчевську, Донецьку, Костянтинівці, Верхньодніпровську, Дніпродзержинську, Кривому Розі, Маріуполі, Макіївці, Черкасах [107]. У містах Маріуполь, Артемівськ, Кагарлик, Сквира, Ковель, Львів, Київ грунти також суттєво забруднені важкими металами (табл. 7.1).

Погіршення екологічної ситуації спостерігається не лише на території великих мегаполісів та регіонів із високим ступенем концентрації промислового виробництва, а й далеко за її межами [30, 155].

8.2. Методика визначення і оцінки кислотно-основної буферності ґрунту

В основу запропонованої методики покладено потенціометричне визначення зрушення pH ґрунтової суспензії залежно від зміни концентрації кислоти (HCl) і лугу (NaOH), а також рекомендоване Міжнародним конгресом ґрунтознавців в Оксфорді стандартне відношення вода : грунт = 2,5.

Хід аналізу технічно відрізняється від існуючих модифікацій методу О. Арреніуса і полягає ось у чому. В 13 конічних колб на 100 мл беруть наважки повітряно-сухого ґрунту по 10 г. В одну з колб приливають 25 мл дистильованої води, в наступні шість – по 25 мл розчину HCl, а в решту – ~ по 25 мл NaOH. Їдкий натр і соляна кислота мають таку концентрацію: 0,005 н, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05 н. Ці розчини готують із фіксаналів на дистильованій воді, з якої попередньо видалений CO_2. Після перерахунку 25 мл розчину кислоти або лугу вказаних нормальностей (в мекв) отримують такий ряд:

N колби	1	2	3	4	5	6	7
HCl, мекв	0	0,125	0,250	0,500	0,750	1,0	1,250
№ колби		8	9	10	11	12	13
NaOH, мекв		0,125	0,250	0,500	0,750	1,0	1,250

Колби закорковують, збовтують їх вміст на ротаторі протягом години і залишають на добу. Після цього суспензію знову збовтують 10 – 15 хв і безпосередньо в ній визначають pH за допомогою іонометра. Паралельно визначають pH розчинів NaOH і HCI, які використовували для приготування суспензій.

За результатами дослідів на міліметровому папері будують криві залежності pH від зміни концентрації (ΔC) кислоти або лугу. При цьому на осі абсцис графіка відкладають значення нормальності у масштабі 1 см = 0,01 н, а по осі ординат – значення pH у масштабі 1 см = 1 од. pH. На вісь абсцис графіка накладають

додаткову шкалу перерахунку того об'єму кислоти чи лугу, який було взято для 10 г зразка (в мекв на 100 г) (рис. 8.2).

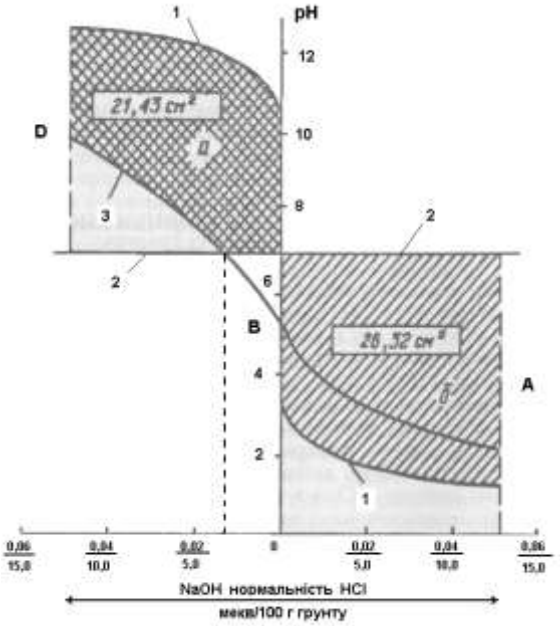

Рис. 8.2. **Кислотно-основна буферність червоного фералітного важкосуглинкового ґрунту (шар 0 – 15 см);**

1 – крива залежності pH розчину HCl і NaOH від зміни концентрацій (ΔC);
2 – лінія буферності ґрунту умовного абсолютно буферного еталонного зразка; 3 – крива буферності ґрунту:
а – область буферності грунту в лужному інтервалі (pH = 7,0 – 12,7);
б - область буферності умовного абсолютно буферного еталонного зразка в кислотному інтервалі (pH = 1,3 – 7,0).

За нульову базисну лінію відліку (еталон з нульовою буферністю) беруть криву потенціометричної залежності аналізованих кислоти і лугу від зміни концентрації (ΔC).

Еталоном порівняння є також площа буферності умовного зразка, що виявляє повну буферність у досліджуваному інтервалі концентрацій кислоти і лугу, і має нейтральну реакцію водної суспензії (pH = 7) (його лінія буферності має вигляд прямої, паралельної осі абсцис, яка проходить на осі ординат графіка через точку, яка відповідає pH = 7). Масштабом буферності такого еталона є площа між кривою потенціометричної залежності pH від зміни концентрації (ΔC) використаних розчинів кислоти й лугу, та лінією його буферності (пряма, паралельна осі абсцис, яка проходить на осі ординат графіка через точку, що відповідає нейтральній реакції).

При максимальному введенні в суспензію 12,5 мекв кислоти чи лугу на 100 г зразка площі буферності кислотного і лужного інтервалу еталона є рівновеликими і в прийнятому масштабі виміру становлять 26,32 $см^2$ кожна і приймаються за 100 %.

Криві буферності досліджуваних зразків, pH водної суспензії яких не відповідають нейтральній реакції, поділяються ординатою графіка і лінією буферності умовного еталона на три відрізки. За проекціями відрізка BC, що знаходиться за межами буферності еталонного зразка, на осі абсцис розраховують нейтралізуючу здатність, яку виражають у показниках нейтралізації. Цей параметр відповідає кількості міліграм-еквівалентів кислоти (кислотний ПН) або лугу (лужний ПН) в перерахунку на 100 г ґрунту, що забезпечує нейтральну реакцію. Розміщення відрізків кривої буферності досліджуваних зразків у межах кислотного або лужного інтервалу буферності еталонного зразка характеризує ступінь буферної ємності (СБЄ – відносна частина масштабу буферності умовного еталона, що відповідає площі буферності досліджуваного зразка в заданому діапазоні pH розчинів кислоти чи лугу).

Площу буферності аналізованих зразків можна визначити методом чисельного інтегрування за формулою Сімпсона, перетворені варіанти якої мають такий вигляд:

$$Sk = \frac{h}{3}\sum_{j=0}^{n} Ci[f2(Xi) - f1(Xi)];$$

$$Sk = \frac{h}{3}\sum_{j=0}^{n} Ci[f1(Xi) - f2(Xi)]$$

де: *Sk* – площа буферності в області кислотного інтервалу, см^2; *Sл* – площа буферності в області лужного інтервалу, см^2; *Ci* = 1,4,2,4,2,...,4,1; *n* = 2V; V = 1,2,3,4,...; *f1(Xi)* – pH розчину HCl (чи NaOH), що використовується для аналізу; *f2(Xi)* – pH ґрунтової суспензії в області кислотного (чи лужного) інтервалу; *h* – значення кроку концентрації (нормальності) розчинів кислоти (чи лугу), що використовувались для аналізу.

Отже, за допомогою ступеня буферної ємності (СБЄ) можна порівнювати буферні властивості різних за генезисом ґрунтів у суворо фіксованих діапазонах pH обох інтервалів: 1,3 – 7,0 в кислотному і 7,0 – 12,7 – у лужному.

Запропоновані параметри оцінки буферних властивостей ґрунтів досить чутливі і об'єктивно відображають зміни, зумовлені антропогенною дією (табл. 8.3 – 8.4). Для орних і підорних шарів СБЄ змінюється в досить широких межах: від 6 – 10 % у піщаних дерново-підзолистих до 80 – 90 % (а в окремих випадках навіть до 100 %) у чорноземних відмінах. У свою чергу, показник нейтралізації варіює від нуля до 12 мекв на 100 г кислоти чи 5 – 8 мекв лугу на 100 г ґрунту. Тривале (1912 – 1993 рр.) використання мінеральної системи добрив на чорноземах типових найістотніше сприяло зниженню буферної здатності у кислотному інтервалі порівняно з іншими системами. На лучно-чорноземних ґрунтах вирощування сільськогосподарських культур і багаторічне систематичне використання мінеральних добрив (1962 – 1993 рр.) викликали погіршення буферної ємності в лужному інтервалі (див. табл. 8.4).

У природних ценозах сформувався високобуферний верхній шар ґрунту з приблизно однаковими значеннями СБЄ обох інтервалів, що зумовило близьке до одиниці значення інтегрального індексу кислотно-основної рівноваги (Кр = СБЄ$_к$/ СБЄ$_л$). Ця величина може бути використана як додатковий критерій оцінки стійкості функціонування агроекосистем. Причому, чим ближче цей показник наближається до одиниці при порівняно високих значеннях СБЄ, тим стійкіше функціонування даної агроекосистеми.

Таблиця 8.3. **Буферні властивості деяких ґрунтів**

Назва ґрунту, глибина взяття зразка, см	pH водної суспензії	Площа буферності, $см^2$		Показник нейтралізації, мекв/100 г ґрунту		Ступінь буферної ємності (СБЄ), %	
		1*	2	1	2	1	2
Дерново-підзолистий піщаний, 0–20	5,60	3,13	2,20	–	0,38	11,89	7,94
Дерновий слаборозвинений супіщаний, 0–10	4,52	2,2	9,27	–	1,10	7,67	33,09
Сірий лісовий легкосуглинковий, 10–20	6,10	7,97	11,71	–	0,63	30,28	44,03
Солонець содовий, 0–20	8,96	28,12	3,15	8,88	–	91,94	11,97
Солонець, 0–15	8,18	24,02	10,13	3,38	–	89,21	38,48
Солончак, 0–10	8,05	28,19	13,50	12,50	–	100	51,38
Червоний ферсіалітний легкосуглинковий, 0–15	5,52	1,75	9,08	–	0,62	8,36	33,85
Червоний фералітний важкосуглинковий, 0–15	5,20	7,45	21,43	–	3,00	28,31	77,32

** 1 – кислотний інтервал; 2 – лужний інтервал.*

Ґрунтотворні породи та їх мінерали характеризуються різними показниками буферності, проте, на відміну від сформованих на них шарів ґрунту, мають, як правило, ширший діапазон варіювання Кр. За провідної ролі біологічного фактора закономірно змінюються і фізико-хімічні характеристики ґрунту.

Таблиця 8.4. **Вплив систематичного внесення добрив у сівозміні на буферні властивості ґрунтів**

Глибина взяття зразків, см	pH водної суспензії	Показник нейтралізації грунту, мекв/100 г грунту (pH) в інтервалах		Ступінь буферної ємності в інтервалах (СБЄ), %		$СБЄ_К/СБЄ_Л$
		кислотному	лужному	кислотному	лужному	
Лучно-чорноземний грунт (агростанція НУБІП „Митниця", стаціонарний дослід)						
Органічна система удобрення						
0–25	8,05	5,50	–	93,01	35,07	2,65
25–50	8,30	14,00	–	100,0	32,53	3,07
Мінеральна система удобрення						
0–25	8,10	5,00	–	98,63	28,69	3,44
25–50	8,28	15,0	–	100,00	35,55	2,81
Змішана система удобрення						
0–25	7,80	2,30	–	80,47	28,31	2,84
25–50	8,20	11,50	–	99,73	30,58	3,26
Контроль (без внесення добрив)						
0–25	8,12	4,10	–	88,18	22,60	4,08
25–50	8,28	8,50	–	98,60	29,21	3,38
Переліг						
0–10	7,20	0,52	–	73,84	71,46	1,03
10–20	7,75	4,25	–	93,64	51,48	1,82
20–30	7,85	6,00	–	94,36	50,36	1,87
30–40	7,96	6,80	–	95,25	48,28	1,97
40–50	8,10	7,30	—	76,52	46,24	2,09
Чорнозем типовий (51 стаціонар Миронівського інституту пшениці)						
Органічна система удобрення						
0–20	6,85	–	0,2	43,33	55,13	0,79
20–40	6,75	–	0,5	45,23	55,55	0,80
Мінеральна система удобрення						
0–20	6,42	–	1,4	40,02	62,96	0,64
20–40	7,45	3,50	–	94,69	52,55	1,80
Змішана система удобрення						
0–20	7,20	0,2	–	51,22	55,40	0,92
20–40	7,90	2,6	–	72,44	48,80	1,48
Контроль (без внесення добрив)						
0–20	7,25	0,8	–	55,43	49,78	1,11
20–40	7,60	4,0	–	82,86	45,40	1,82
Переліг						
0–20	7,10	0,4	–	55,53	62,52	0,86
20–40	7,12	0,3	–	48,90	51,75	0,94
Вермикомпост (біогумус)						
–	7,46	3,63	–	97,80	76,67	1,28

Таблиця 8.5 **.Кислотно-основна буферність фракцій гранулометричних елементів деяких ґрунтових відмін (0-22 см)**

Фракції гранулометричних елементів*		Показник нейтралізації, мекв на 100 г грунту		Ступінь буферної ємності (СБЄ), %		Індекс кислотно-основної рівноваги СБЄк / СБЄл
назва	вміст, %	1**	2	1	2	
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (рілля)						
Пісок дрібний	28,2	–	0,75	27,1	51,1	0,53
Пил грубий	36,0	–	0,75	60,5	81,1	0,75
Пил середній	7,4	Не визначали				
Пил дрібний	5,3	–	2,00	68,1	84,6	0,80
Мул глинистий (грубий)	5,9	7,50	–	100,4	57,5	1,75
Грунт	–	–	0,90	7,9	55,3	0,14
Ясно-сірий лісовий супіщаний (рілля)						
Пісок дрібний	26,1	–	1,13	27,9	57,7	0,48
Пил грубий	45,2	–	0,75	66,6	76,7	0,87
Пил середній	6,8	Не визначали				
Пил дрібний	6,9	–	1,63	69,3	82,4	0,84
Мул глинистий (грубий)	5,8	8,75	–	101,1	67,1	1,51
Грунт	–	–	0,75	16,3	61,3	0,27
Темно-сірий опідзолений глеюватий піщано-легкосуглинковий (рілля)						
Пісок дрібний	19,6	–	1,25	53,4	68,7	0,78
Пил грубий	26,4	–	1,00	74,6	83,3	0,90
Пил середній	10,9	Не визначали				
Пил дрібний	7,3	0,58	–	82,7	84,0	0,98
Мул глинистий (грубий)	14,1	3,13	–	95,7	75,4	1,27
Грунт	–	–	0,38	38,0	72,2	0,83
Чорноземно-лучний карбонатний пилувато-легкосуглинковий (рілля)						
Пісок дрібний	13,4	–	1,00	55,9	67,4	0,83
Пил грубий	44,2	1,00	–	77,8	70,9	1,10
Пил середній	12,9	Не визначали				
Пил дрібний	12,5	3,75	–	86,9	75,6	1,15
Мул глинистий (грубий)	16,6	–	–	111,4	68,9	1,6
Грунт	–	0,24	–	46,9	66,5	0,71

Примітка:) Розміри фракцій становлять, у мм: пісок дрібний* – 0,25 - 0,05; *пил грубий – 0,05 - 0,01; пил середній – 0,01-0,005; пил дрібний – 0,005 - 0,001; мул глинистий (грубий) – 0,001 - 0,0005; **) 1 – кислотний, 2 – лужний інтервали.*

РОЗДІЛ 10. **МОДЕЛЮВАННЯ ГРУНТОВО-ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ТА РОДЮЧОСТІ ГРУНТУ**

10.1. Характеристика моделей і їх використання

Сучасна екологія розвивається у напрямі точного опису та математичної інтерпретації природних процесів і явищ. Це зумовлено тим, що практика ставить щораз більші вимоги до оцінки природних ситуацій та ефективності екологічних прогнозів.

Відомо, що кожне явище можна з більшою чи меншою точністю описати математично. Теоретично можна описати математичними рівняннями кожну систему, якою б складною вона не була. Проте, чим складніша система і чим більше елементів її утворюють, тим менше можна сподіватись на якісно конкретні результати і практичне значення такого моделювання. Тому необхідна деяка абстракція, що ґрунтується на здоровому глузді та уявленні про те, які з компонентів екосистеми насправді керують її функціями, та які реальні можливості математики в кожному випадку. Потрібна міра абстракції досягається засобами системного аналізу, який є невід'ємною частиною математичного моделювання, хоча слід застерегти дослідників від надмірної фетишизації математики в біології та екології зокрема.

Отже ті, хто займається екологічним моделюванням, насамперед повинні створити образ об'єкта в категоріях і символах математичного аналізу. Цьому етапу завжди передує словесна (вербальна) або графічна модель образу (рис. 10.1). На її основі формують математичну постановку задачі і визначають спосіб її розв'язання, тобто відбувається математична імітація моделі, за якою йде фаза обчислювальної моделі.

Наступним етапом екологічного моделювання є оптимізація даної системи, яка належить до так званих операційних досліджень.

Для розв'язання різноманітних екологічних задач використовують практично всі найважливіші типи (групи) моделей, зокрема: 1) вербальні; 2) динамічні; 3) матричні; 4) стохастичні; 5) багатовимірні; 6) оптимізаційні [91].

Розглянемо особливості кожної з цих моделей.

Динамічні моделі ґрунтуються на порівняно новій в екології теорії сервомеханізмів, на складних математичних залежностях та на допущенні однозначності причини і наслідків в екологічних процесах, як це є, наприклад, у фізиці. Динамічні моделі, будучи детерміністичними по суті, допускають використання довільних елементів системи, які з точки зору того, хто моделює, є найістотнішими для розуміння закономірностей функціонування екосистеми. Основними тут є дедукція, логіка чистої математики і максимальне врахування фізичних, хімічних та біологічних процесів в екосистемі. Позитивним є те, що динамічні моделі допускають нелінійність зв'язків в екосистемі. Точність моделей даної системи залежить від точності рівнянь, якими описують властивості компонентів екосистеми. Тому ці моделі менш реалістичні, менш передбачувані і досить трудомісткі порівняно з іншими типами моделей. Динамічні моделі корисні на ранніх етапах системного аналізу складних екологічних явищ, оскільки мають на меті з'ясувати існуючі основні зв'язки в системі та змінних підсистемах, які є ключовими.

Матричні моделі. Сама назва цієї групи моделей означає, що кількість елементів структури і функцій екосистеми обмежується певною таблицею чисел (матрицею). Моделі цього типу широко використовуються в екології для пошуку простих залежностей при відносно простих розрахунках, найчастіше популяційного характеру. Більш складні варіанти матричних моделей використовують для аналізу таких динамічних явищ, як кругообіг речовин та енергії на рівні балансу (вхід – вихід). Недоліком цього типу моделей є прийняті положення про лінійність зв'язків між досліджуваними елементами природного середовища. Крім того, передбачається постійність структурних коефіцієнтів.

РОЗДІЛ 11. **ЕКОЛОГІЯ ГРУНТУ І СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Необхідність екологізації землеробства виникла як реакція на широкомасштабну деградацію і забруднення навколишнього природного середовища. Основна причина порушення нормального функціонування агроекосистем – недосконаліть технологій вирощування сільськогосподарських культур та надмірне перетворення ландшафтів. Сучасні інтенсивні технології виробництва сільськогосподарської продукції орієнтовані на отримання максимального врожаю [282]. Антропогенна ж трансформація природних екосистем не повинна порушувати віками сформовані природні потоки речовин і енергії понад екологічно допустимі межі і потенційну здатність агроекосистем до саморегуляції.

Стосовно землеробства сутність проблеми полягає в максимальному використанні потенціалу культурних рослин при мінімальних витратах енергії на отримання продукції [122]. Практичне вирішення цього складного завдання пов'язане з удосконаленням систем землеробства, їх адаптацією до умов агроландшафтів, соціально-економічних умов, різного рівня і форм інтенсифікації виробництва в системі екологічних обмежень.

Не випадково поряд із традиційними системами землеробства з'являються його альтернативні системи чи екологічні напрямки (органічні, біологічні, біодинамічні, біоорганічні, адаптивно-ландшафтні та ін.). Основним критерієм їх оцінки є не лише продуктивність вирощуваних культур, а й якість врожаю, рівень використання біологічного азоту в балансі конкретного агроценозу, органічних і мінеральних добрив, енергетична економічність, ситуація в агроландшафті тощо.

Детальний опис альтернативних варіантів систем землеробства можна знайти у спеціальній літературі. Зазначимо лише, що всі ці альтернативні напрямки мають умовні відмінності, які виявляються завдяки різним погодно-кліматичним умовам (біокліматичним особливостям того чи

іншого регіону). Альтернативні системи передбачають розроблення і використання нових технологій, що спираються на сучасні наукові досягнення при обов'язковому врахуванні законів екології. При цьому важливим залишається утримання ґрунту в життєздатному і біологічно-активному стані. Накопичувати біогенні елементи у ґрунті пропонується внесенням органічних добрив, мобілізацією їх із важкорозчинних мінералів, симбіотичною і асоціативною азотфіксацією бактерій. Особлива увага приділяється прийомам активації діяльності ґрунтової біоти, яка, в свою чергу, повинна забезпечувати культурні рослини елементами мінерального живлення за рахунок переробки рослинних решток, органічних добрив і гумусу ґрунту.

За продуктивністю екологічне землеробство значно поступається індустріально-інтенсивному. Зокрема, недобір урожаю за альтернативними напрямками землеробства становить: 15 – 20 % зернових; 30 – 35 % картоплі і понад 40 % плодових. На добре окультурених родючих ґрунтах у перші роки переходу на альтернативні варіанти недобір врожаю менш відчутний.

Наразі перехід на альтернативні системи землеробства можуть дозволити собі лише економічно розвинені країни, де існує надвиробництво продуктів харчування і на першому плані стоїть якість продукції.

Підвищення продуктивності деградованих орних земель України можливе лише за умови використання значної кількості гною та інших видів органічних добрив. Для цього потрібно значно збільшувати поголів'я худоби, а отже і кількість високоякісних кормів, яку можна отримати лише на високопродуктивних угіддях. У свою чергу, високу продуктивність таких угідь можна забезпечити тільки внесенням достатньої кількості мінеральних добрив. Отже, біологізація землеробства зумовлює збільшення кругообігу речовин і енергії в землеробстві на основі сумісного використання органічних та мінеральних добрив.

Досвід розвинених країн світу свідчить, що високого ефекту в підвищенні врожайності на окультурених ґрунтах можна досягти за рахунок системної взаємодії факторів росту і розвитку рослин. Особливо ефективним є науково обґрунтоване поєднання

органічних і мінеральних добрив, засобів захисту рослин і сучасних систем машин. Завдяки взаємодії цих факторів врожайність зернових культур у розвинених країнах з 1980 р. по 1990 р. зросла практично без збільшення доз добрив і навіть при їх скороченні (табл. 11.1). Подібна тенденція спостерігається і в наступні роки [179].

Таблиця 11.1. **Врожайність зернових культур і рівень використання мінеральних добрив** [127]

Країна	Урожайність, ц/га		Внесення мінеральних добрив, кг/га д. р.	
	у 1990 р.	приріст до 1980 р.	у 1990 р.	приріст до 1980 р.
Німеччина	56,7	12,4	411	-69
Франція	1,0	12,6	312	3
Великобританія	59,2	10,1	348	29
Чехія і Словаччина	50,4	10,3	307	-27
США	47,1	9,6	106	-7

У науковій літературі і практиці агровиробничого комплексу країн СНД агроекологічний перегляд стратегії і тактики системи землеробства здійснюється за такими основними напрямками [112].

1. *Заміна щорічного основного полицевого обробітку на полицево - безполицевий, або поєднання мінімальних обробітків із полицевим*. Робляться спроби довести обробіток ґрунту до мінімуму. На ґрунтах, що розміщені на схилах, і тих, що зазнають руйнівної дії ерозії, почергово проводять обробіток плугами і поверхневе розпушування на різну глибину. Цей напрям дає змогу значно знизити розмір деградації ґрунтів внаслідок обробітку їх машинами.

У процесі обробітку ґрунту можна вирішувати до 10 окремих завдань (вирівнювання, очищення, подрібнення, розпушування, ущільнення, мобілізація мінеральних речовин, оптимізація водно-повітряного та температурного режимів, вилучення каміння, загортання водонерозчинних речовин, знищення або пригнічення бур'янів та шкідників). Перші чотири операції сприяють підготовці насіннєвого ложа. В цілому ж основною функцією обробітку грунту є створення життєздатного

для рослин шару. Як часто потрібно проводити перевертання орного шару за допомогою оранки? Відомо, що ефект від такого способу обробітку полягає у переміщенні органічних речовин ґрунту. В умовах кращого доступу кисню вони швидше мінералізуються і, отже, збагачують орний шар на поживні речовини. Токсичні речовини також переміщуються в поверхневий шар і швидше руйнуються. Крім того, періодична глибока оранка сприяє перемішуванню ґрунту, загортанню органічних рослинних решток. Це значною мірою стабілізує мікробіологічну активність і значно поліпшує кислотно-основні властивості ґрунту, зокрема його буферність, а орний шар стає більш сприятливим для розвитку кореневої системи рослин.

Інтенсивний обробіток, зокрема оранка, є раціональним лише за умови, що в ґрунті є надлишок запасів органічної речовини або в нього вносять високі дози органічних добрив [123]. Якщо вміст гумусу знизився до критичної межі, що унеможливлює нормальне біологічне саморозлуговування та кришіння ґрунту, такий обробіток проводити не можна.

2. *Перегляд ролі чорних і чистих парів як способу боротьби з бур'янами та засобу накопичення вологи й елементів живлення в ґрунті.* Відомо, що на паровому полі прискорюється мінералізація органічної речовини, передусім гумусу. Тому чисті пари економічно вигідні лише в умовах степової зони України, де спостерігається дефіцит вологи. З екологічної точки зору вони виправдані при внесенні в сівозміні органічних добрив. Для Лісостепу рекомендується чергування чистих і зайнятих парів з висіванням на них бобових сидератів.

3. *Переоцінка структури сівозмін у бік насичення їх культурами, здатними поліпшувати якість ґрунту, накопичувати в ньому органічну речовину та елементи живлення*. До таких культур належать багаторічні трави, сидерати, зернобобові. Наявність відповідного біопотенціалу на території України дає змогу висівати ці культури як пожнивні, ущільнюючі та ранньолітні, щоб підтримувати на відповідному рівні родючість ґрунту без зменшення виходу корисної продукції рослинництва (зернових та просапних культур).

4. *Розробка науково - обґрунтованих меліоративних систем, що дають змогу регулювати водний, повітряний,*

поживний, окисно-відновний режими і в цілому впливати на екологічну ситуацію в ґрунті. Меліорація в комплексі з іншими агроприйомами землеробства може ліквідувати перезволоження, посушливість, кислотність, лужність, засолення, надмірну ущільненість ґрунтів, що в цілому сприяє збільшенню потужності орного шару ґрунту, в якому може бути розміщена коренева система рослин і ґрунтова біота. В екологізації землеробства України особливо велике значення надається хімічній та агробіологічній меліорації. Внесенням відповідних меліорантів (вапна, гіпсу, дефекатів тощо), а також висіванням спеціальних солестійких і соленакопичуючих рослин вдається оптимізувати реакцію ґрунтового розчину, знизити концентрацію шкідливих легкорозчинних солей у ґрунті і значно поліпшити його фізико-хімічні та агрохімічні властивості. Проведення цих заходів запобігає також вторинному засоленню ґрунту, що виникає при зрошенні.

Таким чином агроекосистема, як нестійка система ґрунтів і агроценозів, що на них культивуються, є системою автотрофних популяцій, що управляється людиною. Метою управління залишається отримання максимальної кількості сільськогосподарської продукції високої якості за умови збереження агроресурсів, у першу чергу ґрунтів і біорізноманіття [182].

Істотне екологічне значення в землеробстві і підвищенні продуктивності агроекосистем має агролісомеліорація. Чагарникові та деревні насадження в різноманітних формах змінюють мікроклімат на відповідній території, запобігають ерозійним процесам. Вплив агролісомеліорації на ґрунт, рослини і навколишнє середовище в цілому є різнобічним. Так, захисні лісосмуги знижують швидкість вітру, небезпечність пилових бур і, затримуючи сніг, зменшують глибину промерзання ґрунту, а отже, запобігають вимерзанню посівів.

5. *Травосіяння і залуження ерозійно небезпечних ділянок.* Застосування оптимальних травосумішей і подальше управління процесом їх розвитку на основі науково обґрунтованої системи добрив і зволоження дозволяє значно підвищити продуктивність кормових угідь та поліпшити екологічну ситуацію.

Наразі передові сільськогосподарські підприємства України на противагу екологічно збитковим індустріальним технологіям впроваджують спеціальні системи біологічного рослинництва й альтернативного землеробства. Вони застосовують спеціальні сівозміни, що забезпечують відпочинок ґрунту від частих механічних обробітків, підтримують його родючість внесенням органічних добрив (сидератів, пожнивних решток, соломи, гною тощо). Це сприяє екологізації сільського господарства і поступовому переведенню його на біоенергетичну основу.

В цілому ідея екологізації землеробства ще не набула масового поширення у нашій країні. Особисті ж селянські господарства, які дають лише певною мірою екологічно безпечну продукцію, такими вважати не можна, оскільки вони не характеризують існуючу систему товарного виробництва в цілому.

Для того щоб окрема територія і продукція, яку вирощують на ній, були віднесені до категорії екологічно безпечних, вони повинні відповідати певним вимогам. При цьому продукти сільського господарства маркуються знаком біологічної якості, що дає право реалізовувати їх за підвищеними цінами.

На міжнародних конференціях вироблені певні критерії, за якими система землеробства може бути віднесена до біологічної:

1) рослинницька продукція повинна бути отримана без застосування штучних добрив, гербіцидів, інсектицидів і синтетичних фунгіцидів. Дозволяється застосовувати інсектициди рослинного походження, а також фунгіциди на основі сірки та міді (бордоська і каліфорнійська рідини) при обмеженій кількості обробок;

2) тваринницька продукція повинна бути вироблена з дотриманням вимог п. 1 і без використання будь-яких хімічних добавок (селітри, антибіотиків). Тварин слід утримувати в умовах, які забезпечують їх нормальний розвиток, оскільки велике скупчення тварин спричинює шкідливі зміни в середовищі, погіршує їх стан здоров’я, що позначається на якості продукції.

Провівши аналіз експериментальних даних порівняльної оцінки різних систем землеробства у багатьох країнах світу, В. Г. Мінєєв та ін. [181] дійшли висновку, що високі досягнення в рослинництві, а також поліпшення екологічної ситуації в аграрному секторі можливі не внаслідок переходу на альтернативні форми землеробства, а за рахунок вдосконалення існуючих. Головне при цьому – науково обґрунтована сівозміна, використання всіх видів органічних добрив, належна увага до зелених добрив, обмежене використання мінеральних добрив, екологічно безпечна система захисту рослин, широке використання біологічних прийомів і засобів, диференційована система обробітку грунту з урахуванням грунтово-кліматичних умов та біологічних потреб рослин.

Наразі, в зв'язку з розпаюванням земель, постало актуальне питання екологічно-безпечного землевпорядкування території, що в перспективі дасть можливість відтворення на належному рівні як загальних екологічних, так і спеціальних функцій ґрунтового покриву певної території.

У процесі землевпорядкування важливою умовою залишається створення оптимальних агроландшафтів, що характеризуються екологічною, виробничою і економічною стійкістю. Еколого-ландшафтний підхід у землевпорядкуванні передбачає встановлення оптимального співвідношення площ ріллі, пасовищ, сіножатей, заказників, лісонасаджень, населених пунктів і інших антропогенних і середовищеутворювальних складових. Вважається, що оптимальне співвідношення площ ріллі, луків (у тому числі і пасовищ), а також лісів повинне знаходитися в межах 30 % по кожній складовій [5].

З метою забезпечення зниження негативного впливу антропогенного навантаження на відповідну територію (господарство чи певний регіон) слід розробити відповідний проект щодо її реорганізації, тобто провести перегрупування земель. Для оцінки ефективності природоохоронної організації території використовують такі екологічні показники: коефіцієнт екологічної стабільності території (*КЕСЛ*), індекс екологічного різноманіття території (J_i), індекс продуктивності агро ландшафтів (J_n), коефіцієнт антропогенного навантаження ($K_{ан}$), довжину екотонів у розрахунку на 1 га ріллі, лісистість території,

площу водойм і інші показники, що характеризують екологічне різноманіття і стабільність відповідної території (площі мікрозаказників, екологічних ніш, полезахисних лісових смуг тощо) [4].

Розглядаючи питання стійкості й оптимізації ландшафтів, дуже важливо мати у своєму розпорядженні систему кількісних оцінок і характеристик досліджуваних процесів. У цьому зв'язку заслуговує на увагу можливість оцінювати ступінь екологічної стійкості ландшафту за допомогою *коефіцієнта екологічної стабілізації* (КЕСЛ), що інтегрує якісні і кількісні характеристики його абіотичних і біотичних елементів. Відповідно до [5], перший метод оцінки за допомогою цього коефіцієнта заснований на визначенні і зіставленні площ, зайнятих різноманітними елементами ландшафту, з урахуванням їх позитивного або негативного впливу на навколишнє середовище:

$$КЕСЛ_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_{CT}}{\sum_{i=1}^{n} F_{HCT}},$$

де: $F_{ст}$ – площі, зайняті стабільними елементами ландшафту – сільськогосподарськими культурами і рослинними угрупованнями, що чинять на нього позитивний вплив (ліси, зелені насадження, природні луки, заповідники, заказники й орні землі, зайняті багаторічними культурами: люцерною, конюшиною, травосумішами); $F_{нст}$ – площі, зайняті нестабільними елементами ландшафту (щорічно оброблювана рілля, землі з нестійким трав'янистим покривом, схили, площі під забудовою і дорогами, замулені водойми, місця видобутку корисних копалин, інші ділянки, що піддалися антропогенному спустошенню).

Оцінку стабільності ландшафту проводять за такою шкалою:

Величина $КЕСЛ_1$	Характеристика ландшафту
<0,5	Нестабільність добре виражена
0,51...1,00	Стан нестабільний
1,01...3,00	Стан умовно стабільний
4,51 і більше	Стабільність добре виражена

ПІСЛЯМОВА

На початку третього тисячоліття людство планети стурбоване вирішенням проблеми виживання в умовах екологічної кризи. Ще у 1992 році на конференції ООН з проблем навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (самміт „Планета Земля") був задекларований принцип „*sustainable development*" – стійкого розвитку, який є узгодженням між економічним та соціальним розвитком суспільства і збереженням довкілля, та схвалена програма дій „Порядок денний на 21 століття", яка засвідчує встановлення глобального партнерства країн світу задля досягнення сталого розвитку суспільства [194]. На цьому самміті також було прийнято Декларацію Ріо „Про екологічний та економічний розвиток", де визначено права й обов'язки держав світу у рамках концепції сталого розвитку.

Через 5 років, на 19-й спеціальній сесії Генеральної асамблеї ООН у червні 1997 р. була ухвалена Програма „Ріо + 5" – Програма дій з подальшого впровадження „Порядку денного на 21 століття", а на Всесвітньому самміті зі сталого розвитку в Йоганнесбурзі (2002 р.) – План дій „Ріо + 10". Таким чином, передова світова наукова думка намагається детально обґрунтувати стратегію виживання людства на планеті. В рамках цієї стратегії доводиться змінювати всю систему суспільних і міждержавних відносин, шкалу цінностей, відношення до навколишнього середовища, розробляти і реалізовувати систему безперервної екологічної освіти.

В основі всіх міркувань про можливі шляхи подальшого розвитку людства повинне бути уявлення про те, що людина є природною складовою біосфери, що вона з'явилася в результаті її еволюції і на людину, як і на решту живих видів, поширюються закони розвитку біосфери.

Сільськогосподарська галузь є одночасно потужним споживачем і перетворювачем природних ресурсів. За обсягом вироблюваної продукції вона поступається лише енергетичній промисловості. Більшість відходів сільського господарства легко поглинається і асимілюється природним середовищем, якщо вони

не накопичуються у надто великих кількостях. Екологічні проблеми виникають внаслідок спеціалізації й концентрації сільськогосподарського виробництва та інтенсифікації використання землі. Сучасне сільське господарство ґрунтується на так званих інтенсивних технологіях, які себе не виправдали з екологічної точки зору.

Існує дві групи екологічних проблем, пов'язаних із впливом сільського господарства на природне середовище: велика кількість різних відходів і зміни в структурі та функціях ґрунтового покриву. Грунт є одночасно природним ресурсом, засобом розвитку продуктивних сил і потужним біологічним фактором природного середовища, вагомішим за воду, оскільки якість (і кількість) останньої визначається станом ґрунту. Втрати від погіршення якості і зменшення кількості земель є незворотними.

Сільське господарство у використанні земель керується виключно економічними мотивами, нехтуючи при цьому питаннями екології. Це зрозуміло, оскільки в Україні у зоні достатнього зволоження і перезволоження з річною нормою опадів близько 700 мм на рік знаходиться лише 7 % орних земель, решта ж – у зоні недостатнього зволоження (76 %) та у посушливій зоні (17 %). За таких умов досягти значного успіху в розвитку сільського господарства без втручання в природний хід ґрунтових режимів та процесів дуже важко. Разом з тим, кожне нововведення в рільництві започатковує ланцюг небажаних наслідків. Нерідко буває так, що саме ці негативні наслідки спричинюють через певний час перегляд прийнятих управлінських рішень, що потребує значних коштів.

Вченими [100, 128, 180, 319 і ін.] запропоновані основні принципи раціонального природокористування з урахуванням екологічної поліфункціональності ґрунтів. Серед них, на наш погляд, особливо слід виділити такі: обмеження різних втрат ґрунтів і лімітована їх розорюваність; дотримання екологічних, природо- і грунтоохоронних вимог при проведенні землеустрою; обов'язкове проведення рекультиваційних робіт при добуванні корисних копалин; постійна турбота про збереження і відновлення родючості ґрунтів.

Головна проблема полягає в тому, щоб узгодити, якщо неможливо гармонізувати повністю, функції ґрунту як засобу розвитку продуктивних сил і як потужного біологічного фактора природного середовища. Найбільш успішно вона може бути вирішена на основі об'єднання спільних зусиль ґрунтознавців, екологів і вчених інших, суміжних із ґрунтознавством дисциплін, шляхом формування нового самостійного напряму в екології – екології ґрунту.

Екологія ґрунту усе більш зосереджується на вивченні ґрунтової екосистеми як функціонального об'єднання, що складається із взаємодії живої речовини різних рівнів і багатьох інших елементів навколишнього середовища. Це дозволяє достатньо повно описати екосистему як живе об'єднання разом з оточуючим його неживим фізичним середовищем (екотопом).

Окрім свого основного завдання в теоретичній сфері екологія ґрунту має також важливе значення і у прикладній сфері сільськогосподарського виробництва при вирішенні такого кола питань:

1) обмеження негативних для ґрунту наслідків хімізації і технологічних нововведень шляхом розроблення екологічних засад їх застосування;

2) з'ясування існуючих і гіпотетичних залежностей між інтенсифікацією рільництва і станом ґрунтових екосистем;

3) екологічна оцінка впровадження спрощених технологій обробітку землі, вирощування сільськогосподарських культур, біоценотичної структури сівозмін тощо;

4) еколого-економічна оцінка впливу різних видів сільськогосподарської діяльності на ґрунтові екосистеми;

5) раціональна організація агроландшафтів, яка б враховувала екологічні імперативи.

В Україні крім виробничого агроекологічного моніторингу потрібно сформувати самостійну фіксовану мережу спостережень за екологічним станом ґрунтів. При цьому, бази даних з цього питання та геоінформаційні системи мають бути узгоджені з європейськими, а контроль за станом ґрунтового покриву слід здійснювати в усіх сферах народного господарства. Надто актуальним є своєчасне включення фундаментальних параметрів програми охорони ґрунтів у загальну систему

довготривалих заходів щодо розвитку екологічної мережі в Україні. На думку авторів монографії, загальна площа територій та об'єктів природно-заповідного фонду в Україні у найближчі 10-15 років повинна бути подвоєна.

Реалізувати на практиці екологічно безпечну організацію території стає можливим завдяки впровадженню адаптивно-ландшафтних систем землеробства і відповідних пакетів агротехнологій. При цьому система землеробства виступає як засіб агроекологічної оптимізації агроландшафту, а самі агротехнології – як механізми управління агроценозом конкретної культури в агроландшафті на основі певної моделі продуктивного процесу.

Модельні розрахунки, проведені рядом учених [208, 253, 304], дали можливість зробити висновок про те, що повна освоєність території призводить до отримання мінімуму корисної продукції, що складає біля 25 % від можливого максимуму. В свою чергу максимум досягається приблизно при 40 % освоєності.

Практика засвідчує, що спочатку у процесі обробітку ґрунту його природна родючість експлуатувалася переважно неефективно, що в багатьох випадках призвело до ґрунтостомлення, проявлення різних видів деградаційних процесів і, як наслідок, до зниження біологічної продуктивності агроценозів.

Стосовно орних угідь важливим є максимальне використання фотосинтетичного потенціалу культурних рослин при мінімальних витратах енергії на створення оптимальних умов їх росту і розвитку. Для практичного вирішення цих завдань необхідно, насамперед, удосконалювати існуючі системи землеробства – адаптувати їх до різних агроландшафтів, рівня і форм індустріалізації конкретних господарств при обов'язковому врахуванні конкретних екологічних бар'єрів і обмежень.

Агротехнології, таким чином, поєднуються в єдину систему управління агроландшафтом через системи сівозмін, сіножатепасовищезмін, а також системи основного обробітку грунту, удобрення і захисту рослин.

Сама методологія формування агротехнологій, як справедливо зазначено в роботі [193], полягає у послідовному

подоланні факторів, що лімітують урожайність культур і якість самої продукції. Кількість факторів, яка при цьому повинна враховуватися, залежить від характеру і складності екологічної ситуації та рівня запланованої врожайності.

Різноманітні поєднання факторів і інтенсивність їх проявлення визначають чисельне різноманіття варіантів технологічних операцій, які виконуються різними засобами як у просторі, так і в часі, враховуючи зміни погодно-кліматичних умов. Завдяки природному і господарському різноманіттю умов набір варіантів технологічних операцій і відповідних технологій може бути надто широким. Приклад реєстру технологічних операцій, умов і регламенту їх використання стосовно конкретного регіону наведено в роботі [193].

Окремо слід зупинитися на екологічних проблемах земель лісового господарства. У різні періоди розвитку продуктивних сил між лісовими і сільськогосподарськими землями складалася певна динамічна рівновага. Наразі спостерігаються екстенсивні тенденції у використанні земель (відведення їх під сади, городи), нерідко за рахунок земель об'єктів природно-заповідного та лісового фонду. Це, вочевидь, триватиме доти, доки остаточно не сформуються нові форми суспільних відносин, з якими пов'язуються сподівання на піднесення сільськогосподарського виробництва. Після цього має відбутися структуризація земельного фонду, яка максимально відповідатиме природним умовам України, з одного боку, та рівню розвитку продуктивних сил – з іншого. Зрозуміло, що за цих умов розораність угідь має скоротитися із 70 – 85 % до 40 – 54 %. Решта їх перейде в категорію земель екологічного призначення, збільшаться природоохоронні території та лісовий фонд. У перспективі зниження розораності угідь до її екологічних меж слід повернутися до ідеї низькообігових (40 – 50 років) лісогосподарств на базі швидкоростучих порід на землях, які будуть вивільнятися при скороченні площ ріллі.

Завдання охорони ґрунтів традиційно пов'язувалося переважно з їх захистом від водної та вітрової ерозії, техногенного забруднення, різних видів деградаційних процесів, а тому накладання додаткових обмежень на господарське використання тих чи інших земель у вигляді режимних

заповідників, заказників тощо часто сприймається як зайве. Проте антропогенне руйнування природного ґрунтового покриву призводить до незворотної втрати частини накопиченої в ґрунтовому профілі інформації. А тому, якщо не кожній, то принаймні основним ґрунтовим відмінам на певній території слід надати можливість природного еволюціонування, що допоможе вченим проводити поглиблене їх вивчення для розуміння механізмів оптимального розвитку того чи іншого природно-історичного тіла. Справедливо вказано [99], що без наявних природних ґрунтових відмін у непорушеному стані ґрунтознавство, як галузь науки, буде позбавлене свого базового об'єкта вивчення – генезису цілинних ґрунтових відмін у різних ґрунтово-кліматичних зонах. Збереження природних ґрунтових відмін викликане також і необхідністю наявності еталонних зразків для проведення ґрунтово-екологічного моніторингу.

Повернення ґрунту втрачених властивостей і функцій можливо здійснювати за двома напрямами: 1) шляхом антропогенного впровадження комплексу еколого-стабілізуючих агротехнічних, меліоративних, агрохімічних і інших заходів; 2) природним шляхом, використовуючи фактор часу, як складову змінних постійно діючих природних ресурсів. Одним із шляхів реалізації другого напряму вважають створення заповідних ландшафтів і ґрунтів, а також Червоної книги ґрунтів [96], в яку пропонується включити три основні категорії ґрунтових об'єктів: цілинні (природні), освоєні людиною і окультурені.

Існуюча наразі система управління земельними ресурсами має багато недоліків, одним із яких є відсутність повноцінної законодавчої бази, яка є досить суперечливою і, основне, – у чинних законах не відпрацьовані чіткі механізми їх реалізації та фінансування. Особливо гостро питання збереження і відтворення ґрунтової родючості постали в процесі зміни форм власності на землю. При земельному реформуванні та при оформленні права власності на землю, а також при передачі землі в оренду (особливо довгострокову) питання оцінки якості ґрунтів не враховуються в достатній мірі або взагалі ігноруються. Наявна ситуація коли держава, відмовившись від монополії на земельну власність, одночасно відмовилась і від контролю за агроекологічним станом ґрунтів. Так, у Земельному кодексі

України лише задекларовані обов'язки власників земельних ділянок і землекористувачів [210]. Фактично не знайшли свого відображення в нині діючих нормативно-законодавчих актах питання охорони і збереження земельних ресурсів, які вже знаходяться в приватному користуванні – присадибних земельних ділянок. Не секрет, що використання земель у приватному секторі ведеться інтуїтивно і землевласники (особливо нові) йдуть по шляху виснаження, а не збереження і відтворення родючості грунту. Традиційно в Україні контроль з боку держави здійснювався виключно за землями сільськогосподарського призначення, які знаходились у колективній власності, а між тим ще на початку 90-х років минулого століття присадибні ділянки вже займали 3–4 % загального фонду ріллі.

Зрозуміло, що вирішення широкого кола екологічних проблем за сучасних умов реформування соціально-економічних відносин в агропромисловому комплексі України потребує інших підходів і поглядів на сільське господарство, на землю як основу розвитку продуктивних сил галузі і як потужний фактор середовища, у якому існує людина. Екологічний імператив полягає в тому, що суспільство так чи інакше змушене буде узгоджувати свої потреби з вимогами екології. А для цього необхідні нові організаційні і управлінські рішення, нетрадиційні наукові підходи до вирішення проблем на всіх рівнях його організації. Екологія ґрунту повинна стати не лише одним із важливих напрямів сучасного ґрунтознавства, а і фаховою дисципліною для підготовки ґрунтознавців і екологів. Автори сподіваються, що дана монографія стане основою для розроблення навчального посібника „Екологія грунту", який використовуватиметься при підготовці фахівців за напрямом 0708 „Екологія" у вищих навчальних закладах III–IV рівнів акредитації.

Автори книги, поряд із висвітленням науково-методичних питань, поставили ряд екологічних проблем, які потребують подальшого детального вивчення і розроблення із залученням молодих науковців, нових матеріалів та впровадження міждисциплінарних методів досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Авдонин Н. С.* Новые данные по известкованию / Н. С. Авдонин // 8-й Международный конгресс по минеральным удобрениям: докл. советских участников конгресса. Ч. - 1. М.: Внешнеторгиздат, 1976. – С. 3 - 10.
2. *Аверчук А. С.,* Лишайники териконів Донбасу / Н. А. Хижняк, А. С. Аверчук // Актуальні проблеми ботаніки: матеріали міжнар. конф. молодих учених-ботаніків, 17-20 вересня 2007 р. – К., 2007.. – С. 43-44.
3. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель (методично-нормативне забезпечення) / за заг. ред. В. П. Патики, О. Г. Тараріка. – К., 2002. – С. 35 – 37.
4. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство / под ред. *В. И. Кирюшина* и *А. Л. Иванова*. – М.: ФГНУ „Росинформагротех", 2005. – 784 с.
5. Агроэкология */ В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев* [и др.] ; под ред. В. А. Черникова, А. И. Черкеса. – М. : Колос, 2000. – 536 с.
6. *Аканова Н. И.* Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистых почв при систематическом применении минеральных удобрений в сочетании с известкованием / *Н. И. Аканова* // Вопросы известкования почв / под ред. И. А. Шильникова, М. И. Акановой. – М.: Агроконсалт, 2002. – С. 11-18.
7. А*кімов В. І.* Проблема накопичення та утилізації непридатних до використання пестицидів у Полтавській області / В. І. Акімов, М. І. Андрусенко, Ю. С. Голік // Світ довкілля. – 2005. – № 5. – С. 12-13.
8. *Алекин О. А.* Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 444 с.
9. *Алексахин Р. М.* Радиоактивное загрязнение почв как тип их деградации / Р. М. Алексахин // Почвоведение. – 2009. – № 12. – С. 1487-1498.
10. *Алексахин Р. М.* Рекомендации по ведению растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях России / Р. М. Алексахин. – М., 1997. – 115 с.
11. *Алиев С. А.* Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества / С. А. Алиев. – Баку: Изд-во ЭЛМ, 1978. – 112 с.
12. *Андреюк Е. И.* Основы экологии почвенных микроорганизмов / Е. И. Андреюк, Е. В. Валагурова. – Киев: Наук. думка. – 1992. – 118 с.
13. *Андреюк Е. И.* Цианобактерии / Е. И. Андреюк, Ж. П. Коптева ,

В. В. Занина. – К.: Наукова думка, 1990. – 200 с.
14. *Андреюк К. І.* Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К. І. Андреюк, Г. О. Іутинська, А. Ф. Антипчук. – К.: Обереги, 2001. – 240 с.
15. *Аристовская Т. В.* Микробиология процессов почвообразования / Т. В. Аристовская. – Л., 1980. – 186 с.
16. Атлас. Україна. Радіоактивне забруднення / розроблено ТОВ „Інтелектуальні системи ГЕО" на замовлення МНС України. – К., 2008. – 52 с.
17. *Бабіч Т. В*. Лектинсинтезуюча здатність дріжджів, ізольованих з різних природних джерел: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.07 / Т. В. Бабіч. – К., 2003. – 17 с.
18. *Бабьева И. П.* Биология почв / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. – 248 с.
19. *Баер Г.* Энергия, эксергия, анергия / Г. Баер // В кн. Энергия и эксергия / под ред. В. М. Бродянского; пер. с нем. В. Н.Калинина. − М.: Мир, 1968. − С. 11-27.
20. *Бакулин М.К.* Использование перфторуглеродов для интенсификации процессов микробной деградации ксенобиотиков на примере нефти и нефтепродуктов / М. К. Бакулин, Е. В. Чеботарев, А. С. Кучеренко // Биомедицинский журнал. – 2004. – Т. 5. – С. 231-234.
21. *Бацула А.А.* Трансформация гумусовых кислот черноземов Левобережной Лесостепи УССР при применении различных форм удобрений / А. А. Бацула, Т. Ф. Кравец // Почвоведение. – 1992. – № 1. – С. 138.
22. *Безель В.* С. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок / В. С. Безель, В. Ф. Кряжемский, Л. Ф. Семериков. – Экология. – 1992. – № 2. – С. 3 – 11.
23. Біологічний азот: Монографія */ В. П. Патика, С. Я. Коць, В. В. Волкогон* [та ін.]; за ред. В. П. Патики. – К.: Світ, 2003. – 424 с.
24. *Бобров А. А.* К понятию микроареала у почвенных раковинных амеб / А. А. Бобров // Изв. РАН. Сер. Биология – 2003. – №1. – С. 101-109.
25. *Будыко М. Г.* Глобальная экология / М. Г. Будыко .– М.: Мысль, 1977. – 426 с.
26. *Булавко Г. И.* Влияние свинца на микрофлору дерново-подзолистой почвы и чернозема выщелоченного / Г. И. Булавко, Н. Н. Наплекова // Изв. СО АН СССР. Сер. Биол. науки. – 1984. - №18/3. – С. 36-39.
27. *Булаткин Г.А.* Энергетическая эффективность земледелия и агроэкосистем: взаимосвязи и противоречия. / Г. А. Булаткин, В В. Ларионов // Агрохимия. – 1997. – №3. – С. 63-66.
28. *Вадюнина А. Ф.* Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.:

Агропромиздат, 1986. – 416 с.
29. *Валерко Р. А.* Вплив комплексного забруднення важкими металами на екологічні функції дерново-підзолистого ґрунту / Р. А. Валерко, Т. М. Мислива // Вісн. ДАУ. – 2007. – № 1. – С. 362-377.
30. *Валерко Р. А.* Забруднення важкими металами ґрунтового покриву і фітоценозів на території м. Житомира та прилеглих до нього агроекосистем / Р. А. Валерко // Вісн. ДАЕУ. – 2008. - № 1. – С. 356-366.
31. *Валерко Р. А.* Комплексное влияние тяжелых металлов на микрофлору дерново-подзолистой почвы / Р. А. Валерко, Т. Н. Мыслыва // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы IV междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, (12-15 марта 2007 г.) – Брянск. – 2007. – С. 86-91.
32. *Вальков В. Ф.* Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микроскопические грибы и *Azotobacter* чернозема обыкновенного / В. Ф. Вальков, С. И. Колесников, К. Ш. Казеев // Экология. – 1997. – № 5. – С. 388-390.
33. Ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС на період 1999 – 2002 рр.: метод. рек. / УНДІ с.-г. радіології. – К., 1998. – 104 с.
34. *Вернадский В. И* Труды по биогеохимии и геохимии почв / В. И. Вернадский. – М.: Наука, 1992. – 435 с.
35. *Вернадский В. И.* Биосфера / В. И. Вернадский. – М.: Мысль, 1967. – 376 с.
36. *Вернадский В. И.* История природных вод. Избр. соч. / В. И. Вернадский. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – Т. IV, кн. 2. – 652 с.
37. *Вернадский В. И.* О количественном учете химического атомного состава биосферы. (Предварительный оттиск) / В. И. Вернадский – М., 1940. – 32 с.
38. *Вернадский В. И.* Об анализе почв с биохимической точки зрения / В. И. Вернадский // Почвоведение. – 1936. – № 1. – С. 5-14.
39. *Вернадский В. И.* Об участии живого вещества в создании почв / В. И. Вернадский // В кн. В. И. Вернадский: Жизнь и деятельность на Украине. – 2-е изд. – К.:, Наук. думка, 1988. – 366 с.
40. *Вернадский В.И.* Живое вещество / В. И. Вернадский. – М.: Наука, 1978. – 358 с.
41. *Ветрова А .А.* Ремедиация нефтезагрязненных почв и грунтов ассоциацией плазмидосодержащих штаммов [Электронный ресурс] / А. А. Ветрова, А. А. Овчинникова. – Режим доступа: http://shmain.ru/nauchnye-stati.

42. *Вильямс В. Р.* Почвоведение. Общее земледелие с основами почвоведения / В. Р. Вильямс. – М.: Сельхозгиз, 1936. – 648 с.
43. *Вильямс В. Р.* Собрание сочинений в 12-ти т. / В. Р. Вильямс. – Т. 3. Земледелие. – М.: Гос. изд-во с.-х. литературы, 1949. – 568 с.
44. *Виноградов А. П.* К химическому познанию биосферы / А. П. Виноградов // Почвоведение. – 1945. – № 7. – С. 3-12.
45. *Виноградов Б. В.* Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов / Б. В. Виноградов. – М.: Высш. школа, 1964. – 328 с.
46. *Виноградский С. Н.* Микробиология почвы. Проблемы и методы / С. Н. Виноградский. – М.: Изд-во АН СССР, 1982. – 286 с.
47. *Висич В. А.* Сообщества почвенных водорослей территорий города Кирова [Електронний ресурс] / В. А. Висич. – Режим доступу: www.lomonosov-msu.ru.
48. Влияние дождевых червей на почвообразование [Электронный ресурс]. – Режим доступу: www.geographer.ru.
49. Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: материалы II все рос. конф., (Сыктывкар, 5-9 октября 2009 г.) [Электронный ресурс]. – Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. - 362 с. – Режим доступа: http://ib.komisc.ru.
50. Водоросли: Справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк [и др.] – К.: Наук. думка, 1989. – 608 с.
51. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / І. Ю. Костіков, П. О. Романенко, Е. М. Демченко [та ін.] – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
52. *Волкогон В. В.* Азотфиксирующая бактерия *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) в почве, ризосфере и ризоплане сельскохозяйственных растений / В. В. Волкогон // Микробиол. журн. – 1984. - №1. – С. 6-9.
53. *Волкогон В. В.* Специфичность взаимодействия бактерий рода *Azospirillum* со злаковыми травами / В. В. Волкогон, В. Г. Меняйло, С. В. Лемешко // Микробиол. журн. – 1995. - №3. – С. 9-15.
54. *Волобуев В. Р* Введение в энергетику почвообразования / В. Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 128 с.
55. *Волобуев В. Р.* Система почв мира / В. Р. Волобуев. – Баку: Эми, 1973. – 308 с.
56. *Волобуев В. Р.* Экология почв (Очерки) / В. Р. Волобуев. – Баку: Изд-во акад. наук АзССР, 1963. – 260 с.
57. *Вольвач Ф. В.* Водно-почвенная миграция углерода в ландшафте переходной зоны леса к степи / Ф. В. Вольвач // Физическая география и геоморфология. – 1979. – № 20. – С. 24-29.

58. *Вольвач Ф. В.* Вуглець як складовий елемент балансу речовини в ландшафтах / Ф. В. Вольвач // Геохімія ландшафтів. – К.: Наук. думка, 1974. – С. 85-71.
59. *Вольвач Ф. В.* Комментарии к работе В. И. Вернадского „Об участии живого вещества в создании почв”/ Ф. В. Вольвач // В. И. Вернадский: жизнь и деятельность на Украине. – К.: Наук. думка, 1988. – С.228-246.
60. *Вольвач Ф.* В. Режим CO_2 і баланс вуглецю в екосистемах Лісостепу / Ф. В. Вольвач // Дослідження обміну речовин в екосистемах рівнинної частини України. – К.: Наук. думка, 1973. – С.28-36.
61. *Вольвач Ф. В.* Миграционные формы элементов в лизиметрических растворах из алювиально-луговой почвы / Ф. В. Вольвач, Н. Д. Чернай // Физическая география и геоморфология. – 1981. – № 8. – 34-37.
62. *Гаррелс М. Р*. Растворы, минералы, равновесия [Електоронний ресурс] / Р. М. Гаррелс, Ч. Л. Крайст. – М.: Мир, 1968. – Режим доступу: http://twt.mpei.ac.ru.
63. Гидрофизические свойства и биологическая активность копролитов дождевых червей разных эколого-трофических групп [Электронный ресурс] / А. В. Прусак, А. В. Смагин, Н. В. Костина [и др.] // Фундаментальные исследования – 2008/ – №2. – Режим доступа: www.rae.ru.
64. *Гиляров М. С.* Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых / М. С. Гиляров. – М-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – 280 с.
65. *Гиляров М. С.* Экологический метод диагностики почв / М. С. Гиляров. – М.: Наука, 1965. – 268 с.
66. *Глазовская М. А.* Геохимические функции микроорганизмов / М. А. Глазовская, Н. Г. Добровольская. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 152 с.
67. *Голлербах М. М.* Почвенные водоросли / М. М. Голлербах, Э. А. Штина. – Л.: Наука, 1969. –- 228 с.
68. *Горбань В. А.* Зв’язок водопроникності ґрунтів з іншими їхніми фізичними властивостями у лісових угрупованнях Присамар’я / В. А. Горбань // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біологічна. – 2007. – Вип. 43. – С. 161-165.
69. *Горбань В. А.* Фізичний стан ґрунтів як екологічний фактор / В. А. Горбань // Ґрунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 3-4. – С. 102-111.
70. *Горбань В. А.* Співвідношення екологічних функцій ґрунтів та їх екологічних властивостей / В.А. Горбань // Ґрунтознавство. – 2008. – Т. 9, № 1-2. – С. 124-127.
71. *Горін М. О.* Екологічне ґрунтознавство: тексти лекцій / М. О. Горін. – Харків: Вид-во ХНАУ, 2005. – 104 с.

72. *Горохова Е. М.* Особенности становления терминосистемы „экология почвы” в английском и русском языках : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. филолог. наук: спец. 10.02.20 „Сравнительно-типологическое и историческое языковедение” / Е. М. Горохова. – М., 2007. – 24 с.
73. *Горшков В.В. Горшков В.Г.* . Информация в живой и неживой природе / В. В. Горшков, В. Г. Горшков // Екологія – 2002. – №3 – С 163-169.
74. *Гришина Л. Г.* Влияние промышленного загрязнения на органическое вещество почв / Л. Г. Гришина, М. И. Макаров, И. В. Сапегина // Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв / под ред. Л. А. Гришиной. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1990. – С. 95-137.
75. *Гришина Л. Г.* Изменение свойств почв в условиях промышленного загрязнения / Л. Г. Гришина, М. И. Макаров, Н. П. Недбаев // Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1990. – С. 22-64.
76. *Гродзинский А. М.* Аллелопатическое почвоутомление / А. М. Гродзинский. – К.: Наук. думка, 1979. – 162 с.
77. *Гродзинский А. М.* Аллелопатия в жизни растений и их сообществ / А. М. Гродзинский. – К.: Наук. думка, 1979. – 247 с.
78. *Гродзинский Д. М.* Естественная радиоактивность почв и растений / Д. М. Гродзинский. – К.: Наук. думка, 1965. – 212 с.
79. *Гродзинський А. М.* Основи хімічної взаємодії рослин / А. М. Гродзинський. – К.: Наук. думка, 1973. – 205 с.
80. *Гродзинський М. Д., Шищенко П. Г* Ландшафтно-экологический анализ в мелиоративном природопользовании / Д. М. Гродзинський, П. Г. Шищенко – К., 1993. – 223 с.
81. Ґрунтові водорості лісів Українського Полісся: Аавтореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.05 / Е.М. Демченко; НАН України. Ін-т ботаніки ім. М. Г. Холодного. – К., 1998. – 20 с.
82. *Гузев В.С.* Структура инициированного микробного сообщества как интегральный метод оценки микробиологического состояния почвы / В. С. Гузев, Н. Г. Бондаренко, Б. А. Бызов // Микробиология. – 1980. – Вып. 1, Т. XLIX. – С. 134-139.
83. *Дажо Р.* Основы экологии / Р. Дажо. – Пер. с франц. В. И. Назарова. – М.: Прогресс, 1975. – 415 с.
84. *Дарієнко Т. М.* Ґрунтові водорості заповідників Гірського Криму: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.05 / Т. М. Дарієнко; НАН України. Ін-т ботаніки ім. М. Г. Холодного. – К., 2000. – 20 с.

85. Двадцять років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Нац. доп. України / МНС України. – К.: Атіка, 2006. – 224 с.
86. *Дегодюк Е. Г.* Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е. Г. Дегодюк, В. Ф. Сайко, Н. С. Корнійчук. - К. : Урожай, 1992. – 320 с.
87. *Дергачева М. И.* Экология почв: итоги, проблемы, перспективы / М. И. Дергачева // Известия Уральского гос. ун-та. – 2002. – № 23. – С. 53-61.
88. *Дергачева М. И.* Экология почв: становление новой науки биосферного класса / М. И. Дергачева // Сибирский экологический журнал. – 2009. – № 1. – С. 143-150.
89. Десять лет после аварии на Чернобыльской АЭС: Нац. докл. Украины / К.: Минчернобыль, 1996. – 183 с.
90. *Джерард А. Дж.* Почвы и формы рельефа: пер. с англ. / А. Дж. Джерард; под ред. Ю. П. Селивестрова. – Л.: Недра, 1984. – 368 с.
91. *Джефферс Дж.* Введение в системный анализ: применение в экологии / Дж. Джефферс. – пер. с англ. Д. О. Логофета. – М.: Мир, 1981. – 252 с.
92. *Димо В. Н.* Зонально-провинциальные особенности температуры почв СССР и классификация температурного режима / В. Н. Димо // Тепловой и водный режим почв СССР: докл. к IX Междунар. конгрессу почвоведов. – М.: Наука, 1968. – С. 24-46.
93. *Димо В. Н.* Тепловой режим почв СССР / В. Н. Димо.– М.: Колос, 1972. – 360 с.
94. *Димо В. Н.* Тепловой и водный режим почв СССР / В. Н. Димо, А. А. Роде // Тепловой и водный режим почв СССР: докл. к IX Междунар. конгрессу почвоведов. – М.: Наука, 1968. – С. 47 - 58.
95. *Дмитриев Е. А.* Экологические аспекты почвенных режимов / Е. А. Дмитриев // Почвоведение. – 1997. – № 7. – С. 831-839.
96. *Добровольский Г. В.* Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / Г. В. Добровольский , И. П. Бабьева, Л. Г.Богатырев; Отв. ред Г. В. Добровольский. – М.: Наука, 2003. – 364 с.
97. *Добровольский Г. В.* Экологические функции почвы / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М.: МГУ, 1986. – 136 с.
98. *Добровольский Г. В.* Экология почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 476 с.
99. *Добровольский Г.В.* Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв) / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М. : Наука, 1990. – 261 с.

100. *Добровольский Г. В.* Деградация почв – „тихий кризис планеты” / Г. В. Добровольский, Г. С. Куст // Природа. – 1996. – № 10. – С. 53-63.
101. Довідник для радіологічних служб Мінсільгосппроду України / Мінагрополітики України. – К.: УкрНДІСГР, 1997. – 196 с.
102. *Докучаев В. В.* Доклад о принципах естественной классификации почв. – Преобразование природы степей. Работы по исследованию почв и оценке земель, учение о зональности и классификации почв // Сочинения. – М; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. – Т. 6. – 505 с.
103. *Докучаев В. В.* Русский чернозем / В. В. Докучаев. – М; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Т. 3. – 624 с.
104. *Евдокимова Г. А.* Биологическая активность почв в условиях аэротехногенного загрязнения на Крайнем Севере / Г. А. Евдокимова, Е. Е. Кислых, Н. П. Мозгова. – Л.: Наука, 1984. – 120 с.
105. *Елпатьевский П.В*. Эколого-геохимические принципы установления ПДК тяжелых металлов в почве / П. В. Елпатьевский // Химия в сел. хоз-ве. – 1982. – №3. – С. 10-11.
106. Життя рослин: у 6-ти т. / гол. ред. А. Федоров. – Водорості. Лишайники / під ред. М. М. Голлербаха. М.: Освіта, 1977. – Т. 3. – 487 с.
107. *Жовинский Э. Я*. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева. – К. : Наук. думка, 2002. – 214 с.
108. *Загуральская Л. М.* Воздействие промышленных загрязнений на микробиологические процессы в почвах бореальных лесов района Костомукши / Л. М. Загуральская, С. С. Зябченко // Почвоведение. – 1994. - № 5. – С. 105-110.
109. *Заславский М. Н.* Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия / М. Н. Заславский. – М.: Высш. школа, 1987. – 375 с.
110. *Звягинцев Д. Г*. Почва и микроорганизмы / Д. Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
111. *Зенова Г. М.* Аэробные и микроаэрофильные актиномицеты агроторфяной и торфяной типичных почв / Г. М. Зенова, А. А. Грядунова, А. И. Поздняков // Почвоведение. – 2008. – №2. – С. 235-240.
112. *Злобин Ю. А*. Агроэкология: круг проблем и перспективы Ю. А. Злобин, Б. М. Миркин // Биологические науки. – 1992. – № 1. – С. 5-18.
113. *Зонн С. В.* Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв / С. В. Зонн, А. П. Травлеев. – К.: Наук. думка, 1989. – 216 с.

114. *Зонн С. В.* Почва как компонент лесного биогеоценоза / С. В. Зонн // Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – С. 372-457.
115. *Зонн С. В*. Современные проблемы генезиса и географии почв / С. В. Зонн. – М.: Наука, 1983. – 168 с.
116. *Зырин Н. Г.* Действие тяжелых металлов на ферментативную активность почв / Н. Г. Зырин, Н. В. Раськова, Г. В. Платонов // Мелиорация, использование и охрана почв Нечерноземной зоны : тез. докл. Всесоюз. конф., (24-26 дек. 1980 г.). – М.: Изд-во МГУ, 1980. – С. 186.
117. *Игнатовец О. С.* Механизм деградации прометрина бактериями рода Pseudomonas / О. С. Игнатовец, В. Н. Леонтьев // дакл. Нац. акад. навук Беларусі. – Мінск, 2008. – Т. 52. – №3. – С. 82-86.
118. Известкование кислых почв / Под ред. Н. С. Авдонина, А. В. Петербурского, С. Г. Шедерова. – М.: Колос, 1976. – 304 с.
119. *Ильин В. Б.* О нормировании тяжелых металлов в почве / В. Б. Ильин // Почвоведение. – 1986. - №9. – С. 90-98.
120. *Кабата-Пендиас А.* Микроэлементы в почвах и растениях; пер. с англ. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
121. *Кабиров Р. Р*. Роль почвенных водорослей в антропогенных экосистемах / Р. Р. Кабиров // Фундаментальные исследования. – 2004. – №6. – С. 22-25.
122. *Кант Г.* Биологическое растениеводство: возможности биологических агроэкосистем / Г. Кант. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 3-44.
123. *Кант Г.* Земледелие без плуга / Г. Кант. – пер. с нем. Е. И. Кошкина. – М.: Колос, 1980. – 246 с.
124. *Карпачевский Л. О.* Лес и лесные почвы / Л. О. Карпачевский. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 264 с.
125. *Карпачевский Л.*О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 184 с.
126. *Карпачевский Л.*О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М.: ГЕОС, 2005. – 336 с.
127. *Кирюшин В. И.* Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия В. И. Кирюшин. – Пущино, 1993. – 64 с.
128. *Кирюшин В. И.* Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах / В. И. Кирюшин, Н. Ф. Ганжара, И. С. Кауричев. – М.: Изд-во МСХА, 1993. – 97 с.
129. *Кирюшин В. И.* Экологизация земледелия и техническая политика / В. И. Кирюшин. – М.: Изд-во ТСХА, 2000. – 473 с.
130. *Климат* Украины / под ред. Г.Ф. Прихотько. - Л.: Гидрометеоиздат, 1967. – 413 с.

131. *Ковалевский А. Л.* Биогеохимия растений / А. Л. Ковалевский. – Новосибирск: Наука, 1991. – 288 с.
132. *Коваль Г. Н.* Динамика параметров радиоэкологической ситуации в г Киеве до и после аварии на ЧАЭС / Г. Н. Коваль, Е. В. Сваричевская, И. П. Дрозд // Доп. НАН України. – 1994. – № 1. – С. 114-119.
133. *Ковальский В. В.* Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 297 с.
134. *Ковальчук Г. В.* Зоологія з основами екології / Г. В. Ковальчук. – 2-ге вид., випр. та доп. – Суми: ВТД „Університетська книга", 2007. – 615 с.
135. *Ковда В. А.* Проблемы защиты почвенного покрова, окружающей среды и земледелия / В. А. Ковда. – Пущино: Научн. центр биологических исследований, 1989. – 154 с.
136. *Ковда В. А.* Экологический мониторинг: концепция, принципы организации. Региональный экологический мониторинг / В. А. Ковда, А. С. Корженцев. – М.: Наука, 1983. – С. 7-14.
137. *Ковда В. А*. Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1985. – 262 с.
138. *Ковда В .А.* Живое вещество, биосфера и почвенный покров планеты / В. А. Ковда // Почвоведение. – 1991. – № 6. – С. 5 - 14.
139. *Ковда В. А.* Основы учения о почвах / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – Т. 1-2. – 426 с.
140. *Ковда В. А*. Роль и функции почвенного покрова в биосфере Земли / В. А. Ковда. – Пущино: ОНТИ НЦБИ, 1985. – 10 с.
141. *Козин В. К.* Запас энергии в гумусе как критерий для бонитировки почв / В. К. Козин // Почвоведение. – 1990. – № 3. – С. 153-155.
142. *Колесников С. И.* Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробные сообщества чернозема / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков // Почвоведение. - 1999. - № 4. – С. 506-511.
143. *Колесников С. И.* Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону : Изд-во КНЦ ВШ, 2000. – 232 с.
144. *Корганова Г. А.* Почвенные раковинные амебы (Protozoa, Testaceae): фауна, экология, принципы организации сообществ: автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра биол. наук / Г. А. Корганова. – М., 1997. – 46 с.
145. *Корженцев А.*С. О разработке экологической концепции в почвоведении / А. С. Корженцев // Почвоведение. – 1995. – № 7. – С. 811-816.
146. *Коржинский С. И.* Северная граница чернозёмно-степной области восточной полосы Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении. I. Введение.

Ботанико-географический очерк Казанской губернии // Тр. Общества естествоиспытателей при Казанском университете. – 1888. – Т. 18, вып. 5. – С. 1-253.
147. *Костіков І. Ю.* Ґрунтові водорості України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук: 03.00.05 / І. Ю. Костіков. – К., 2001. – 36 с.
148. *Костіков І. Ю.* Ботаніка. Водорості та гриби / І. Ю. Костіков, В. В. Джаган, Е. М. Демченко. – 2-ге вид., переробл. – К.: Арістей, 2007. – 476 с.
149. *Костычев П. А.* Почвы черноземной области России / П. А. Костычев. – М.: Госсельхозиздат, 1949. – 240 с.
150. *Красильников Н. А.* Микроорганизмы почвы и высшие растения /Н. А. Красильников. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 212 с.
151. *Крупский Н. К.* Атлас почв Украинской ССР / Н. К. Крупский, Н. И. Полупан. – К.: Урожай, 1979. – 114 с.
152. *Крупский Н. К.* Почвенный покров УССР и его использование / Н. К. Крупский // Агрохимическая характеристика почв СССР. Украинская ССР. – М.: Наука, 1973. – С. 7 - 58.
153. *Ксенофонтова О.Ю., Чиров П.А.* О взаимодействии микроорганизмов и пестицидов в почве О. Ю. Ксенофонтова, П. А. Чиров // Поволжский экологический журнал. – 2005. – №1. – С. 29-35.
154. *Кук Дж. У.* Регулирование плодородия почвы / Дж. У. Кук; пер. с англ. Э. И. Шконде.– М.: Колос, 1970. – 520 с.
155. *Кураева И. В.* Загрязнение почв урбанизированных территорий Украины тяжелыми металлами / И. В. Кураева // Минералогический журнал. – 1997. – Т. 19, № 2. – С. 43-51.
156. *Лактионов Н. И.* Коллоидно-химические исследования гумуса почв как полудисперсной системы / Н. И. Лактионов // Гуминовые удобрения, теория и практика их применения. Ч. 2. – К.: Госсельхзиздат УССР. – 1962. – С. 189-205.
157. *Лактионов Н. И.* Роль обменных катионов в поглощении гумуса почвами: лекция / Н. И. Лактионов – Харьков, 1983. – 28 с.
158. *Левин С. В.* Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту / С. В. Левин, В. С. Гузев, И. В. Асеева // Микроорганизмы и охрана почв. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – С. 5-46.
159. *Либих Ю.* Химия в приложении к земледелию и физиологии / Ю. Либих. – М; Л.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1936. – 406 с.
160. *Литусов Н. В.* Микрофлора окружающей среды и тела человека: учебн. пособие / Н. В. Литусов, А. Г. Сергеев, Ю. В. Григорьева. – Екатеринбург, 2008. – 28 с.

161. *Лютте Х.* Передвижение веществ в растениях / Х. Лютте, Н. Хичинботам. – пер. с англ. Ю. Я. Мазеля и др. – М.: Колос, 1984. – 408 с.
162. *Ляпунов А.М.* Избранные труды. – Л., 1948. – 340 с.
163. *М'якушко В. К.* Сільськогосподарська екологія / В. К. М'якушко, Д. О. Мельничук, Ф. В. Вольвач. – К.: Урожай, 1992. – 264 с.
164. *Мальцева Н .Н.* Азотфиксирующая бактерия *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) в почве, ризосфере и ризоплане сельскохозяйственных растений / Н. Н. Мальцева, В. В. Волкогон // Микробиол. журн. – 1984. – №1. – С. 6-9.
165. *Мамай И. И.* К теории эволюционно-динамических рядов природно-территориальных комплексов / И. И. Мамай // Вестн. Московск. ун-та. Сер. геогр. – 1991. – № 4. – С. 5 -9.
166. *Мамай И. И.* Устойчивость природных территориальных комплексов / И. И. Мамай // Вестник Московск. ун-та. Сер. геогр. – 1993.– №4.– С. 3-10.
167. *Мамыхин С. В.* Математическое моделирование многолетней динамики органического углерода в черноземе типичном агроценозов / С. В. Мамыхин, С. К. Тихомиров // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 98-102.
168. *Малахов С. Г.* О принципах нормирования токсических веществ в почвах / С. Г. Малахов // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1983. – Вып. 35. – С. 11-14.
169. *Медведев В. В.* Преимущества бесплужной обработки почвы не доказаны / В. В. Медведев // Земледелие. – 1993. – № 3. – С. 23-26.
170. *Медведев В. В., Лактионова Т. Н.* Концепция почвенного мониторинга / В. В. Медведев, Т. Н. Лактионова // Вестн. аграр. науки. – 1992. – № 9. – С. 9-12.
171. *Медведев В. В.* Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины/ В. В. Медведев, И. В. Плиско – Харьков: Изд-во „13 типография", 2006. – 386 с.
172. *Медведев В. В.* Мониторинг почв Украины / В. В. Медведев. – Харьков: Антиква, 2002. – 428 с.
173. *Межжерин В. А.* Закон минимума Либиха: возможности его верного прочтения и практического применения / В. А. Межжерин // Экология. – 1994. – № 2. – С. 3-8.
174. *Мельник Л. Г.* Екологічна економіка: підручник/ Л. Г Мельник. – 2-ге вид., випр. і доп. – Суми: ВТД. „Університетська книга", 2003. – 348 с.
175. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. С. М. Рижука, М. В. Лісового, Д. М. Бенцаровського. – К., 2003. – 64 с
176. Методика експрессного определения объемной и удельной активности бета-излучающих нуклидов в воде, продуктах

питания, продукции растениеводства и животноводства методом „прямого” измерения „толстых” проб. – М.: Госагропром СССР, 1987. – 18 с.
177. Методические указания по обследованию почв сельскохозяйственных угодий, продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов. – М.: МСХ РФ, 1995. – 156 с.
178. *Милашенко Н. З.* Агроэкологический мониторинг в интенсивном земледелии / Н. З. Милашенко Г. В. Добровольский, Д. С. Орлов // Вестн. с.-х. науки. – 1988. – С. 9-18.
179. *Минеев В. Г.* Состояние и перспективы применения минеральных удобрений в мировом и отечественном земледелии / В. Г. Минеев, Л. А. Бычкова // Агрохимия. – 2003. – №8. – С. 5-12.
180. *Минеев В. Г.* Экологические проблемы агрохимии / В. Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 128 с.
181. *Минеев В.* Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В. Минеев, Б. Добрени, Т. Мазур. – М.: Колос, 1993. – 416 с.
182. *Миркин Б. М.* Управление в агроэкосистеме / Б. М. Миркин, Я. Т. Суюндуков, Р. М. Хазиахметов // Экология. – 2002. – №4. – С. 103-107.
183. *Мирчинк Т. Г.* Почвенная микология / Т. Г. Мирчинк. – М.: Изд.- во МГУ, 1976. – 206 с.
184. *Мислива Т. М.* Агроекологічний моніторинг рослинницької продукції з присадибних ділянок Поліської та Лісостепової частин Житомирської області / Т. М. Мислива, Ю. А. Білявський // Вісн. ДАУ. – 2005. – № 2. – С. 57 – 61.
185. *Мислива Т. М.* Важкі метали в лісоаграрних ландшафтах Житомирського Полісся / Т. М. Мислива, В. А. Трембіцький, Л. Л. Довбиш // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2006. – Спец. вип. – С 260-263.
186. *Мислива Т. М.* Важкі метали в урбоедафотопах і фітоценозах на території м. Житомира / Т. М. Мислива, Л. О. Онопрієнко // Вісн. ХНАУ. – 2009. – №2. – С. 134-142.
187. *Мислива Т. М*. Основи моніторингу довкілля / Т. М. Мислива, М. Й. Долгілевич. – Житомир: Вид-во ДВНЗ „Держ. агроекол. ун-т”, 2007. – 376 с.
188. *Мислива Т. М.* Проблеми нормування важких металів у грунті / Т. М. Мислива // Вісн. ХНАУ. – 2008. – №4. – С. 155-161.
189. *Михайловський Л. В.* Макроміцети Полісся Украини (визначник) / Л. В. Михайловський. – Івано-Франківськ: СПД Михайлевська А.О., 2010 – 656 с.

190. *Мицкевич Б. Ф.* Геохимические ландшафты Украинского щита / Б. Ф. Мицкевич. – К.: Наук. думка, 1971. – 174 с.
191. *Мишустин Е. Н.* Микроорганизмы и плодородие почвы / Е. Н. Мишустин. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 247 с.
192. *Мишустин Е. Н.* Почвенные азотфиксирующие бактерии рода *Clostridium* / Е. Н. Мишустин, В. Т. Емцев. – М.: Наука, 1974. – 250 с.
193. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского Ополья / под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. – М.: Агроконсалт, 2004. – 456 с.
194. *Моисеев Н. Н.* Историческое развитие и экологическое образование / Н. Н. Моисеев. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1995. – 54 с.
195. *Мотузова Г. В.* Принципы и методы почвенно-химического мониторинга / Г. В. Мотузова. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 99 с.
196. *Мотузова Г. В.* Природа буферности почв к внешним химическим воздействиям / Г. В. Мотузова // Почвоведение. – 1994. – №4. – С. 46-52.
197. *Мотузова Г. В.* Почвенно-химический мониторинг фоновых территорий / Г. В. Мотузова, Е.А. Карпов, М. С. Малинина. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 88 с.
198. *Мухитова М. Э.* Сравнительная оценка биотрансформации органических отходов видами семейства *Lumbricidae*: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 „Экология” / М. Э. Мухитова. – Ульяновск, 2009. – 22 с.
199. *Мыслыва Т. Н.* Трансформация экологических функций дерново-подзолистой почвы, загрязненной тяжелыми металлами / Т. Н. Мыслыва, Р. А. Валерко, Ю. А. Белявский // Актуальные вопросы сельского хозяйства : межвуз. сб. науч. тр. – Калининград : Изд-во ФГОУ ВПО „КГТУ”, 2007. – С. 46-54.
200. *Мякушко В. К.* Экология сосновых лесов / В. К. Мякушко, Ф. В. Вольвач, П. Г. Плюта. – К.: Урожай, 1989. – 46 с.
201. *Надточій П. П.* Запаси енергії в гумусі дерново-підзолистого ґрунту в залежності від систематичного внесення добрив / П. П. Надточій // Вісн. Держ. агроеколог. ун-ту. – 2005. – № 2. – С. 292-297.
202. *Надточий П. П.* Опыт составления картограмм кислотно-основной буферности почв / П. П. Надточий // Агрохимия, 1996, № 4. – С. 34-39.
203. *Надточий П. П.* Определение кислотно-основной буферности почв / П. П. Надточий // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 34-39.

204. *Надточий П. П.* Модель круговорота углерода и критерии устойчивости системы фитоценоз-гумусовые вещества почвы / П. П. Надточий, Ф. В. Вольвач // Доклады АН Украины. – 1993. – № 8. – С. 165-171.
205. *Надточий П. П.* Кислотно-основная буферность - критерий агроэкологического состояния почв / П. П. Надточий // Почвоведение. – 1998. – № 10. – С. 18-24.
206. *Надточий П. П.* Объективные критерии для целей почвенного мониторинга / П. П. Надточий // Доклады НАН Украины. – 1995. – № 1. – С. 110-112.
207. *Надточий П. П.* Управление плодородием почв Лесостепи Украины в условиях экологического кризиса / П. П. Надточий // Вісн. аграрн. науки. – 1996. – № 11. – С. 10-14.
208. *Надточий П. П.* Екологія грунту та його забруднення / П. П. Надточій, Ф. В. Вольвач, В. Г. Гермашенко. – К.: Аграр. наука, 1997. – 286 с.
209. *Надточий П. П.* Кальций в почвенном покрове агроценозов Житомирского Полесья / П. П. Надточий, В. А. Трембицкий, С. В. Бобрусь // Екологія: проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства: доп. учасн. міжнар. конф., 16-18 червня 2005 р. – Житомир, 2005. – С. 121-130.
210. *Надточій П. П.* Агроекологічний моніторинг присадибних ділянок на радіонуклідно забруднених територіях Житомирської області / П. П. Надточій, Т. М. Мислива, В. А. Трембіцький // Таврійський наук. вісн. – 2004. – Вип. 31. – С. 87-93.
211. *Надточій П. П.* Досвід подолання наслідків Чорнобильської катастрофи (сільське та лісове господарство) / П. П. Надточій, А. С. Малиновський, А. О. Можар; за ред. П. П. Надточія. – К.: Світ, 2003. – 372 с.
212. *Надточій П. П.* Екологія грунту як науковий напрям у ґрунтознавстві і фахова дисципліна для підготовки екологів / П. П. Надточій, Т. М. Мислива // Вісн. ЖНАЕУ. – 2010. – №2. – С. 12-21.
213. *Надточий П. П.* Моделирование солевого режима красных ферсиаллитных почв Ливии / П. П. Надточий // Применение математических методов в почвоведении, агрохимии и земледелии: тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. – Барнаул, 1992. – С. 37.
214. *Надточій П. П.* Плутоній і америцій в навколишньому середовищі (аналітичний огляд) / П. П. Надточій, О. О. Орлов // Вісник ДАУ. – 2005. – №1. – С. 3-29.
215. *Надточій П. П.* Кислотно-основна буферність і проблема вапнування кислих ґрунтів Полісся: актуальні питання агроекології / П. П. Надточій, В. А. Трембіцький // Вісник ДАУ. – 2003. – № 2. – С. 3-17.

216. *Назаров Г. В.* Зональные особенности водопроницаемости почв СССР / Г. В. Назаров. – Л.: Изд. Ленингр. ун-та, 1970. – 184 с.
217. Наказ Державного комітету України по земельних ресурсах № 175 від 17.10.2002.р. „Про порядок консервації земель" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www. dkzr. gov.ua.
218. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році [Електронний ресурс]. – Міністерство охорони навколишнього природного середовища. – Режим доступу: www.menr.gov.ua.
219. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році / МНС України. – К.: ДП „Агенство інформації, міжнар. співробітництва та розвитку „Чорнобильінтерінформ", 2004. – 435 с.
220. *Небольсин А. Н.* Известкование – средство коренного улучшения кислых почв / А. Н. Небольсин. – Л.: Лениздат, 1979. – 133 с.
221. Неметалічні корисні копалини / Д. С. Гурський, К. Е. Єсипчук, В. І. Калінін [та ін.] – К.–Львів: Вид-во „Центр Европи", 2006. – 552 с.
222. *Нерпин С. В.* Энерго- и массообмен в системе растение-почва-воздух / С. В. Нерпин, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 358 с.
223. *Никитин Е. Д.* О биогеоценотических функциях почв / Е. Д. Никитин // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Почвоведение. – 1977. – № 4. – С. 3-8.
224. *Никитин Е. Д.* Роль почв в жизни природы / Е. Д. Никитин. – М.: Знание, 1982. – 50 с.
225. *Ничипорович А. А.* Фотосинтез и некоторые принципы применения удобрений как средство оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности растений / А. А. Ничипорович // Агрохимия. – 1971. – № 1. – С. 3-13.
226. *Ничипорович А. А.* Фотосинтез, почва и единая система питания и продуктивность растений: Параметры и модели плодородия почв и продуктивности агроценозов / А. А. Ничипорович. – Пущино, 1985. – 527 с.
227. *Новожилова Е. В.* Порівняльний аналіз переліку пестицидів, дозволених до використання на зернових, в українській і міжнародній практиці [Електронний ресурс] / Е. В. Новожилова, А. А. Білоус; Інформ.-аналіт. агенція „АПК-Інформ" – Режим доступу: www.apk-inform.com.
228. *Одум Ю.* Екологія: в 2-х. т. / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – Т.1. – 328 с.; Т. 2. – 376 с.
229. *Одум Ю.* Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 742 с.

230. *Окорков В. В.* О механизме и эффективности взаимодействия извести с кислыми почвами. / В. В. Окорков // Агрохимия. – 2004. – № 7. – С. 11-21.
231. *Опритов В. А.* Энтропия биосистем / В. А. Опритов // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 6. – С. 3-14.
232. *Орлов Д. С.* Химия почв / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.
233. *Первова Н. Е.* Состав почвенных растворов в подзоне южной тайги / Н. Е. Первова, Т. И. Евдокимова // Почвоведение. – 1984. – №1. – С. 32-39.
234. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні на 2008 рік. – К.: Юнівест Медія. – 2008. – 448 с.
235. *Перельман А. И.* Геохимия: учебн. [для студ. геолог. спец. Вузов] / А. И. Перельман. – 2-е изд. – М.: Высш. школа, 1989. – 528 с.
236. *Пестряков А. М.* Влияние известкования на плодородие темно-серой лесной почвы и продуктивность севооборота / А. М. Пестряков, Г. Д. Рощина, Е. А. Блинкова // Вопросы известкования почв / под ред. И. А. Шильникова, М. И. Акановой. – М.: Агроконсалт, 2002. – С. 156-158.
237. *Погребняк П. С.* Химическая модель водной миграции элементов в почвах горной и равнинной частей Украины / П. С. Погребняк, Ф. В. Вольвач, Е. Ф. Молчанов // Химия почв: материалы VII съезда ВОП СССР. – М.: Наука, 1981. – С. 32 - 41 с.
238. *Погребняк П. С.* Достижения и задачи лесного почвоведения в области плодородия / П. С. Погребняк // Изв. АН СССР. – 1956. – № 5. – С. 118.
239. *Погребняк П. С.* Общее лесоводство / П. С. Погребняк. – М.: Колос, 1968. – 440 с.
240. *Позняк С. П.* Чинники ґрунтознавства / С. П. Позняк, Є. Н. Красєха. – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 400 с.
241. *Полупан М. І.* Теоретичні основи нагромадження гумусу в природних умовах, його еволюція та управління ним в агроценозах / М. І. Полупан, Г. В. Ковальов // Вісн. аграрн. науки. –1997. – № 9. – С. 21-26.
242. *Полынов Б. Б.* Избранные труды / Б. Б. Полынов; под. ред. И. В. Тюрина, А. А. Саукова. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 751 с.
243. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 року №391 „Про затвердження Полження про державну

систему моніторингу довкілля" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua.
244. Почвенные водоросли Биологические особенности почвенных водорослей. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dic.academic.ru.
245. *Прасолов Л. И.* Генезис, география и картография почв / Л. И. Прасолов. – М.: Наука, 1978. – 263 с.
246. *Пригожин И., Стэнгерс И.* Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой: пер. с англ./ И. Пригожин, И. Стэнгерс; общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича, Ю. В. Сачкова. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
247. *Пристер Б. С.* Реабилитация сельскохозяйственных территорий, загрязненных вследствие аварии на ЧАЭС / Б. С. Пристер, Л. В. Перепелятников В. А. Кашпаров // Вісн. аграр. науки. – 2001. – Спец. вип. (квіт.). – С. 69-77.
248. *Пристер Б. С.* Экспресс-методика оценки плотности загрязнения сельскохозяйственных угодий колхозов и совхозов радиоактивными изотопами цезия / Б. С Пристер, Н. А. Лощилов, П. Ф. Бондарь; Госкомгидромет СССР, Госагропром УССР. – М. – К., 1989. – 12 с.
249. *Проблемы деградации,* охраны и восстановление продуктивности сельскохозяйственных земель России / под. ред. Г. А. Романенко. – М.: Изд-во МСХ РФ; РАСХН, 2007. – 74 с.
250. *Прянишников Д. Н.* Агрохимия: учеб. / Д. Н. Прянишников – Изд. 3-е. – М.: Сельхозгиз, 1940. – 644 с.
251. *Прянишников Д. Н.* Азот в жизни растений и в земледелии СССР / Д. Н. Прянишников.– М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – 197 с.
252. *Рейвн П.* Современная ботаника : в 2 т. / П. Рейвн, Р. Эверт, С. Айкхорн; пер. с англ. В. Н. Гладковой [и др.]; под ред. А. Л. Тахтаджяна. - М. : Мир, 1990 - Т. 2. – 344 с.
253. *Реймерс Н. Ф.* Особо охраняемые природные территории / Н. Ф. Реймерс, Ф. Р. Штильмарк. – М.: Мысль, 1978. – 295 с.
254. *Ремезов Н. П* Почвенные коллоиды и поглотительная способность почв / Н. П. Ремезов. – М.: Госсельхозиздат, 1957. – 224 с.
255. *Ризположенский Р. В.* Отчет о почвенных исследованиях в Макарьевском и Кологривском уездах Костромской губернии / Р. В. Ризположенский // Тр. Об-ва естествоиспытателей при Императорском Казанском университете. – 1889. – Т. 21, вып. 4. – 33 с.
256. *Роде А. А.* Основы учения о почвенной влаге А. А. Роде. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – 663 с.
257. *Роде А. А., Смирнов В. Н.* Почвоведение / А. А. Роде, В. Н. Смирнов. – Л.-М.: Высш. шк., 1972. – 480 с.

258. Родючість грунтів: моніторинг та управління / під ред. В. В. Медведєва [та ін.]. –. К.: Урожай, 1992. – 246 с.
259. *Розанов А. Б., Розанов Б. Г.* Экологические последствия антропогенных изменений почв / А. Б. Розанов, Б. Г. Розанов. – М.: ВИНИТИ, 1990. – 153 с.
260. *Розанов Б. Г.* Геомембрана: мембранная функция почвы в планетарной геосферной системе Земли Б. Г. Розанов // Почвоведение. – 1988. – № 7. – С. 54-58.
261. *Руэллан А. О* научных основах почвоведения / А. Руэллан // Почвоведение. – 1997. – № 4. – С. 405-408.
262. *Савич В. И.* Агрономическая оценка кислотно-основного равновесия в почве / В. И. Савич, Е. В. Трубицкая, А. И. Колесов // Известия ТСХА. – 1993. – Вып. 4. – С. 49-63.
263. *Самедов П. А.* Влияние дождевых червей и мокриц на физико-химические и поверхностные свойства почв / П. А. Самедов, Ф. Т. Надиров // Почвоведение. – 1989. – № 8. – С. 109 - 115.
264. *Самчук А. І.* Важкі метали у грунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу / А. І. Самчук, І. В. Кураєва, О. С. Єгоров. – К.: Наук. думка, 2006. – 108 с.
265. *Свентицкий И. И.* Биоклиматическая оценка плодородия геодермы / И. И. Свентицкий // Почвоведение. – 1992. – № 4. – С. 91-100.
266. *Светлосанов В. А.* Устойчивость и стабильность природных экосистем: модельный аспект / В. А. Светлосанов. – М.: ВИНИТИ, 1990. – Т. 8. – 109 с.
267. *Свирежев Ю.М.* Устойчивость биологических сообществ / Ю. М. Свирежев, Д. О. Логофет. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
268. Сельскохозяйственная радиоэкология / под ред. Р. М. Алексахина, Н. А. Корнеева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
269. *Сиренко Н. А., Турло С. И.* Развитие почв и растительности Украины в плиоцене и плейстоцене / Н. А. Сиренко, С. И. Турло. – К., 1986. – 187 с.
270. *Смольянинов И. И.* К проблеме оценки почвенного питания древесных пород и лесных насаждений / И. И. Смольянинов, П. С. Пастернак, Е. В. Рябуха // Питание древесных растений и проблема повышения продуктивности лесов: сб. научн. тр. – Петрозаводск, 1972. – С. 47-74.
271. *Смольянинов И. И., Рябуха Е. В.* Круговорот веществ в природе / И. И. Смольянинов, Е. В. Рябуха – К., 1971. – 119 с.
272. *Соколов И. А.* Теоретические проблемы генетического почвоведения / И. А. Соколов. – Новосибирск, 1993. – С. 5 - 184.
273. *Соколова Т. А.* Химические основы буферности почв / Т. А. Соколова. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 108 с.
274. *Соколовский А.Н.* Почвоведение и агрохимия: изб. тр. / А. Н. Соколовский. – К.: Урожай, 1971. – 368 с.

275. *Сопрунова О. Б.* Штаммы-деструкторы нефтяных углеводородов / О. Б. Сопрунова, М. А. Клюянова // Вестн. Астраханского гос. техн. ун-та. – 2007. – №1. – С. 180-183.
276. *Сочава В. Б.* Геотопология как раздел учения о геосистемах / В. Б. Сочава // Топологические аспекты учения о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 3-86.
277. *Сочава В. Б.* К теории классификации геосистем с наземной жизнью / В. Б. Сочава // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. – 1972. – Вып. 34. – С. 3-14.
278. *Спозито Г.* Термодинамика почвенных растворов / Г. Сочава. – Ленинград: Гидрометеоиздат. – 1984. – 240 с.
279. *Стриганова Б. Р.* Адаптивные стратегии освоения животными почвенного яруса / Б. Р. Стриганова // Почвоведение. – 1996. – №6. – С. 714-721.
280. *Стройванс Л. Т.* Вапнування як чинник ефективності використання осушених радіактивно забруднених земель / Л. Т. Стройванс, Г. А. Кучер // Проблеми сільськогосподарської радіології: 17 років після аварії на Чорнобильській АЕС: доп. учасн. четвертої міжнар. наук.-практ. конф., 19-21 черв. 2003 р. – Житомир, 2003. – С. 45-48.
281. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / [Г. В. Добровольский, И. П. Бабьева, Л. Г. Богатырев и др.] / отв. ред. Г. В. Добровольский. – М.: Наука, 2003. – 364 с.
282. *Тарарико Ю. А.* Формирование устойчивых агроэкосистем / Ю. А. Тарарико. – К.: ДИА, 2007. – 560 с.
283. *Таширов А. Б.* Теоретические аспекты взаимодействия микроорганизмов с металлами: Микробная аккумуляция металлов, обусловленная их стереохимической аналогией с макроэлементами / А. Б. Таширов // Микробиол. журн. – 1994. – №6. – С. 89-100.
284. *Тейт Р. Ш.* Органическое вещество почвы / Р. Ш. Тейт. – М.: Мир, 1991. – 156 с.
285. *Терехова В. А.* Биоиндикационное значение микромицетов в экологической оценке водных и наземных экосистем : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра биол. наук : 03.00.24, 03.00.16. / В. А. Терехова. – Москва, 2004. – 35 с.
286. *Тертична О. В.* Науково-методичне обгрунтування біодеградації пестицидів ґрунтовими мікроорганізмами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.16 / О. В. Тертична. – К., 2006. – 19 с.
287. *Титлянова А. А.* Режимы биологического круговорота / А. А. Титлянова, М. И. Тесаржева. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 1991. – 150 с.
288. *Титлянова А. А.* Продукционный процесс в агроценозах / А. А. Титлянова, Н. А. Тихомирова, Н. Г. Шатохина. – Новосибирск:

Наука. – Сибирское отделение, 1982. – 184 с.
289. *Тихоненко Д. Г* Ноосферологія – наука про виживання та майбутнє людства / Д. Г. Тихоненко // Вісн. ХНАУ. – 1999. – № 1. – С. 4-5.
290. *Тихоненко Д. Г.* Історико-термінологічний погляд на класичну спадщину (інформаційне осмислення фундаментальних категорій ґрунтознавства та суміжних дисциплін до 120-х роковин праці „Руський чорнозем" та експедиції В.В. Докучаєва / Д. Г. Тихоненко, М. О. Горін // Вісн. ХНАУ. – 2003. – № 1. – С. 89-97.
291. *Тооминг Х. Г.* Солнечная радиация и формирование урожая Х. Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 200 с.
292. *Трофимов С. Я.* Функциональный подход к исследованию почв: актуальность, проблемы, перспективы / С. Я. Трофимов // Вестн. Моск. ун-та. – Серия 17. Почвоведение. – 1992. – № 3. – С. 3-11.
293. *Трускавецький Р. С*. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції / Р. С. Трускавецький. – Харків: Нове слово, 2003. – 225 с.
294. *Тюрюканов А. Н.* Витасфера Земли / А. Н. Тюрюканов, В. Д. Александрова // Бюл. МОИП. Отд. биол.– 1969.–Т. 74. – № 4. – С. 28-36.
295. *Украинцев А. Д.* Проблемы биологической ремедиации территорий [Электронный ресурс] / А. Д. Украинцев, А. Н. Синицин, Т. К. Крашенников // Сб. докладов I Российского симпозиума по биол. безопасности, 23 октября 2003 г., г. Москва. – Режим доступа: http://www.bio.su.
296. *Умаров М. М.* Особенности трансформации азота в кишечнике и копролитах дождевых червей / М. М. Умаров, Б. Р. Стриганова, Н. В. Костин // Известия Российской академии наук. Сер. биологическая. – 2008. – №6. – С. 746-756.
297. *Уткин А. И.* Об энергетике лесных биогеоценозов / А. И. Уткин // Структурно-функциональная организация биогеоценозов. – М.: Изд-во Наука, 1980. – С. 51-67.
298. *Филонов М. М.* Неутомимый труженик - дождевой червь [Электронный ресурс] / М.М. Филонов. – Режим доступа: www.kartofel.org
299. *Фокин А. Д.* Устойчивость почв и наземных экосистем: подходы к систематизации понятий и оценке / А. Д. Фокин // Известия ТСХА. – 1995. – Вып. 2. – С. 71-85.
300. *Фокин А. Д.* Балансовый подход к проблеме воспроизводства органического вещества в агроэкосистемах / А. Д. Фокин // Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. – М:Изд – во МСХА, 1993. – С. 34-39.
301. *Фокин А. Д.* Методические подходы и рекомендации по оценке главных составляющих гумусового баланса почв / А. Д. Фокин

// Органическое вещество пахотных почв: науч. тр. Почвенного ин – та им. В.В. Докучаева. – М., 1987. – С. 36-44.
302. *Фокин А. Д.* Почва, биосфера и жизнь на Земле / А. Д. Фокин. – М.: Наука, 1986. – 176 с.
303. *Фокин А. Д.* Сельскохозяйственная радиоэкология / А. Д. Фокин, А. А. Лурье, С. П. Торшин. – М.: Дрофа, 2005. – 368 с.
304. *Фрид А. Д.* Системы моделей и плодородия почв / А. Д. Фрид // Плодородие почв: проблемы, исследования, модели. – М., 1995. – С. 37-43.
305. *Черненькова Т. В.* Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение / Т. В. Черненькова. – М: Наука, 2002. – 191 с.
306. Чорнобильська катастрофа / Гол. ред. В. Г. Бар'яхтар – К.: Наук. думка, 1996. – 576 с.
307. *Чудновский А. Ф.* Теплофизика почв / А. Ф. Чудновский. – М,: Наука, 1976. – 352 с.
308. *Шикула М. К.* Охорона грунтів / М. К. Шикула, О. Ф. Ігнатенко, Л. Р. Петренко. – К.: Знання: КОО, 2001. – 398 с.
309. *Шильников И.А., Лебедева Л.А.* Известкование почв / И. А. Шильников, Л. А. Лебедева. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 176 с.
310. *Шишов Л. Л.* Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л. Л. Шишов, Д. Н. Дурманов, И. И. Карманов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 304 с.
311. *Шишов Л. Л.* Критерии и модели плодородия почв / Л. Л. Шишов, И. И. Карманов, Д. Н. Дурманов. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 184 с.
312. *Шищенко П. Г.* Прикладная физическая география / П. Г. Шищенко. – К.: Вища школа, 1988. – 192 с.
313. *Штиканс Ю. А.* Повышение эффективности известкования кислых почв Ю. А. Штиканс. – Ленинград: Колос. Ленинград. отд-е, 1977. – 128 с.
314. *Штина Э. А.* Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М.: Наука, 1976. – 143 с.
315. *Штина Э.А., Панкратова Е.М.* Взаимодействие азотфиксирующих сине-зеленых водорослей с микроорганизмами-спутниками / Э. А. Штина, Е. М. Панкратова // Актуальные проблемы биологии сине-зеленых водорослей. – М.: Наука, 1974. – С. 61-68.
316. *Эвальд Э.* О взаимоотношении исследований в области генезиса и экологии почв (на примере изучения органического вещества) / Э. Эвальд // Почвоведение. – 1972. – № 2. – С. 22-28.
317. Экологическая энциклопедия: [в 4-х т.] / Э.В. Соботович, С.А. Довгий, О.Б. Лысенко. – К.: Логос, 2005. – Т.1: (А-В). – 720 с.

318. Экосистемы в критических состояниях / отв. ред. Ю. Г. Пузаченко. – М.: Наука, 1989. – 157 с.
319. Якість грунтів та сучасні стратегії удобрення / за ред. Д. Мельничука, Дж. Хофман, М. Городнього. – К.: Арістей, 2004. – 448 с.
320. *Ярошинская А. А.* Ядерная энциклопедия / А. А. Ярошинская. – М.: Изд-во „Благотворительный фонд Ярошинской", 1996. – 656 с.
321. *Bothe H.* Transformation of inorganic nitrogen by *Azospirillum sp*. / H. Bothe, B. Klein, M. Stephan // Arch. Microbiol. – 1981. – №2. – P. 96-100.
322. *Collier B. D.* Dynamic Ecology / B. D. Collier, G. W. Cox, A. W. Sohnson. – California. State Univer. San Diego, 1984. – 550 p.
323. Chernobyl consequences for agriculture [S. V. Fesenko, R. M. Alexakhin, M. I. Balonov et. al.] // Nuclear Engineering International. – 2006. – Vol. 51, № 620. – P. 34-37.
324. *Hatchinson G. E.* Nitrogen and biogeochemistry of the atmosphere / G. E. Hatchinson // Amer. Scient.– 1944. – Vol. 32. – p. 178-195.
325. *Hjalmar Uggla* Gleboznawstwo Rolnicze / Uggla Hjalmar. – PWN, Warszawa, 1971. – 557 s.
326. *Jackson R. M.* Antibiosis and fungistasis of soil microorganisms / R. M. Jackson //. Ecology of Soil-borne Plant Pathogens eds. K. **T.** Baker/ – Univ. of California USA, 1965. – p. 363-369.
327. *Kowalik P.* Analiza wplywu melioracji Wodnych na natlenienie gleb Zesz. / P. Kowalik // Nauk. Polit. Gdanskiej. – 1970. – Vol. XV, Nr 165 – S. 3-93.
328. *Kowalik P.* Zarys fizyki gruntow / P. Kowalik // Wyd. Polit. Gdanskiej. – 1973. – 224 s.
329. *MacFadyen.* Soil metabolism in realisation to ecosystem energy flow and to primary and secondary production / *MacFadyen //* Method of Study in Soil Ecology / ed. J. Phillipson. – Paris: UNESCO, 1970. – p. 167–174.
330. *Nevehz, Lieberman A. S.* Landscape Ecology, Theory and Application / Nevehz, A. S. Lieberman. – Berlin: Heidelbergi Tokyo, 1984. – 356 s.
331. *Ovington J. D.* Organic production, turnover and mineral cycling in Woodlands / J. D. Ovington // Biol. Rev. – 1963. – Vol. 40. – P. 295-336.
332. *Phillipson J.* Ecological Energetics. Arnold, 1966. Wyd. polskie: Energetyca ekologiczna. PWN, Warszawa, 1969. –376 s.
333. *Richards B. N.* Introduction to the Soil Ecosystem / B. N. Richards. – London, 1974. – 330 p.
334. *Richards B. N.* Wstap do ekologji gleby / B. N. Richards. – Warszawa, 1979. – s. 326.

335. *Schwertman U.* Protonen buffersubstanzen in Boden / U. Schwertman, P. Susser, L. Natscher // Pflanz. Ernabr. Und Bodenkunde. – 1987. – Bd. 150 (3). – 47-53.
336. *Trojan P*. Ekologia ogolna / P. Trojan. – Warszawa, 1970. – 362 s.
337. *Trojanowski J.* Przemiany Substancji organicznych w glebie / J. Trojanowski. – Warszawa, 1973. – 330 s.
338. *Ulrich B.* Ocologiche Grupnirung von Boden nach Ihrem chemischen Bodenzustand / B. Ulrich // Zischer for Pflanzenernahrung und Bodenkunde. – 1981. – Bd. 44, № 3. – S. 289-305.
339. *Ulrich B.* Production and Consuption of Hydrogen Ions in the Ecospher / B. Ulrich // Effects of Acid Presipitation on Terrstrial Ecosystems / ed. T. C. Hutchinson, M. Havas. // NATO Conf. Series. Ser. 1. Ecology. – 1980. – P. 255-282.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ
Монографія

Надточій Петро Петрович
Мислива Тамара Миколаївна
Вольвач Федір Васильович

ЕКОЛОГІЯ ГРУНТУ

Редактор П. П.Надточій
Комп'ютерна верстка Т. М. Мислива
Обкладинка
Коректор Т. М. Мислива

Підписано до друку 01.06.2010. Формат 60х84/16.
Гарнітура Times. Папір офсетний. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 29,75
Обл.-вид. арк. 29,11. Тираж 500 прим. Замова №2219

Віддруковано у ПП «Рута»

10014, Україна, м. Житомир, вул. Мала Бердичівська, 17а
Свідоцтво про внесення в Державний реєстр
серія ДК №364 від 14.01.2010