

OLES HONCHAR DNIPROPETROVSK NATIONAL UNIVERSITY
«TELEPRESINFORM» AGENCY

WITH THE ASSISTANCE OF:
SCIENTIFIC COUNCIL FOR SOIL SCIENCE ISSUES OF NAS OF UKRAINE
CORDOBA UNIVERSITY (SPAIN)
DNIPROPETROVSK REGIONAL NATURAL CONVERSATION SOCIETY
RESEARCH AND TRAINING CENTER OF O. GONCHAR DNU –
A. L. BELGARD PRYSAMARYA BIOSPHERIC STATION

GRUNTOZNAVSTVO

SOIL SCIENCE

ґРҮНТОЗНАВСТВО

Vol. 15
no. 1–2 (24)

Scientific Journal
Founded in 2001

www.ussj.cv.ua

Kyiv – Dnipropetrovsk
2014

EDITORIAL BOARD:

S. A. Balyuk; N. A. Bilova; A. V. Bogovin (Associate Editor); V. S. Chernyshenko; M. K. Chartko; S. G. Chornyi; V. A. Gorban (Managing Editor); D. M. Grodzinsky; F. Gurbuz; V. I. Kanivets; N. R. Korpeyev; I. V. Kovda; I. A. Mal'tseva; D. O. Mel'nychuk; V. V. Morgun; L. P. Mytsyk; V. A. Nykorych; V. V. Nykyforov; M. J. Opanasenko; V. I. Parpan; V. M. Petrenko (Associate Editor); M. V. Polyakov; S. P. Poznyak; V. G. Radchenko (Associate Editor); J. G. Ray (Associate Editor); J. M. Recio Espejo (Associate Editor); M. S. Rozanova; Yu. R. Shelyag-Sosonko; S. O. Shoba; V. V. Shvartau; Gu Siyu; S. Skiba; O. O. Sozynov; P. C. Srivastava; V. S. Stogniy; K. M. Sytnik (Associate Editor); D. G. Tikhonenko; A. P. Travleyev (Editor-in-Chief); N. N. Tsvetkova; I. Kh. Uzbek; D. G. Zamolodchikov; N. V. Zaymenko; V. M. Zverkovsky.

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

J. G. Ray (Associate Editor); J. M. Recio Espejo (Associate Editor); M. K. Chartko; F. Gurbuz; N. R. Korpeyev; I. V. Kovda; E. Nevo; M. S. Rozanova; S. O. Shoba; Gu Siyu; S. Skiba; P. C. Srivastava; D. G. Zamolodchikov.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **А. П. Травлєєв** (голов. редактор); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. М. Ресіо Есπεжо** (заст. голов. редактора, Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. Г. Рей** (заст. голов. редактора, Індія); акад. НАНУ, д-р біол. наук **К. М. Ситник** (заст. голов. редактора); акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. Г. Радченко** (заст. голов. редактора); д-р біол. наук **А. В. Боговін** (наук. редактор); канд. іст. наук **В. М. Петренко** (наук. редактор); канд. біол. наук **В. А. Горбань** (відп. секретар); акад. НААНУ, д-р с.-г. наук **С. А. Балюк**; д-р біол. наук **Н. А. Білова**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Д. М. Гродзинський**; д-р біол. наук **Gu Siyu** (Китай); д-р біол. наук **F. Gurbuz** (Туреччина); д-р біол. наук **Н. В. Заїменко**; д-р біол. наук **Д. Г. Замолодчиков** (Росія); д-р біол. наук **В. М. Зверковський**; д-р с.-г. наук **В. І. Канівець**; канд. біол. наук **І. В. Ковда** (Росія); акад. АН Туркменістану, д-р біол. наук **Н. Р. Корпєєв** (Туркменістан); д-р біол. наук **І. А. Мальцева**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Д. О. Мельничук**; д-р біол. наук **Л. П. Мицик**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. В. Моргун**; канд. біол. наук **В. А. Нікорич**; д-р біол. наук **В. В. Никифоров**; д-р біол. наук **М. Є. Опанасенко**; д-р біол. наук **В. І. Парпан**; д-р геогр. наук **С. П. Позняк**; д-р фіз.-мат. наук **М. В. Поляков**; канд. біол. наук **М. С. Розанова** (Росія); д-р біол. наук **С. Скіба** (Польща); акад. НАНУ, акад. НААНУ, д-р с.-г. наук **О. О. Соцінов**; д-р біол. наук **P. C. Srivastava** (Індія); канд. техн. наук **В. С. Стогній**; д-р с.-г. наук **Д. Г. Тихоненко**; д-р біол. наук **І. Х. Узбек**; д-р біол. наук **Н. М. Цветкова**; канд. фіз.-мат. наук **В. С. Чернищенко**; д-р геогр. наук **М. К. Чертко** (Білорусь); д-р с.-г. наук **С. Г. Чорний**; чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **В. В. Швартау**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Ю. Р. Шеляг-Сосонко**; чл.-кор. РАН, д-р біол. наук **С. О. Шоба** (Росія).

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. М. Ресіо Есπεжо** (Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. Г. Рей** (Індія); д-р біол. наук **Gu Siyu** (Китай); д-р біол. наук **F. Gurbuz** (Туреччина); д-р біол. наук **Д. Г. Замолодчиков** (Росія); канд. біол. наук **І. В. Ковда** (Росія); акад. АН Туркменістану, д-р біол. наук **Н. Р. Корпєєв** (Туркменістан); акад. НАНУ, д-р біол. наук **Е. Нево** (Ізраїль); канд. біол. наук **М. С. Розанова** (Росія); д-р біол. наук **С. Скіба** (Польща); д-р біол. наук **P. C. Srivastava** (Індія); д-р геогр. наук **М. К. Чертко** (Білорусь); чл.-кор. РАН, д-р біол. наук **С. О. Шоба** (Росія).

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара
(протокол № 10 від 21.03.2013 р.)*

Адреса редколегії: Асоціація засобів масової інформації України, вул. Івана Кудрі, 26, м. Київ, Україна; Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна. *Телефони:* (056) 792–78–82, (0562) 76–83–81. Web-сторінка: www.ussj.cv.ua. *E-mail:* ecologrun@yahoo.com

© Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, 2014
© ТОВ «Агентство «Телепресінформ», 2014

TABLE OF CONTENTS

<i>Travleyev A. P., Gorban V. A.</i> The new composition of the Scientific Council on soil science problems of the National Academy of Sciences of Ukraine	5
---	---

THEORETICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE

<i>Medvedev V. V.</i> The contents and laws of soil anthropogenous evolution	17
--	----

SOIL CHEMISTRY

<i>Opanasenko N. Ye., Yevtushenko A. P., Grishina A. P.</i> Magnesian alkalinity of trenching soils of Prichernomorskaya lowland	33
<i>Samokhvalova V. L., Pogromskaya Y. A., Fateev A. I., Zuza S. G., Zuza V. A.</i> Environmental remediation of soils polluted mainly cadmium, zinc, and copper	42

SOIL BIOLOGY

<i>Malynovska I. M., Gavrilov S. A.</i> Effect of tillage methods on directionality and intensity of microbiological processes in gray forest soil	53
<i>Shekhovtseva O. G.</i> Soil algae in urban ecosystems of the city of Mariupol	63

FOREST SOIL SCIENCE

<i>Wasak K.</i> Cellulose decomposition rate and features of organic matter in forest soils in the Tatra mountains	70
---	----

LAND RECLAMATION

<i>Galagan T. I.</i> Mine technical stage recultivation of the broken lands and its ecological and economical evaluation	81
---	----

FOREST HYDROLOGY

<i>Kotovykh O. V.</i> The hydrological cycle in the ravine oak forests of steppe Prydniprovia	89
--	----

SOIL ZOOLOGY

<i>Kunah O. N., Prokopenko E. V., Zhukov A. V.</i> Ecomorphic organisation of the Ukraine steppe zone spider community	101
<i>Andrusevych K. V.</i> Ecological space of the sod-lithogenic soils on the red-brown clays animal community	120

TO THE AUTHORS' ATTENTION	135
--	-----

З М І С Т

<i>Травлєєв А. П., Горбань В. А.</i> Про оновлений склад Наукової Ради з проблем ґрунтознавства Національної академії наук України	5
--	---

ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ ҐРУНТОЗНАВСТВА

<i>Медведев В. В.</i> Содержание и закономерности антропогенной эволюции почв	17
---	----

ХІМІЯ ҐРУНТІВ

<i>Опанасенко Н. Е., Евтушенко А. П., Гришина А. П.</i> О магниевой солонцеватости плантажированных почв Причерноморской низменности	33
<i>Самохвалова В. Л., Погромська Я. А., Фатєєв А. І., Зуза С. Г., Зуза В. О.</i> Екологічна реабілітація ґрунтів техногенно забруднених переважно кадмієм, цинком та міддю	42

БІОЛОГІЯ ҐРУНТІВ

<i>Малиновська І. М., Гаврилов С. О.</i> Вплив способу обробітку на спрямованість та напруженість мікробіологічних процесів у сірому лісовому ґрунті	53
<i>Шеховцева О. Г.</i> Водорості урбоєкосистем міста Маріуполя	63

ЛІСОВЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

<i>Wasak K.</i> Cellulose decomposition rate and features of organic matter in forest soils in the Tatra mountains	70
--	----

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ҐРУНТІВ

<i>Галаган Т. І.</i> Ґірничотехнічний етап рекультивації порушених земель та його еколого-економічна оцінка	81
---	----

ЛІСОВА ГІДРОЛОГІЯ

<i>Котович О. В.</i> Вологообіг у байрачних дібровах степового Придніпров'я	89
---	----

ҐРУНТОВА ЗООЛОГІЯ

<i>Кунах О. Н., Прокопенко Е. В., Жуков А. В.</i> Экоморфическая организация сообществ пауков степной зоны Украины	101
<i>Андрусевич К. В.</i> Экологическое пространство животного населения дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах	120

ДО УВАГИ АВТОРІВ	136
-------------------------------	-----

THE NEW COMPOSITION OF THE SCIENTIFIC COUNCIL ON SOIL SCIENCE PROBLEMS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

Abstract. The main results of the work of the Scientific Council on Soil Science Problems of National Academy of Sciences of Ukraine for 2012-2014 are given. The new structure of the Scientific Council on Soil Science Problems of NASU in the Bureau of the Scientific Council, the members of the Scientific Council and the 24 scientific committees are presented.

Keywords: *Scientific Council on Soil Science Problems of NASU, the results of the work, the new composition.*

А. П. Травлєєв

чл.-кор. НАН України,
д-р біол. наук, проф.
канд. біол. наук, доц.

В. А. Горбань

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, г. Дніпропетровськ, 49010, Україна,
тел.: +038067-267-37-16, e-mail: bnaitap@i.ua*

ПРО ОБНОВЛЕННИЙ СОСТАВ НАУЧНОГО СОВЕТА ПО ПРОБЛЕМАМ ПОЧВОВЕДЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ

Представлены основные итоги работы Научного Совета по проблемам почвоведения Национальной академии наук Украины за 2012–2014 гг. Приведена обновленная структура Научного Совета по проблемам почвоведения НАН Украины в составе Бюро Научного Совета, членов Научного Совета и 24 научных комиссий.

Ключевые слова: *Научный Совет по проблемам почвоведения НАН Украины, итоги работы, обновленный состав.*

А. П. Травлєєв

чл.-кор. НАН України,
д-р біол. наук, проф.
канд. біол. наук, доц.

В. А. Горбань

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна,
тел.: +038067-267-37-16, e-mail: bnaitap@i.ua*

ПРО ОНОВЛЕНИЙ СКЛАД НАУКОВОЇ РАДИ З ПРОБЛЕМ ГРУНТОЗНАВСТВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Представлені основні підсумки роботи Наукової Ради з проблем ґрунтознавства Національної академії наук України за 2012–2014 рр. Наведено оновлену структуру Наукової

✉ Tel.: +038067-267-37-16. E-mail: bnaitap@i.ua

DOI: 10.15421/041401

Ради з проблем ґрунтознавства НАН України у складі Бюро Наукової Ради, членів Наукової Ради та 24 наукових комісій.

Ключові слова: *Наукова Рада з проблем ґрунтознавства НАН України, підсумки роботи, оновлений склад.*

15 травня 2014 року відбулося чергове засідання Наукової Ради з проблем ґрунтознавства Відділення загальної біології Національної академії науки України.

Наукова Рада з проблем ґрунтознавства в структурному відношенні складається: з Бюро Наукової Ради (30 чоловік), членів Наукової Ради (59 чоловік) та 24 наукових комісій.

В 2013–2014 роках комісії, персональний склад комісій, Бюро Наукової Ради працювали згідно плану, затвердженого Відділенням загальної біології НАН України і секретарем-академіком ВЗБ НАН України академіком НАН України В. В. Моргуном.

На засіданні розглядалися такі невідкладні завдання:

1. Кластерна Програма НАНУ «Родючість ґрунтів»

Наукова Рада з проблем ґрунтознавства протягом 2014 року здійснювала науково-методичне керівництво дослідженнями в межах виконання Інноваційної кластерної програми «Родючість ґрунтів», затвердженої Президією НАН України.

2. Концепція рекультивції порушених земель

Вченими Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського», Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара та Дніпропетровського державного аграрного університету розроблено та видано «Концепцію рекультивції земель, порушених за відкритого та підземного видобутку корисних копалин» (3,25 др. ар., 300 прим.).

3. Наукове співробітництво з державним підприємством «Дніпрокосмос»

Наукова Рада з проблем ґрунтознавства разом з Державним підприємством «Дніпрокосмос» виконала дослідження наслідків пожеж 2010 р. на території Самарського бору, результати яких було докладено на Міжнародному науково-практичному форумі «Наука і бізнес – основа розвитку економіки», який проводився в Дніпропетровському національному університеті ім. О. Гончара.

4. Участь Наукової Ради в проведенні загальнодержавної виставкової акції «Барвіста Україна»

Був доставлений макет-модель, який розкриває технічний та біологічний етапи рекультивції порушених земель в Україні, на прикладі роботи з рекультивції порушених земель НДІ біології, кафедрами факультету біології, екології та медицини Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара та вченими Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» (м. Харків).

Результати виконаних досліджень введено до робочих програм дисциплін, які розглядають питання з екології, охорони природи, ґрунтознавства, рекультивції, меліорації, лісомеліорації та ін.

5. Участь Наукової Ради у міжнародних науково-практичних конференціях

5.1. Дніпропетровським державним аграрним університетом за участю Наукової Ради з проблем ґрунтознавства організовано та проведено Міжнародну науково-практичну конференцію «Рекультивация складных техноэкосистем у новом тысячелетии: ноосферный аспект» (м. Дніпропетровськ).

5.2. При Дніпропетровському національному університеті ім. О. Гончара Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України при активній участі Наукової Ради з проблем ґрунтознавства була проведена, з участю 70 вузів, конференція «Наука і бізнес». Доповідь представників комісії Наукової Ради з проблем рекультивції, аерокосмічні матеріали, експонат-модель методів рекультивції увійшли в список кращих наукових доповідей і наукових розробок.

5.3. Наукова Рада брала активну участь в організації та проведенні Міжнародної наукової конференції «Актуальні проблеми генетичного, географічного, історичного, екологічного ґрунтознавства» (м. Львів, 19-21 вересня 2013 р.).

5.4. Наукова Рада брала участь в роботі Міжнародної науково-практичної конференції «Екологізація сталого розвитку і ноосферна перспектива інформаційного суспільства» (м. Харків, 2-4 жовтня 2013 р.).

5.5. Наукова Рада брала активну участь в проведенні Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 130-річчю виходу книги проф. В. В. Докучаєва «Русский чернозем» (м. Київ, 10 грудня 2013 р.).

5.6. Наукова Рада брала участь в роботі Вернадських наукових читань, присвячених 150-річчю з дня народження академіка В. І. Вернадського (Харківський НАУ ім. В. В. Докучаєва, 13 березня 2013 р.).

6. Участь Наукової Ради у видавничій діяльності

6.1. За ініціативою та безпосередньою участю Наукової Ради у 2011 році видано бібліографічний довідник «Біорізноманіття компонентів та структурних елементів лісових біогеоценозів степової зони України та Молдови (клімат, ґрунт, лісова гідрологія, фітоценоз, мікробіоценоз)», в якому узагальнено перелік виданих наукових праць за матеріалами Комплексної експедиції ДНУ з дослідження лісів степової зони за 1938–2011 роки.

6.2. При безпосередній участі Наукової Ради в 2013 році перевидано класичну наукову монографію професора О. Л. Бельгарда «Лесная растительность юго-востока УССР» (25 др. арк.).

6.3. Науковою Радою з проблем ґрунтознавства видано чергові номери наукових журналів «Екологія та ноосферологія» (ISSN 1726-1112, 2013. Т. 24, № 1-2, № 3-4) та «Ґрунтознавство» (ISSN 1684-9094, 2013. Т. 14, № 1-2, № 3-4), а також міжвузівський збірник наукових праць «Питання степового лісознавства та рекультивація земель» (ISSN 2073-8331, 2013, вип. 42) – головний редактор чл.-кор. НАН України, проф. А. П. Травлєєв.

6.4. Науковою Радою проводиться активна робота по включенню журналів «Екологія та ноосферологія» і «Ґрунтознавство» до міжнародних науково-метричних баз даних, що сприятиме підвищенню їх визнання науковою спільнотою усього світу.

7. Участь Наукової Ради у зустрічі 28 травня 2012 р. в Посольстві Іспанії

В рамках двосторонньої угоди 28 травня 2012 р. була проведена продуктивна попередня зустріч в Посольстві Іспанії з делегацією Іспанії та Національної Академії наук України.

Від Іспанії: з Президентом Українсько-Іспанського фонду Cordoba університету, професора Хосе Roldán,

директором агрономічної та лісової середньої школи професора Альфонсо Гарсія-Феррер,

директором україно-іспанського фонду Cordoba університету, д-ра Ігорь Perevoznic,

співробітником і керівником групи іспанського університету Дмитра Mirosimchenko,

секретарем українсько-іспанського Фонду Кордоба університету і директором екологічної лабораторії «Николай Масюк», професором Хосе Мануель Реціо Espejo – керівником делегації університету Кордоба (Іспанія)».

Від Національної академії наук України:

Під керівництвом Віце-президента НАН України академіка НАНУ Загороднього А. Г. з представниками Відділення загальної біології НАН України – директором «Наукового центру екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАНУ» академіком НАНУ Радченко В. Г., з головою Наукової Ради з проблем ґрунтознавства НАНУ членом-кореспондентом НАНУ Травлєєвим А. П.

Були обговорені результати виконання запланованих наукових заходів з екології охорони навколишнього середовища людини, підвищення ефективності сумісних наукових досліджень, особливо в галузі ґрунтознавства як підсумкового компоненту і біоіндикатора сучасного стану біосфери. Питання підготовки кадрів ґрунтознавців вищої та середньої кваліфікації, розвитку систем землеробства, удосконалення структури посівних площ, космічних (дистанційних) та наземних методів дослідження, невідкладні завдання і проблеми розвитку мегаполісів – просторово-функціональних агломерацій, складних соціально-економічних екосистем.

8. Участь Наукової Ради у зустрічі в Національній академії наук України з президентом НАНУ, академіком Борисом Євгеновичем Патонем

Як відомо, Національна академія наук Відділення загальної біології має двосторонню згоду про наукове співробітництво з Кордобським університетом (Іспанія).

НАН України приймає активну участь у роботі Міжнародної асоціації академії наук, президентом якої обраний Президент НАН України академік Б. Є. Патон.

На зустрічі з делегацією Іспанії 28 травня 2012 р. на чолі з послом Іспанії Хосе Родригес Мойно, зі вступним словом виступив Президент НАН України Б. Є. Патон, який підкреслив важливість реалізації заходів пов'язаних з міжнародним співробітництвом та з діяльністю Міжнародної асоціації академії наук.

Віце-президент НАН України академік А. Г. Загородній звернув увагу на сумісну діяльність науковців Іспанії в галузі фізико-технічних проблем енергетики, ядерної фізики, про стан розвитку наукових пошуків та здійснення термоядерного синтезу і пов'язаних з досягненням необхідних температур для запуску процесів термоядерної реакції.

Іспанський посол в Україні Хосе Родригес Мойно та делегація університету Кордоба (Іспанія) висловили велику подяку президенту Національної академії наук України академіку Борису Євгеновичу Патону, віце-президенту академіку НАНУ А. Г. Загородньому, віце-президенту академіку НАНУ В. Ф. Мачуліну, представникам Відділення загальної біології НАН України академіку НАНУ В. Г. Радченку (Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу), чл.-кор. НАНУ А. П. Травлеєву (голові Наукової Ради з проблем ґрунтознавства НАН України) такими словами: «Насамперед – наш неодмінний обов'язок висловити велику щирю подяку президенту Національної академії наук України академіку Борису Євгеновичу Патону, віце-президенту академіку А. Г. Загородньому, віце-президенту академіку В. Ф. Мачуліну – за виявлену до нас честь і прийом в Президії НАН України – Іспанських учасників:

іспанського посла Хосе Родригес Мойно,

Президента Українсько-Іспанського фонду Cordoba університету, професора Хосе Roldán,

директора агрономічної та лісової середньої школи професора Альфонсо Гарсія-Феррер,

директора україно-іспанського фонду Cordoba університету, д-ра Игорь Perevoznick,

співробітника і керівника групи іспанського університету Дмитра Mirosimchenko,

секретаря українсько-іспанського Фонду Кордобы університету і директора екологічної лабораторії «Николай Масюк», професора Хосе Мануель Реціо Еспехо, керівника делегації університету Кордоба (Іспанія)».

9. Матеріали, які обговорювалися на прийомі Президента НАН України академіка Б. Є. Патона

Попередні роботи з ДНУ ім. О. Гончара та НАН України почалися з 25 грудня 2001 р., коли була затверджена угода між Університетом кордобы, факультетом

природничих наук та прикладної екології з Дніпропетровським національним університетом.

Були призначені координатори відповідальними за розвиток співробітництва між університетом Кордобі і Дніпропетровським національним університетом за адресою якого знаходиться Наукова Рада з проблем ґрунтознавства НАН України. Професор Хосе Мануель Реціо являється відповідальним зі сторони Кордобського університету; зі сторони Дніпропетровського університету чл.-кор. НАН України А. П. Травлєєв.

Кордобський університет (Професор Хосе Мануель Реціо) та Дніпропетровський національний університет (чл.-кор. А. П. Травлєєв) розвернули роботу в галузі науково-дослідної сумісної діяльності, а саме:

- робота в Науковій Раді з проблем ґрунтознавства НАНУ Хосе Мануель Реціо – заступник голови ради А. П. Травлєєва з питань міжнародних зв'язків;
- Хосе Мануель Реціо – заступник головного редактора журналу «Екологія та ноосферологія» (ISSN 1726-1112);
- Хосе Мануель Реціо – заступник головного редактора журналу «Ґрунтознавство» (ISSN 1684-9094);
- сумісна роботи з питань динаміки ландшафтів та властивостей ґрунтів;
- іспанські колеги приймають активну участь в Президентській Програмі «Родючість ґрунтів»;
- іспанські колеги приймають активну участь в роботах з рекультивації порушених земель в Україні;
- обмін аспірантами, стажерами, консультантами;
- сумісне проведення 7 міжнародних конференцій в Іспанії і в ДНУ.

Були обговорені питання переводу журналів «Ґрунтознавства», «Екології та ноосферології» та Присамарського біогеоценологічного біосферного науко-учбового центру до подвійного підпорядкування НАНУ та ДНУ.

НАУКОВА РАДА З ПРОБЛЕМ ҐРУНТОЗНАВСТВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

БЮРО НАУКОВОЇ РАДИ

1. Травлєєв А. П. – голова, чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф.;
2. Моргун В. В. – акад. НАНУ, д.с.-г.н., проф., академік-секретар Відділення загальної біології НАН України;
3. Хосе Мануель Реціо (Іспанія) – співголова з іноземних зв'язків, д.б.н., проф.;
4. Балюк С. А. – співголова, д.с.-г.н., проф., акад. НААНУ, директор ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» НААНУ;
5. Рей Д. Г. (Індія) – співголова з іноземних зв'язків, д.б.н., проф.;
6. Тихоненко Д. Г. – співголова, д.с.-г.н., проф.;
7. Горбань В. А. – вчений секретар, к.б.н., доц.;
8. Ситник К. М. – акад. НАНУ, д.б.н., проф.;
9. Созінов О. О. – акад. НАНУ, акад. НААНУ, д.б.н., проф.;
10. Радченко В. Г. – акад. НАНУ, д.б.н., проф., директор Інституту еволюційної екології НАН України;
11. Глухов О. З. – чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф.;
12. Швартау В. В. – чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф.;
13. Сайко В. Ф. – д.с.-г.н., проф., акад. НААНУ;
14. Хвесик М. А. – декон.н., проф., акад. НААНУ;
15. Білова Н. А., д.б.н., проф.;
16. Боговін А. В. – д.с.-г.н., проф.;
17. Гавриленко В. С. – к.б.н., с.н.с.;
18. Зверковський В. М. – д.б.н., проф.;

19. Канівець В. І. – д.с.-г.н., проф.;
20. Марченко М. М. – д.б.н., проф.;
21. Мірошніченко М. М. – д.б.н., проф.;
22. Нікорич В. А. – к.б.н., доц.;
23. Опанасенко М. Є. – д.б.н., проф.;
24. Парпан В. І. – д.б.н., проф.;
25. Позняк С. П. – д.геогр.н., проф.;
26. Польчина С. М. – д.б.н., проф.;
27. Узбек І. Х. – д.б.н., проф.;
28. Хуторний В. В. – к.т.н.;
29. Чорний С. Г. – д.с.-г.н., проф.;
30. Царик Й. В. – д.б.н., проф.

ЧЛЕНИ НАУКОВОЇ РАДИ

1. Андрющенко Ю. О., к.б.н., доц.;
2. Агурова І. В., к.б.н.;
3. Балаєв А. Д., д.с.-г.н., проф.;
4. Білопільський В. О., д.с.-г.н.;
5. Булигін С. Ю., чл.-кор НААНУ, проф.;
6. Волкогонов В. В., д.с.-г.н., проф.;
7. Гавриленко В. С., к.б.н., с.н.с.;
8. Голубець М. О., акад. НАНУ, д.б.н., проф.;
9. Горін М. О., д.б.н., проф.;
10. Грінченко Т. О., д.с.-г.н., проф.;
11. Гродзинський Д. М., акад. НАНУ, д.б.н., проф.;
12. Делеган І. В., к.с.-г.н., доц.;
13. Дзюба О. І., к.б.н., с.н.с.;
14. Домніч В. І., д.б.н., проф.;
15. Дубіна А. О., к.б.н., доц.;
16. Еланська Н. Е., к.б.н., доц.;
17. Єтеревська Л. В., д.с.-г.н., проф.;
18. Заїменко Н. В., д.б.н., проф.;
19. Іваниця В. О., д.б.н., проф.;
20. Івашов А. В., д.б.н., проф.;
21. Казимірова Р. М., к.б.н., с.н.с.;
22. Канаш О. П., к.с.-г.н.;
23. Козловський М. П., д.б.н., проф.;
24. Копитко П. Г., д.с.-г.н. проф.;
25. Кордюм Є. Л., чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф.;
26. Костенко І. В., к.с.-г.н., с.н.с.;
27. Котович О. В., к.б.н., доц.;
28. Кошелєв В. О., к.б.н., доц.;
29. Кошелєв О. І., д.б.н., проф.;
30. Красеха Є. Н., д.б.н., проф.;
31. Кулик А. Ф., к.б.н., доц.;
32. Мазур Г. А., акад. НААНУ, д.с.-г.н., проф.;
33. Мальцева І. А., д.б.н., проф.;
34. Мащюра О. В., д.б.н., проф.;
35. Медведєв В. В., акад. НААНУ, д.б.н., проф.;
36. Недвига М. В., к.с.-г.н.;
37. Нецветов М. В., д.б.н., с.н.с.;
38. Новосад К. Б., к.б.н., доц.;
39. Олійник В. С., д.с.-г.н., проф.;

40. Павлюченко Н. А., к.б.н.;
41. Палагеча Р. М., к.б.н.;
42. Пати́ка В. П., акад. НААНУ, д.б.н., проф.;
43. Пахомов О. Є., д.б.н., проф.;
44. Полупан М. І., д.с.-г.н., проф.;
45. Прималенний О. О., к.геогр.н.;
46. Рахметов Д. Б., д.с.-г.н., проф.;
47. Рутьян Є. В., к.б.н., с.н.с.;
48. Самохвалова В. Л., к.с.-г.н., с.н.с.;
49. Сичевий О. В. – д.т.н., проф.;
50. Стрижак О. В., к.б.н., доц.;
51. Тітков О. О., д.с.-г.н., проф.;
52. Травлєєв Л. П., к.б.н., с.н.с.;
53. Трускавецький Р. С., чл.-кор. НААНУ, д.с.-г.н., проф.;
54. Тупіка Н. П., с.н.с.;
55. Фатєєв А. І., д.с.-г.н.;
56. Францевич Л. І., чл.-кор. НАНУ, д.б.н.;
57. Цветкова Н. М., д.б.н., проф.;
58. Ющук Є. Д., к.б.н. доц.;
59. Яковенко В. М., к.б.н., доц.

СТРУКТУРА ТА ПЕРСОНАЛЬНИЙ СКЛАД КОМІСІЙ НАУКОВОЇ РАДИ

1. Фізика ґрунтів

Голова комісії:

акад. НААНУ, д.б.н., проф. В. В. Медведєв

Члени комісії:

д.б.н., проф. Н. М. Цветкова

д.б.н., с.н.с. М. В. Нецветов

к.б.н., доц. В. А. Горбань

2. Хімія ґрунтів

Голова комісії:

акад. НААНУ, д.с.-г.н., проф. Г. А. Мазур

Члени комісії:

чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф. В. В. Швартау

д.б.н., проф. М. М. Мірошніченко

к.б.н., доц. А. О. Дубіна

к.б.н., доц. О. В. Котович

3. Сільськогосподарське ґрунтознавство

Голова комісії:

акад. НААНУ, проф. С. А. Балюк

Члени комісії:

д.с.-г.н., проф. Д. Г. Тихоненко

д.б.н., проф. М. О. Горін

д.геогр.н., проф. С. П. Позняк

4. Лісове ґрунтознавство

Голова комісії:

чл.-кор. НАНУ, проф. А. П. Травлєєв

Члени комісії:

д.б.н., проф. В. М. Зверковський

д.б.н., проф. Н. А. Білова
д.б.н., проф. М. В. Нецветов
к.б.н., доц. К. Б. Новосад
к.б.н., доц. А. О. Дубіна
к.б.н., доц. В. М. Яковенко
к.б.н., доц. В. А. Горбань

5. Лісова гідрологія

Голова комісії:

к.б.н., доц. О. В. Котович

Члени комісії:

д.с.-г.н., проф. В. С. Олійник
к.б.н., с.н.с. Л. П. Травлєєв

6. Біологічне землеробство

Голова комісії:

акад. НАНУ, д.с.-г.н. В. В. Моргун

Члени комісії:

акад. НААНУ, д.с.-г.н. В. Ф. Сайко
д.б.н., проф. А. В. Боговін

7. Біологія ґрунтів

Співголови комісії:

д.с.-г.н., проф. В. І. Канівець
акад. НААНУ, д.б.н., проф. В. П. Патика
д.б.н., проф. І. А. Мальцева
д.б.н., проф. В. О. Іваниця
д.б.н., проф. М. М. Марченко

Члени комісії:

д.б.н., проф. Є. Н. Красеха
д.с.-г.н., проф. В. В. Волкогонов
к.б.н., с.н.с. Є. В. Рутян
к.б.н., доц. В. А. Нікорич
к.б.н., доц. А. Ф. Кулик

8. Меліорація та захист ґрунтів

Співголови комісії:

чл.-кор. НАНУ, проф. А. П. Травлєєв
акад. НААНУ, проф. С. А. Балюк
чл.-кор. НААНУ, проф. Р. С. Трускавецький

Члени комісії:

д.с.-г.н., проф. С. Г. Чорний
чл.-кор. НААНУ, проф. С. Ю. Булигін

9. Мікроморфологія ґрунтів

Голова комісії:

д.б.н., проф. Н. А. Білова

Члени комісії:

к.б.н. доц. В. М. Яковенко
к.б.н. доц. Є. Д. Ющук
к.б.н. доц. О. В. Стрижак
к.б.н. доц. В. А. Нікорич

10. Номенклатура і класифікація ґрунтів

Голова комісії:

д.с.-г.н., проф. Д. Г. Тихоненко

Члени комісії:

чл.-кор. НАНУ, проф. А. П. Травлєєв

д.б.н., проф. Є. Н. Красеха

д.с.-г.н. проф. В. І. Канівець

д.с.-г.н., проф. А. Д. Балаєв

акад. НААНУ, д.с.-г.н., проф. С. А. Балюк

чл.-кор. НААНУ, проф. С. Ю. Булигін

д.с.-г.н., проф. М. І. Полупан

к.с.-г.н., доц. С. М. Польчина

11. Моніторинг ґрунтів

Голова комісії:

акад. НААНУ, проф. В. В. Медведєв

Члени комісії:

д.с.-г.н., проф. Т. О. Грінченко

д.б.н., проф. Н. М. Цветкова

к.б.н. доц. В. А. Горбань

12. Рекультивація ґрунтів

Голова комісії:

чл.-кор. НАНУ, д.б.н. А. П. Травлєєв

Підкомісія 1. Лісова рекультивація

Голова підкомісії:

д.б.н., проф. В. М. Зверковський

Члени підкомісії:

д.б.н., проф. Н.А. Білова

с.н.с. Н. П. Тупіка

Підкомісія 2. Сільськогосподарська рекультивація

Голова підкомісії:

д.б.н., проф. І. Х. Узбек

Члени підкомісії:

д.с.-г.н., проф. Л. В. Єстерєвська

13. Радіоекологія ґрунтів

Голова комісії:

акад. НАНУ Д. М. Гродзинський

Члени комісії:

чл.-кор. НАНУ, д.б.н. Л. І. Францевич

д.с.-г.н. А. І. Фатєєв

д.с.-г.н., проф. М. М. Мірошніченко

к.с.-г.н., с.н.с. В. Л. Самохвалова

к.б.н. доц. О. В. Котович

к.б.н. доц. В. А. Горбань

14. Комісія з програм та методів викладання ґрунтознавства, агрохімії та картографії ґрунтів

Співголови комісії:

чл.-кор. НАНУ, проф. А. П. Травлєєв

д.с.-г.н., проф. Д. Г. Тихоненко

Члени комісії:

к.с.-г.н., доц. С. М. Польчина

к.б.н., доц. В. А. Нікорич

15. Історія ґрунтознавства і каталогізація

Співголови комісії:

д.с.-г.н. проф. П. Г. Копитко

д.б.н., проф. М. О. Горін

Члени комісії:

д.с.-г.н., проф. М. І. Полупан

чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф. А. П. Травлєєв

д.с.-г.н., проф. Д. Г. Тихоненко

к.с.-г.н. М. В. Недвига

к.с.-г.н. О. П. Канаш

16. Ґрунти Кримської автономії

Голова комісії:

д.с.-г.н., проф. М. Є. Опанасенко

Члени комісії:

д.с.-г.н., проф. О. О. Тітков

к.с.-г.н., с.н.с. І. В. Костенко

к.б.н., с.н.с. Р. М. Казимірова

17. Проблеми мегаполісів

Голова комісії:

акад. НАНУ, д.б.н., проф. В. Г. Радченко

Члени комісії:

к.геогр.н. О. О. Прималенний

д.б.н., проф. Є. Н. Красеха

к.б.н. І. В. Агурова

к.б.н. доц. В. А. Горбань

18. Проблеми ґрунтознавства та космічних досліджень

Співголови комісії:

чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф. Є. Л. Кордюм

к.т.н. В. В. Хуторний

Члени комісії:

чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф. А. П. Травлєєв

д.т.н., проф. О. В. Сичевий

к.б.н. доц. В. А. Горбань

19. Локальні трансформації ґрунтового покриву під впливом життєдіяльності угруповань мігруючих та осілих птахів

Голова комісії:

д.б.н., проф. О. В. Мацюра

Члени комісії:

д.б.н., проф. Л. П. Харченко

д.б.н., проф. О. І. Кошелєв

к.б.н., доц. Ю. О. Андрющенко

к.б.н., доц. В. О. Кошелєв

20. Вплив копитних тварин на процеси ґрунтоутворення

Співголови комісії:

д.б.н., проф. О. Є. Пахомов

д.б.н., проф. В. І. Домніч

Члени комісії:

д.б.н., проф. А. В. Івашов

к.с.-г.н., доц. І. В. Делеган

21. Ґрунтотвірні процеси в умовах ботанічних садів, заповідників та національних парків

Голова комісії:

чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф. О. З. Глухов

Члени комісії:

д.б.н., проф. М. В. Нецветов

к.б.н., с.н.с. В. С. Гавриленко

д.с.-г.н., проф. Г. А. Мазур

д.б.н., проф. Н. В. Заїменко

д.с.-г.н., проф. Д. Б. Рахметов

22. Ґрунтова алелопатія

Голова комісії:

к.б.н., с.н.с. О. І. Дзюба

Члени комісії:

к.б.н. Н. Е. Еланська

к.б.н. Н. А. Павлюченко

к.б.н. Р. М. Палагеча

23. Комісія з проблем екосистемології

Співголови комісії:

акад. НАНУ, д.б.н., проф. М. А. Голубець

акад. НАНУ, д.б.н., проф. В. Г. Радченко

Члени комісії:

чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф. А. П. Травлєєв

чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф. І. Г. Смельянов

д.б.н., проф. Й. В. Царик

д.б.н., проф. М. П. Козловський

д.б.н., с.н.с. В. Г. Кияк

д.б.н., с.н.с. Г. Г. Жилєєв

д.б.н., проф. В. М. Зверковський

д.б.н., проф. Л. П. Мицик

д.б.н., проф. В. В. Никифоров

д.б.н., проф. Н. А. Білова

д.б.н., проф. Н. М. Цвєткова

д.б.н., проф. А. В. Івашов

д.б.н., проф. М. В. Нецветов

24. Комісія з проблем біогеоценології

Співголови комісії:

чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф. А. П. Травлєєв

д.б.н., проф. Й. В. Царик

Члени комісії:

чл.-кор. НАНУ, д.б.н., проф. І. Г. Смельянов

д.б.н., проф. В. М. Зверковський

д.б.н., проф. Л. П. Мицик

д.б.н., проф. В. В. Никифоров

д.б.н., проф. Н. А. Білова

д.б.н., проф. Н. М. Цвєткова

д.б.н., проф. А. В. Івашов

д.б.н., проф. М. В. Нецветов

д.б.н., проф. І. А. Мальцева

д.б.н., проф. В. І. Домніч
д.б.н., проф. О. В. Мацюра
д.б.н., проф. Й. В. Царик
д.б.н., проф. М. П. Козловський
д.б.н., с.н.с. В. Г. Кияк
д.б.н., с.н.с. Г. Г. Жилияєв
к.б.н., проф. В. І. Шанда
к.б.н., доц. А. О. Дубина
к.б.н., доц. І. С. Хамар
к.б.н., доц. В. М. Яковенко
к.б.н., доц. О. В. Котович
к.б.н., доц. В. А. Горбань
к.б.н., доц. О. В. Стрижак
чл.-кор. УЕАН П. І. Ломакін

THEORETICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE



V. V. Medvedev✉

Academician of NAAS
of Ukraine,
Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.45

*National Scientific Centre «O. N. Sokolovsky Institute
for Soil Science and Agrochemistry»,
Chaikovska str., 4, 61024, Kharkov, Ukraine*

THE CONTENTS AND LAWS OF SOIL ANTHROPOGENOUS EVOLUTION

Abstract. Long soil ploughed up are typical polygenetic formations as in their formation alongside with natural the significant role is played with anthropogenous factors. Under action of mechanical, chemical, reclamative and other kinds influences natural soils lose inherent in them a structure, properties and modes. Anisotropism, spatial heterogeneity, preferential descending and ascending streams of a moisture amplify, new types of horizontal and vertical soil structures are formed, grows the equilibrium bulk density, consolidation and quantity of false aggregates, the structure pore spaces changes, obvious braking processes of aggregation is marked, ability to convertibility of properties and modes as the basic condition of counteraction of degradation processes is lost, rhythmic of soil formation due to activization relax processes is broken characteristic for natural soil. Significant changes occur in thin dispersed mineral and organic parts. The total humus decreases, its lability increases, is observed claying, because of increase in depth of watering and lowering of carbonates level it is locally marked acidification. As a result it is ascertained, that in conditions of unbalanced and poor-quality land tenure even simple reproduction of soil fertility is impossible, and an equilibrium (stable) condition of soil properties and modes – more likely wrongly generated on the basis of not enough long-term researches. As a result of anthropogenous evolution for rather short historical time interval the new body – anthropogenous transformed soils was generated. This fact demands reflection in soil classification and correctives in studying, management of their fertility and use. Possible scripts of the further anthropogenous soil evolution are discussed: the degradation, a seeming balance and "reasonable" precise agriculture.

Degradation (degradation) – the most probable script at preservation of modern unbalanced and poor-quality agriculture. Degradation in these conditions can gradually become the factor forming an agrisoil. A seeming balance (seeming equilibrium, balance). – the least probable script. Seeming because it is characteristic for short-term prospect, but in conditions of long scarce balance elements and excessive mechanical loading soil evolution cannot be equilibrium. Steady development - the script to which it is necessary to aspire ("reasonable" agriculture - intelligence agriculture). The script on immediate prospects – instead of the zone generalized technologies – exact agriculture (precise agriculture) in view of spatial diversity, history of a field and a stage of its anthropogenous evolution.

✉ Tel.: +038057-704-16-69. E-mail: vvmedvedev@ukr.net

DOI: 10.15421/041402

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2014. Vol. 15, no. 1–2

17

The organization of researches is necessary for realization of the favorable script of anthropogenous soil evolution with use of modes in situ and on-line, landscape soil-ecological ranges, complex stationary experiences with application of methods of planning of experiment, use of effective methods of forecasting of soil processes and as a whole exemplary system of scientific monitoring. Uncontrolled soil use in the country should not be.

Keywords: *evolution, degradation, anthropogenous transformed soils, methodology of studying and management.*

УДК 631.45

В. В. Медведєв

акад. НААН України,
д-р біол. наук, проф.

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, 61024, м. Харків, Україна,
тел.: +038057-704-16-69, e-mail: vvmedvedev@ukr.net*

ЗМІСТ І ЗАКОНОМІРНОСТІ АНТРОПОГЕННОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ҐРУНТІВ

Ґрунти, що тривалий час розорюються, є типовими полігенетичними утвореннями, тому що в їхньому формуванні поряд із природними значну роль відіграють антропогенні фактори. Під дією механічного, хімічного, меліоративного й іншого видів впливів природні ґрунти втрачають властиві їм будову, властивості й режими. Підсилюються анізотропність, просторова гетерогенність, преференційні спадні й висхідні потоки вологи, формуються нові типи горизонтальних і вертикальних ґрунтових профілів, зростає рівноважна щільність, консолідація й кількість помилкових агрегатів, змінюється структура порового простору, відзначається очевидне гальмування процесів агрегації, втрачається здатність до оборотності властивостей і режимів як основна умова протидії деградаційним процесам, порушується характерна для природного ґрунту ритміка ґрунтоутворення за рахунок активізації релаксаційних процесів. Значні зміни відбуваються в дрібнодисперсній мінеральній і органічній частинах. Зменшується загальна кількість гумусу, зростає його лабільність, спостерігається оглинення, через збільшення глибини промочування й опускання рівня карбонатів локально відзначається підкислення. У підсумку констатується, що в умовах незбалансованого й неякісного землекористування навіть просте відтворення родючості ґрунтів неможливе, а рівноважний (стабільний) стан властивостей і режимів ґрунтів, що інколи констатується у літературі, – скоріше помилкове твердження, бо сформоване на підставі недостатньо довгострокових досліджень. У результаті антропогенної еволюції за відносно короткий історичний проміжок часу сформувалося нове тіло – антропогенно перетворений ґрунт. Цей факт вимагає відбиття в класифікації ґрунтів і коректив у вивченні, управлінні їхньою родючістю й використанні. Обговорено можливі сценарії подальшої антропогенної еволюції ґрунтів: деградація, удавана рівновага й «розумне» точне землеробство.

Ключові слова: *еволюція, деградація, антропогенно перетворений ґрунт, методологія вивчення й управління.*

УДК 631.45

В. В. Медведєв

акад. НААН України,
д-р біол. наук, проф.

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии
им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, 61024, г. Харьков, Украина,
тел.: +038057-704-16-69, e-mail: vvmedvedev@ukr.net*

СОДЕРЖАНИЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ АНТРОПОГЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ

Длительно распахиваемые почвы являются типичными полигенетическими образованиями, ибо в их формировании наряду с природными значительную роль играют антропогенные факторы. Под действием механического, химического, меліоративного и других видов воздействий природные почвы теряют присущие им строение, свойства и режимы. Усиливаются анизотропность, пространственная гетерогенность, преференциальные нисходящие и восходящие потоки влаги, формируются новые типы горизонтальных и

вертикальных почвенных профилей, растет равновесная плотность, консолидация и количество ложных агрегатов, изменяется структура порового пространства, отмечается очевидное торможение процессов агрегации, теряется способность к обратимости свойств и режимов как основное условие противодействия деградиационным процессам, нарушается характерная для природной почвы ритмика почвообразования за счет активизации релаксационных процессов. Значительные изменения происходят в тонкодисперсной минеральной и органической частях. Уменьшается общее количество гумуса, возрастает его лабильность, наблюдается оглинивание, из-за увеличения глубины промачивания и опускания уровня карбонатов локально отмечается подкисление. В итоге констатируется, что в условиях несбалансированного и некачественного землепользования даже простое воспроизводство плодородия почв невозможно, а равновесное (стабильное) состояние свойств и режимов почв, которое нередко констатируется в литературе, скорее всего, ошибочно, ибо сформировано на основании недостаточно долговременных исследований. В результате антропогенной эволюции за относительно короткий исторический промежуток времени сформировалось новое тело – антропогенно преобразованная почва. Этот факт требует отражения в классификации почв и корректив в изучении, управлении их плодородием и использовании. Обсуждены возможные сценарии дальнейшей антропогенной эволюции почв: деградация, кажущееся равновесие и «разумное» точное земледелие.

Ключевые слова: эволюция, деградация, антропогенно преобразованная почва, методология изучения и управления.

ВВЕДЕНИЕ

Хотя антропогенный фактор давно отнесен к факторам почвообразования, до сих пор не ясно, каково его место в ряду других факторов. Является ли он таким же равноправным, как и факторы, обозначенные В. В. Докучаевым, или нет? Без особого риска ошибиться, скажем, что постепенно его роль усиливается. Более того, в ряде классификаций (например, России, Беларуси, других стран) этот факт признан и появились антропогенно преобразованные почвы, или агроземы. Подобные предложения имеются и в Украине (Tichonenko, 2012). Однако в классификации почв Украины (Polupan et al., 2005) всего лишь допускается возможность корректировки основного процесса для длительно используемой почвы на уровне варианта без изменения основной природной направленности почвообразования. Еще ранее примерно также трактовали процесс окультуривания А. М. Гринченко и др. (Grinchenko et al., 1965). В их интерпретации окультуривание означало возможность сохранения и даже улучшения агрономически важных свойств почв в условиях длительного рационального использования при неизменности основного типа природного почвообразования.

Нами, начиная с 60-х годов минувшего столетия, проводились сравнительные исследования преимущественно черноземных почв, находящихся в различных условиях использования – от абсолютно заповедной целины до вариантов в производственных и опытных условиях, где применяли разнообразные агроприемы. Изучали основные свойства и режимы, в результате был накоплен значительный массив информации. В настоящей статье сделана попытка сформулировать закономерности антропогенной трансформации распахиваемых почв и, кроме того, обосновать, полагаем, усовершенствованные подходы к изучению старопашенных почв, в которых строение и свойства изменены по сравнению с природными почвами, почв, находящихся в условиях иной ритмики процессов почвообразования, и тем самым уточнить содержание их научного мониторинга.

Строение, свойства и режимы антропогенно трансформированных почв

Факторы антропогенной эволюции. Механический, химический, мелиоративный пресс на почвенный покров, нарушение природного баланса веществ и энергии, ослабление устойчивости почвенного покрова из-за чрезмерной распашки

и недостатка стабилизирующих ландшафт лесов и пастбищ, а также развитие урбанизации, промышленных зон и другие воздействия – основные факторы антропогенной эволюции почв. Как покажем далее, под действием перечисленных факторов природные почвы изменяют свое строение, свойства и режимы и постепенно трансформируются в новые тела природно-антропогенного (полигенетического) происхождения.

Оглинивание – вероятно, начальная стадия преобразования почв под действием обработки. Одним из первых на возможность оглинивания в черноземах (генетически недифференцированных почвах) под действием длительного сельскохозяйственного использования обратил внимание И. А. Крупеников (Krupenikov, 1978), в дальнейшем существование оглинивания в черноземных почвах обнаружили Ф. Ш. Гарифуллин (Garifullin, 1979), А. В. Королев (Korolev, 2008). В нашей работе (Medvedev, 1988) этот процесс также нашел свое подтверждение. Правда, по результатам гранулометрического анализа трудно было доказать повышение содержания ила в длительно распаханной пашне по сравнению с абсолютно заповедной целиной. Однако, если определить удельную поверхность почвы по сорбции молекул воды из пара с упругостью 0,2 (по Кутилеку), суммарную активную поверхность (по сорбции воды из паров с упругостью от 0,35 до 0,98 в соответствии с рядом Обермиллера) и ультрапористость (по сорбции молекул бензола – неполярная жидкость – при упругости его паров от 0,23 до 0,8 кПа), то можно получить доказательства изменения качества поверхности почв после длительной обработки. Как известно, названные жидкости достаточно хорошо отражают даже небольшие изменения состояния поверхности почвы. При этом по сорбции влаги можно получить наиболее адекватное представление о величине поверхности почвы (Voronin, 1959), по сорбции бензола – о ее ультрапористости (Antipov-Karataev et al., 1948), а при сопоставлении этих данных (при одинаковом рF) – о гидрофильности и гидрофобности почв как сорбентов (эластичности или жесткости их структуры). Оказалось, что черноземы представляют собой преимущественно сорбенты нежесткой эластичной структуры, потому что последняя изменяется в процессе самой сорбции (Medvedev, 1988).

Новые горизонтальные и вертикальные профили антропогенных почв. Из-за особенностей технологии выращивания сельскохозяйственных культур, разворотов и загрузки-разгрузки транспортных средств, сеялок, удобрителей и комбайнов на краях полей эти участки поля постоянно подвергаются более сильному воздействию ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, в результате чего они переуплотняются. Именно здесь почвы постепенно теряют обратимость и способность восстанавливать присущие им модальные параметры. Эти процессы, наряду с изменениями в микрорельефе, который способствует перераспределению влаги и внесенных удобрений, усиливают пространственную пестроту поля. Например, коэффициент горизонтальной пространственной пестроты содержания подвижного фосфора на земельной распаханной делянке в Лесостепи достигает 0,56, в то время как на такой же целинной делянке – лишь 0,09. Важно также, что, по нашим наблюдениям, именно на краях полей формируется более упороченная и более глубокая плужная подошва. Твердость в ней иногда превышает 30 кгс/см², что существенно ограничивает рост корней в глубину и тем самым снижает адаптивные возможности растений к недостатку влаги. В результате на давней пашне почти всегда отмечается пестрополье.

Аналогичное переуплотняющее воздействие МТА на почву отмечается в пониженных частях поля, где выше увлажнение и где вследствие этого сильнее проявляется уплотнение. Различия в величине равновесной плотности сложения и твердости на различных частях поля достаточно значительны. Одновременно за 30-летний период наблюдений отмечалось достоверное увеличение мощности плужной подошвы с 30–40 до глубины 70 см (Medvedev, 2011).

Таким образом, на давно распахиваемой земельной делюнке постепенно формируются новые горизонтальные и вертикальные профили, причем пространственная гетерогенизация почв возрастает со временем (Medvedev, 2012).

Возрастание пространственной неоднородности является следствием усиления анизотропности, которая отмечается уже на уровне строения отдельного агрегата. Последний постепенно трансформируется от изотропного многопорядкового на целине к анизотропному агрегату с низкой порядковостью и пористостью на пашне. Наблюдается сближение форм структуры у генетически различных почв при условии их длительной распашки. Агрегат длительной пашни характеризуется ложной водоустойчивостью, ибо при длительном воздействии влаги, или при слакировании (внезапном переувлажнении), распадается на микроагрегаты.

Физическая деградация почв рассматривается главным образом как процесс, приводящий к переуплотнению почвы, потере структуры, ее качества, образованию в поверхностном слое глыб, корки и трещин, а в основании пахотного слоя – плужной подошвы. Диагностические признаки деградации – упрощение морфологии структуры и порового пространства, устойчивое повышение равновесной плотности, снижение меж- и особенно внутриагрегатной пористости, формирование нехарактерных для природных почв преференциальных потоков влаги. Основной причиной физической деградации является превышение уровня механической загрузки способности почв к восстановлению модальных параметров структуры, свойств и режимов.

К сожалению, глыбистость давно распахиваемой почвы становится ее почти обязательной характеристикой, в отличие от целины, где глыб не бывает никогда. Глыба является примером ложной агрономически бесполезной структуры. Напомним, что отрицательное влияние глыб очевидно. В глыбистой пашне невозможно создать достаточный запас доступной влаги - она либо проваливается в нижние слои почвенного профиля, либо испаряется. Невозможно осуществить качественный сев полевой культуры. Всходы растений получают недружными, а их развитие неравномерное. Для разрушения глыб нужны дополнительные обработки и затраты. Как показал П. У. Бахтин (Bakhtin, 1969), даже небольшое отклонение влажности в момент обработки от влажности физической спелости приводит к образованию глыб. Именно поэтому свыше 82 % пахотных почв страны образуют глыбы, причем около 12 % пашни склонны к этому в значительной степени (Medvedev, 2008). Географически – это солонцеватые почвы сухой Степи, Винницкий остров эродированных серых оподзоленных почв, оглеенные почвы Предкарпатья и Закарпатья, а также повсеместно многие регионы Лесостепи и Степи. Это явление характерно почти для всех почв, исключая песчаные и супесчаные разновидности. В Степи Украины, где время пребывания почвы в состоянии физической спелости очень непродолжительно, вероятность образования глыб при обработке значительно возрастает.

Возникает новое явление – консолидация агрегатов и уменьшение внутриагрегатной пористости, которая ухудшает условия водно-минерального питания растений.

Плотность суглинистой черноземной почвы на целине составляет приблизительно 1,0–1,1 г/см³, такого же распахиваемого чернозема – в диапазоне от 0,8–0,9 непосредственно после обработки до 1,15–1,35 г/см³ – в равновесном состоянии. Период уравнивания (релаксации) в зависимости от агрофона и осадков длится от нескольких дней до 2-х недель. В этот период становится особенно заметной динамика водно-воздушных и биологических свойств почвы, зависящая от плотности сложения. Вследствие низкой плотности и влажности, близкой к физической спелости, весной существует реальная угроза переуплотнения всех без исключения почв. Она намного сильнее выражена в черноземах, чем в иных почвах (Medvedev, 2013).

Если чернозем типичный и чернозем обыкновенный среднесуглинистого грансостава обрабатывают в состоянии физической спелости, выход структур агрономически полезного размера (10–0,25 мм) лишь ненамного меньше оптимальных параметров – 60–80 %. Но даже незначительное уплотнение или отклонение от влажности физической спелости существенным образом ухудшает качество обработки.

Водоустойчивость макроагрегатов черноземов на целине, как правило, достигает 70–80 %, а в условиях пашни – не выше 50 %, что является следствием потери органического вещества при постоянном рыхлении почвы и преобладании аэробных микроорганизмов. Уменьшение такой важной характеристики чернозема, какой является водоустойчивость, однозначно свидетельствует о существовании в старопахотных черноземах процессов физической деградации. Об этом же свидетельствует уменьшение потенциала агрегации на пашне в сравнении с целиной. Снижение достигает 25 % (Medvedev, 2008).

Преференциальные потоки влаги (или провальная фильтрация по крупным порам) формируются в давно обрабатываемой почве за счет присутствия в ней глыбистых отдельностей. Именно за счет глыбистости влага атмосферных осадков по крупным порам проваливается вглубь профиля. Как показывают сравнительные исследования фильтрационной способности различных структурных фракций, для почти мгновенного нисходящего передвижения влаги нужно всего лишь небольшое количество глыбистых отдельностей и соответственно крупных пор. Причем, если в обрабатываемом слое преференциальные потоки формируются за счет глыбистых отдельностей, то в глубине профиля – за счет крупных пор биологического происхождения (Medvedev et al., 2003). В этом исследовании подтверждена экспоненциальная связь, то есть, многократное нарастание фильтрации, как только в почве появляется лишь небольшое количество глыб (Vershinin, 1959).

Вполне обоснованно к преференциальным можно отнести и восходящие потоки влаги, которые приводят к непроизводительным потерям продуктивной влаги в результате процессов физического испарения. И опять-таки этому содействуют глыбы в поверхностном слое (Medvedev et al., 2004; Medvedev, 2008). Следовательно, под влиянием длительной механической обработки и почти неизбежного обесструктурирования почвы при этом ее водный режим ухудшается.

Химическая деградация почв. Содержание общего гумуса в пахотном слое почвы всех почв, по разным данным, на 20–50 % ниже, чем в их целинных аналогах (Medvedev, 2012). Не менее важен другой аспект – потери гумуса, являющиеся характерными для несбалансированного землепользования. И вдобавок, дефицитный баланс органического вещества фактически длится на распахиваемых почвах с момента их освоения. В результате почвы деградируют, и это является общепризнанным фактом. Исчезла характерная полоса повышенного содержания гумуса в черноземах, которая образует своеобразную ось с юго-запада на северо-восток (Одесская, Кировоградская, Полтавская и Харьковская области). Как известно, северная граница этой полосы совпадает с барометрическим максимумом, который разделяет территорию Украины на две части: северо-западную увлажненную и более прохладную, и юго-восточную, более теплую и засушливую. По данным НВЦ охраны плодородия почв и качества продукции Минагрополитики и продовольствия, ежегодные потери гумуса в период 1965–1990 гг. достигали 1, теперь – около 0,5 т/га в год (Metodychni vказivky..., 2011). Вследствие уменьшения количества органического вещества и его лабилизации по сравнению с природным черноземом старопахотный чернозем, как уже было упомянуто, обесструктурируется, и, кроме того, уменьшается его противоэрозионная устойчивость.

Обратимость почв – важное свойство почвы, означающее ее способность восстанавливать характерные для нее модальные (наиболее вероятные для данных местных условий) параметры после снятия механической или химической нагрузки.

Есть все основания полагать, что длительно распахиваемая почва потеряла свою обратимость, ибо новые параметры стали устойчивыми. Фактически такая почва приобрела иной морфологический профиль, иные свойства и режимы. Правда, точнее, новые признаки нужно назвать квазиустойчивыми, ибо, если распахиваемую почву вывести из пашни и ренатурализовать на достаточно длительный срок, ее свойства восстанавливаются. Об этом свидетельствуют наблюдения свойств черноземных почв, находившихся в течение 15–25 лет в условиях залежи (Medvedev, 2008). В пользу этой же возможности свидетельствуют наблюдения за почвой, побывавшей в течение такого же времени в условиях нулевой обработки, как это было продемонстрировано в условиях Аргентины и Бразилии (Medvedev, 2010). В такой почве практически отсутствуют некогда активные эрозионные проявления и другие признаки деградации. Вот почему так важно длительно распахиваемые почвы, приобретшие явные признаки деградации и потерявшие хозяйственную ценность, вывести из пашни. Это будет чрезвычайно важный шаг к оздоровлению почв и окружающей природной среды.

Снижение содержания в распахиваемых почвах гумуса и кальция неизбежно приводят к торможению процессов агрегации. Если рассчитать, сколько приходится агрегатов агрономически полезного размера и какова их водоустойчивость на 10% физической глины на целине и на пашне, то есть, своеобразный норматив агрегации для условий упрощенной линейной модели, то будет найдена существенная разница. Для черноземов типичных и обыкновенных суглинистого грансостава соответственно 1,75 и 1,60 для структурных агрегатов размером от 10,0 до 0,25 мм и 1,60 и 1,00 – для водоустойчивых агрегатов крупнее 0,25 мм. При получении этих данных мы воспользовались экспериментальными материалами, обобщенными в работе В. В. Медведева (Medvedev, 2008). Из этих результатов следует, что в результате длительной обработки явно заметно тормозится образование структуры и еще существеннее снижается ее качество.

Оптимальная реакция почвенной среды для зерновых культур находится, как известно, в интервале 6,0–6,8. Именно такой интервал кислотности характерен для почти всех черноземов и, главным образом, является следствием того, что эти почвы развиваются на лессовых, обогащенных кальцием, породах и в условиях непромывного водного режима. Лишь там, где наблюдается потеря кальция, происходит слабое подкисление черноземов, особенно заметно возрастает гидролитическая кислотность (Nosko et al., 1988) и становится эффективным внесение кальциевых мелиорантов или отходов производства подобного химического состава (Grinchenko, 1984). Процессы подкисления черноземов типичных отмечены по данным агрохимической паспортизации в Черкасской и Сумской областях (Medvedev, 2012).

Сценарии дальнейшей антропогенной эволюции почв:

- деградация (degradation) – наиболее вероятный сценарий при сохранении современного несбалансированного и некачественного земледелия. Деградация в этих условиях постепенно может стать фактором, формирующим агропочву;
- кажущееся равновесие (seeming equilibrium, balance) – наименее вероятный сценарий. Кажущееся потому, что характерно для краткосрочной перспективы, но в условиях длительного дефицитного баланса биофильных элементов и чрезмерной механической нагрузки эволюция почв не может быть равновесной;
- устойчивое развитие – сценарий, к которому следует стремиться («разумное» земледелие – intelligence agriculture);
- сценарий на ближайшую перспективу – вместо зональных обобщенных технологий – точное земледелие (precise agriculture) с учетом пространственной пестроты, истории поля и этапа его антропогенной эволюции.

О воспроизводстве и «равновесии» плодородия почв в современном земледелии. Первые научные заключения об ухудшении свойств почв в условиях длительной распашки были сделаны классиками отечественного и зарубежного почвоведения и земледелия еще свыше 100 лет тому назад (Dokuchaev, 1953; Russell, 1955). Они констатировали резкое ухудшение физических свойств почв, потерю органического вещества, усиление эрозионных процессов в пахотных почвах по сравнению с целиной. Уже тогда система земледелия была признана непригодной, требующей замены. Теперь, после того как стали относительно регулярно рассчитывать баланс питательных веществ в производственных условиях, получили данные об изменении свойств и режимов почв при применении обработки, агрохимикатов, орошения и осушения прозорливые высказывания классиков были подтверждены. Более того, стало ясно, что равновесия в плодородии почв на данном этапе развития земледелия, остающегося несбалансированным и некачественным, достичь невозможно. Для этого всего лишь достаточно ознакомиться с данными агрохимической паспортизации, данными Госводагенства и научных институтов НААНУ, обобщенных нами (Medvedev, 2012). Оказалось, что наиболее характерными процессами в изменении почв за последние 40–50 лет являются:

- дегумификация распахиваемых почв со скоростью 0,5–5,5 т/га в год (в среднем, как было упомянуто выше, около 1 т/га в год) с тенденцией торможения потерь до конца 80-х гг. прошлого столетия. С 2005 по 2009 г. дегумификация происходила со скоростью 0,42–0,51 т/га в год;
- рост дефицитности баланса подвижных питательных веществ, особенно азота и калия (соответственно –41, 5–56,4 кг/га в 2001 г. и –32,9–64,2 кг/га в 2009 г.);
- подкисление черноземных почв, особенно заметное в некоторых областях лесостепной зоны;
- переуплотнение, особенно заметное в западной Лесостепи и в целом распространенное на 40 % пашни, разрушение структуры, глыбистость и коркообразование;
- эрозионное уменьшение мощности верхнего слоя почвы, которое достигает нескольких сантиметров в черноземных почвах (расчетные данные) и в переосушенных почвах Полесья;
- вторичное осолонцевание и засоление орошаемых почв, сработка торфяников.

Из других отрицательных процессов, развитие которых отмечается локально, укажем на загрязнение (радионуклидами и тяжелыми металлами), заболачивание, подтопление, ожелезнение, окарбоначивание, алюминизацию, аридизацию, подщелачивание и образование соды.

Главная причина деградации – недооценка реальной угрозы, которая формирует это явление для настоящего и особенно – будущих поколений, отсутствие эффективных механизмов выполнения законов об охране почв, несбалансированное и научно необоснованное землепользование. Деградация оказалась довольно сложной проблемой. Для ее преодоления нужна переориентация всех слоев общества, широкая просветительская деятельность, активная пропаганда знаний, постепенное формирование нового отношения к почвам и в особенности к чернозему.

Проблема обострилась вследствие прекращения (фактически с 1991 г.) действия государственной и областных программ охраны земель. По основным параметрам программ до конца 80-х гг. были достигнуты весомые результаты. Однако в последующие годы объемы работ по повышению плодородия почв уменьшились до минимальных величин. Почти не осуществляется агролесомелиорация, значительно уменьшились объемы внесения удобрений, немало почв не обрабатывается, засорено и вообще заброшено. Как следствие, снизилось содержание питательных веществ, почвы стали кислее, ухудшились их физические свойства.

Вероятно, уже в давние времена была известна деградация и даже опустынивание почв под действием сельскохозяйственного использования. Научное объяснение этому явлению можно найти у В. В. Докучаева в его книге «Наши степи прежде и теперь», опубликованной более 120 лет тому назад. Причина неблагоприятного состояния чернозема, писал В. В. Докучаев, в его неразумной беспощадной эксплуатации, разворовывании естественных богатств, а пути к его восстановлению - через просвещенный взгляд и любовь к земле. Под просвещенным взглядом Докучаев имел в виду использование почв в соответствии с физико-географическими, историческими и экономическими условиями, разделение земледельческой территории на сельскохозяйственные районы с разной специализацией, применение мелиораций и, главное, глубокие исследования и союз науки с производством. А под любовью к земле – заботу («жертву») государства и добрую волю землепользователя. Немало слов ученого обращено к государству, которое должно так организовать земледелие, чтобы оно было выгодно для общих нужд, а не отдельных лиц, чтобы были доступны государственные кредиты и чтобы государственные мужи не говорили, что есть более важные нужды. Докучаев предостерегал, что земледельческую деятельность нельзя уподоблять азартной биржевой игре, так как она иногда (как в годы с благоприятной погодой) может дать большую выгоду, а чаще приводит к финансовому и моральному краху. Есть у Докучаева и другие интересные и очень современные рекомендации – и о том, как можно лучше использовать почвы, и об образцовых хозяйствах для распространения нового опыта, и об обязанности помочь больному чернозему как это всегда помогают больному человеку.

В сравнении со временем Докучаева сегодня суть проблем в земледелии принципиально не изменилась. Проведены многочисленные исследования, подтверждающие слова Докучаева, однако земледелие, как и прежде, остается несбалансированным, чрезмерно интенсивным, именно такое земледелие формирует предпосылки для развития процессов деградации.

Снижение устойчивости почвенного покрова и ее следствия. Использование пашни с неблагоприятными свойствами почв экономически неэффективно и создает угрозу дальнейшего ухудшения почв вследствие несбалансированности современного земледелия. По данным Г. В. Добровольского и др. (Dobrovolskij et al., 2002), 30 % (а лучше 40 %) территории нужно поддерживать в ненарушенном естественном состоянии. Приблизительно такой же процент земель можно распахивать и только тогда агроландшафт может быть эрозионно устойчивым (Svetlichnyj et al., 2004). По другим данным, между экологостабильными угодьями (лес, пастбище, сенокос, водоем) и угодьями, которые дестабилизируют ландшафт (пашня), должно быть соотношение, по меньшей мере, 1:1 (Guidelines, 1983) и в большинстве стран мира, за исключением Венгрии, Украины, отдельных штатов США и некоторых стран юго-восточной Азии, оно отвечает этим рекомендациям ФАО.

Мониторинг распахиваемой почвы

Острая динамика свойств и сложения и, как результат, динамика основных режимов влаги, воздуха и других характеристик, релаксация как период уравнивания – новые характеристики агропочвы, требующие учета в мониторинге. Кроме того, также требуют тщательного анализа новые явления, присущие распахиваемой почве и вносящие немаловажные особенности в ее поведение. Это так называемый дрейф и инерция (в английской транскрипции lag, или буквально «отставание», запаздывание), или время, в течение которого почва восстанавливает присущие ей модальные характеристики.

Заметим, что об этом времени в литературе пока нет устоявшегося мнения, можно найти самые разнообразные суждения. Например, считается, что почве нужно около 2-х недель с оптимальными условиями температуры и влажности для того,

чтобы достичь максимального (для данной местности) уровня оструктуренности (Litvin and Medvedev, 1974), от нескольких дней до 2-х недель в зависимости от агрофона и осадков – для восстановления равновесной плотности сложения после обработки (Medvedev et al., 2004). Из наблюдений А. М. Гринченко и др. (Grinchenko, 1966) за динамикой содержания гумуса в течение 100 после распашки целины его интенсивное падение продолжалось примерно 12 лет, а через 37 лет оно замедлилось и стало мало заметным. Примерно такие же выводы можно сделать на основании агрохимической паспортизации. Считается, что к началу 90-х годов в Украине после 25 лет интенсивной химизации было достигнуто простое воспроизводство плодородия, так как падение гумуса в почвах резко замедлилось и наступила инерционная фаза (Zubetz et al., 2007). В США, в центральном поясе, где распространены черноземовидные почвы (mollic soils) для этого понадобилось почти 60 лет, так как потери гумуса были в 2 раза интенсивнее, чем в Украине (Lal et al., 1998).

А. В. Смагин (Smagin, 2012), используя оригинальный метод реконструкции динамики развития черноземов, подтвердил, что деградация черноземов не завершается даже после 200 лет их эксплуатации, в последующие годы деградация распространяется на более глубокие горизонты, приводя к постепенной минерализации свыше 70% исходного запаса гумуса. Если в первые 100–200 лет теряется от 30 до 50 %, в дальнейшем процесс продолжается, хотя с более медленной скоростью. Только через 2–3 тысячи лет может сформироваться новое стационарное состояние, соответствующее 3–4-кратному снижению источника гумусовых веществ по сравнению с целиной. Эти исследования доказывают, что, видимо, каждое свойство почвы в зависимости от его вариабельности во времени, может иметь индивидуальное время для установления равновесия. Кроме того, из этих данных следует, что равновесие может быть только кажущимся.

Какие же выводы можно сделать из этой довольно разноречивой информации?

Почва имеет несколько механизмов, позволяющих ей противостоять антропогенному вмешательству. Это биологический механизм, то есть, способность к самоочищению, и физико-механический механизм, раскрывающий суть таких процессов поддержания свойств почв как буферность, адсорбция, барьерная функция. Благодаря существованию этих механизмов почва способна уменьшать негативные последствия ксенобиотического вмешательства, к которым относится распашка. Любая почва имеет определенную емкость сопротивления, после превышения которой необратимо (?) деградирует.

В почве действует постоянно обновляемая система обеспечения свежим органическим веществом, которое частично минерализуется, а частично превращается в гумус, а затем вновь минерализуется. В этом процессе важно то, что не иссякает источник гумуса как «строителя» структуры и ответственного за сохранение физического состояния почвы.

При помощи биогеохимического круговорота, нисходящих и восходящих потоков в природных почвах поддерживается постоянный вещественный состав во времени (Kovda, 1973). В отношении постоянства состава почв уместно подчеркнуть его относительность, ибо почву следует считать развивающимся во времени парабиотическим (почти живым) объектом (Sokolovsky, 1956). Постоянство вещественного состава – также важный фактор постоянства свойств и режимов.

Биоразнообразие почвенного покрова – ничто иное, как своеобразный механизм поддержания почв и границ между ними в пространстве. Пестрота почвенного покрова в природных условиях поддерживается неопределенно долго, пока не происходят существенные пространственные трансформации (Karpachevskij, 2001; Godwin et al., 2002). Поддерживая постоянство горизонтальной структуры почвенного покрова, почва тем самым способна поддерживать характерные режимы преобразования веществ и энергии в пределах географических зон и провинций. Иначе говоря, почвенная карта заповедной территории длительное время остается

неизменной, пока не происходят климатические или наземные флуктуации. Почвенный покров таких территорий может измениться лишь в результате совершенствования наших знаний о почвах и уточнения почвенных классификаций.

Биологический механизм обеспечивается остаточным микробиологическим пулом. В почве даже после суровой зимы сохраняется (в тончайших порах, где создаются условия для выживания) незначительная часть микробной массы, которая с наступлением благоприятных условий – влаги и тепла, способна быстро восстановить исходную массу и ее функции (Trofimov et al., 2004).

Благодаря перечисленным механизмам противоположные по своей сути процессы уравниваются и годовой баланс веществ и энергии в природной почве обычно равен нулю, хотя, как утверждает А. А. Роде (Rode, 2008), полной компенсации противоположных процессов все же не происходит, в результате чего почва может развиваться в ту или иную сторону. Однако этот процесс замедлен и трудно поддается количественному определению. За более короткий период времени разрушительные и восстановительные процессы в почве уравниваются. Это касается синтеза и разложения органических веществ, выщелачивания и восходящего тока веществ в профиле, окисления и восстановления, высвобождения и фиксации элементов. По данным наблюдений за содержанием и качеством органического вещества, составом и свойствами черноземов, их физическими и химическими свойствами в целинных условиях за последние 100 лет существенных изменений не отмечено (Medvedev, 2012). Приблизительно к таким же выводам пришли американские исследователи Р. Лал и др. (Lal et al., 1998), исследуя черноземовидные почвы США (mollic soils), начиная с 90-х гг. XIX века.

Ситуация радикально меняется, когда почва осваивается человеком и превращается в природно-антропогенное тело. Сравнивая целинные и распаханые почвы, исследователи отмечают значительные различия между ними, однако не решаются, за некоторыми исключениями, отнести их к генетически различным почвам. Конечно, целинный и распаханый чернозем являются генетически родственными почвами, однако действие антропогенного фактора настолько значимо, что привело к существенному преобразованию и деградации их экологических и продуктивных функций. До недавнего времени почвоведы словно не замечали деградированных черноземов.

Таким образом, если почва способна восстановить характерные параметры (или мы поможем ей в этом), то, значит, такая почва пребывает в некоем промежуточном кажущемся равновесном, а точнее, неравновесном состоянии. Если же почва потеряла способность возвращаться к исходному состоянию, то, значит, она стала деградированной. И в этом случае, мы обязаны предпринять соответствующие меры (вывести ее из пашни, либо, если позволяют ресурсы, повысить ее плодородие). Мониторинг распаханой почвы должен предусматривать соответствующий набор инструментов для решения обозначенных целей. Перечислим их кратко.

В мониторинге почв пашни предпочтение следует отдавать данным, полученным в режимах *in situ* (непосредственно в полевых условиях) и *on-line* (непрерывной регистрации свойств почв). Такие режимы устраняют необходимость отбора и транспортировки почвенных и растительных образцов в лабораторию, делают ненужными все подготовительные операции и камеральные аналитические работы. Кроме того, и это главное, режимы *in situ* и *on-line*, учитывая постоянную динамику основных режимов почв во времени в зависимости от увлажнения, температуры, микробиологической активности, устраняют неизбежное несовпадение между полевыми и камеральными измерениями. Опираясь лишь на равновесные величины, преимущественно получаемые в результате традиционного мониторинга, трудно корректно описать своеобразную ритмику процессов почвообразования, присущую распаханой почве.

Сегодня возможности изучения реальной суточной, сезонной, годовой и многолетней динамики почвенных процессов стремительно расширяются (Medvedev, 2007).

Для описания почвообразовательных процессов в распахиваемых почвах важно ведение так называемого научного мониторинга, с помощью которого получают информацию повышенной точности и емкости, пригодную для прогнозов и обоснованных управленческих решений. С этой целью закладывают почвенно-экологический полигон, который используется для исследования следующих задач:

- изучение пространственного распределения химических элементов, показателей свойств почв и процессов в зависимости от ландшафтного положения и антропогенных факторов (задача «геостатистика»);
- слежение за изменениями основных характеристик почв под действием природных и антропогенных факторов (задача «динамика»);
- изучение количественных и качественных параметров перераспределения химических элементов, поверхностного и внутрипочвенного стока (задача «миграция»);
- проведение специальных опытов с искусственно заданными параметрами антропогенной нагрузки (задача «моделирование и прогноз»).

Для проведения исследований полигон оборудуется стоковыми и микростоковыми площадками, лизиметрами, наблюдательными скважинами, осадкомерами, гидропостами, осуществляется детальное почвенное картирование.

Исследования на полигоне ведутся в соответствии с обозначенными задачами с особым акцентом на геохимическую и гидрологическую функции почвенного покрова. Под геохимической функцией понимается способность почв удерживать, трансформировать и перераспределять в пространстве химические элементы. Под гидрологической функцией – деятельность почвы, направленную на формирование определенного режима влагообеспечения растений и организмов в ландшафте, а также транспорта веществ. Водная миграция является одной из основных форм миграции химических элементов в экосистеме и ландшафте, поэтому геохимическая и гидрологическая функции изучаются согласованно.

Идеальным представляется вариант, когда почвенно-экологический полигон дополняется длительными (стационарными) полевыми экспериментами по изучению разных уровней и типов антропогенной нагрузки (с обработкой, удобрениями, мелиорациями и другими). Обычно такого рода опыты ведут с целью выработки оптимальной технологии получения продукции растениеводства, а наблюдения за изменениями почвенных параметров в них выглядят как не всегда обязательное приложение к данным урожайности культур либо эколого-экономическим интерпретациям. Вместе с тем такие наблюдения могут и должны стать самостоятельной и исключительно важной оценкой в самых разных направлениях:

- определение характерных показателей свойств и процессов при разных уровнях антропогенной нагрузки (от минимальных, на контроле, до максимальных, не имеющих места сегодня, а ожидаемых в перспективе);
- определение скорости изменения свойств и процессов при таких же нагрузках;
- установление общей направленности изменения показателей и процессов (количественное описание антропогенной эволюции почв).

Реализация задач научного мониторинга позволит использовать преимущества педотрансферного моделирования в целях прогнозирования почвенных процессов. Контроль элементарных почвообразовательных процессов, продуктивных и экологических функций, упреждающая информация о состоянии почв, миграции веществ и загрязнителей в смежные среды должны стать важными задачами научного мониторинга и одновременно инструментом для становления экспериментального почвоведения повышенного информационного содержания.

В почвоведении и агрохимии известно немало моделей, способных надежно предсказать поведение растворимых солей (аккумуляция или выщелачивание), органических веществ (минерализация либо гумификация), влаги (разнотипные миграции), развитие корневых систем, циклы отдельных элементов (С, N, Р и др.) эффективность удобрений, продуктивность культур. Более сложные, так называемые неравновесные, модели позволяют прогнозировать направление и параметры эволюции почвенного покрова на отдаленную перспективу под влиянием глобальных изменений климата.

Напомним: термин «прогноз» является эквивалентом термина «экстраполирование», то есть, расчет изучаемых показателей за пределами наблюдаемых (опытных) значений. Прогноз – экстраполяция во времени, расчет будущих значений. Прогноз – наиболее запущенная часть почвоведения. Частично такое состояние объясняется отсутствием длинного ряда равноотстоящих наблюдений как обязательного условия для выработки корректного «дальнего» прогноза. Иначе говоря, отсутствие корректных прогнозов, столь необходимых для устранения случившихся в прошлом ошибок (переосушения части Полесья, ликвидации плавней Днепра, чрезмерной распашки степей и черноземов, других масштабных, но недостаточно обоснованных проектов) явились следствием отсутствия полноценного мониторинга и в особенности точного представления об антропогенной эволюции почв.

Следует подчеркнуть, что по мере освоения мониторинга в почвоведении должны получить развитие методы прогнозирования, ибо широко распространенные ранее (упрощенные регрессионные модели, модели экспоненциального сглаживания Брауна, скользящих средних и другие) оказались несостоятельными. Предпочтение должны получить методы Бокса и Дженкинса, апробация которых дала положительные результаты (Medvedev, 2012).

Методология управления плодородием длительно распахиваемой почвы. На длительно распахиваемых почвах как почвах с новым генетико-производственным статусом должна использоваться соответствующая агротехнология. Если параметры свойств находятся в благоприятном интервале значений, то основная направленность земледельческих технологий должна состоять в применении таких способов обработки, которые способствовали бы их сохранению. По мере ухудшения свойств распахиваемых почв насыщенность улучшающими обработками должна возрастать. И, наконец, если почва необратимо ухудшена (соответствующие критерии известны – Novakovsky et al., 2000; Medvedev, 2013), почву следует вывести из пашни вообще. Разумеется, это лишь общая схема, в которую необходимо вносить уточнения в зависимости от реального состояния почв, генетических, климатических, орографических, литологических и многих других особенностей почвенного покрова, а также от направленности и интенсивности его хозяйственного использования.

Учитывая исключительную роль почв и в особенности черноземов в создании экономического и экологического благополучия Украина как государство, которое имеет значительную площадь этих уникальных тел природы, просто обязано иметь ясно обозначенную стратегию их охраны. Это означает эффективное функционирование почвозащитных программ и законов, жесткий контроль их выполнения, мониторинг с использованием широкой программы индикаторов (подобно лучшим европейским аналогам), обязательное нормирование всех видов нагрузок, ответственность власти и всех землепользователей. Чернозем должен фактически, а не декларативно стать особо ценной почвой с особым режимом экономного и устойчивого использования, которое, прежде всего, означает соблюдение рекомендованных и внедрение новейших почвозащитных технологий.

Программой развития агропромышленного комплекса страны поставлены очень амбициозные задачи относительно сельскохозяйственной продукции. Уверены, что традиционные подходы только на основе удобрений и интенсивной обработки не

способны решить эти задачи. Нужно научиться регулировать не только питательный режим, а и режимы влаги, воздуха, не допускать переуплотнения корнеобитаемого слоя, уберечь от эмиссии углерод и другие вещества, и главное, уменьшить непроизводительные потери влаги. Именно здесь могли бы оказаться полезными новейшие сельскохозяйственные технологии - консервативная, точная, нулевая, другие обработки, почвозащитный и экономический эффект от которых бесспорен.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В результате антропогенной эволюции на пашне формируется новое тело – антропогенно преобразованная почва, которая в сравнении с целиной имеет иные строение, свойства и режимы. Здесь усиливаются анизотропность, пространственная гетерогенность, преференциальные нисходящие и восходящие потоки влаги, формируются новые типы горизонтальных и вертикальных почвенных профилей, растет равновесная плотность, консолидация и количество ложных агрегатов, изменяется структура порового пространства, отмечается очевидное торможение процессов агрегации, теряется способность к обратимости свойств и режимов как основное условие противодействия деградационным процессам, нарушается характерная для природной почвы ритмика почвообразования за счет активизации релаксационных процессов. Значительные изменения происходят в тонкодисперсной минеральной и органической частях.

2. Агропочвы как почвы со строением, свойствами и режимами, отличными от природных, должны получить соответствующее место в классификации, а их использование и управление плодородием должны соответствовать степени их трансформированности и этапу антропогенной эволюции.

3. Возможные сценарии антропогенной эволюции почв: *деградация* – наиболее вероятный – при сохранении современного несбалансированного и некачественного земледелия, *кажущееся равновесие* – наименее вероятный сценарий, возникший в результате краткосрочных наблюдений, *устойчивое развитие*, к которому следует стремиться как «разумному» земледелию. Несбалансированного дефицитного земледелия допускать нельзя.

4. Для осуществления благоприятного сценария антропогенной эволюции почв необходима организация исследований с использованием режимов *in situ* и *on-line*, ландшафтных почвенно-экологических полигонов, комплексных стационарных опытов с применением методов планирования эксперимента, использование эффективных методов прогнозирования почвенных процессов и в целом образцовая система научного мониторинга. Бесконтрольного использования почв в стране не должно быть.

5. Цель агропочвоведения сегодня - обосновать переход от зональных слишком обобщенных технологий к точным агротехнологиям, адаптированным к особенностям каждого поля и степени их трансформированности (хорошее состояние – профилактика, среднее – зональные технологии + почвоулучшающие меры, плохое состояние – активные мелиоративные меры либо ренатурализация).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Antipov-Karataev, I. N., Kellerman, V. V., Khan, D. V., 1948. О почвенном агрегате и методах его исследования [About the soil aggregates and methods of its research]. Publishing house of the AS USSR (in Russian).

Bakhtin, P. U., 1969. Исследования физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР [Research of physic-mechanical and technological properties

of the basic soils types in the USSR]. Kolos, Moscow (in Russian).

Dobrovolskij, G. V., Vasilevskaja, V. D., Zajdelman, F. R., Zvjagintsev, D. G., Kuznetsov, M. S., Kust, G. S., Orlov, D. S., 2002. Факторы и виды деградации почв [Factors and kinds of soil degradation]. Soil degradation and protection. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. 33–60 (in Russian).

Dokuchaev, V. V., 1953. Nashi steri prezhe i teper [Our steppe before and now]. Selhosgis, Moscow (in Russian).

Garifullin, F. Sh., 1979. Fizicheskie svoistva pochv i ikh izmenenie v protsesse okultivaniia [Soil physical properties and their change during using]. Nauka, Moscow (in Russian).

Godwin, R. J., Earl, R., Taylor, C., Wood, G. A., Bradley, R. I., Welsh, J. P., Richards, T., Blackmore, B. S., Carver, M., Knight, S., 2002. Precision farming of cereals. Practical guidelines and crop rotation. Project Report 267, Home-Grown Cereals Authority. London. P. 8.

Grinchenko, A. M., 1984. Okultivanie pochv – osnova povysheniia prirodno-ekonomicheskogo plodorodiia [Soil cultural processes – a basis of increase of nature-economic fertility]. Agriuniversity, Kharkiv (in Russian).

Grinchenko, O. M., Chesnjak, G. Ja., Chesnjak, O. A., 1965. Pro rozvytok kulturnoho hruntotvornoho protsesu na chornozemakh Lisostepu Ukrainy ta efektyvnist dobryv [About development cultural soil formation processes in chernozems of forest steppe of Ukraine and efficiency of fertilizers]. News of agric. sciences. 11, 55–61 (in Ukrainian).

Grinchenko, O. M., Chesnjak, O. A., Chesnjak, G. Ja., 1966. Vliianie selskokhoziajstvennoj kultury na izmenenie fiziko-khimicheskikh svojstv moshchnogo chernozema [An influence of an agricultural crop on change of physical and chemical properties of powerful chernozem]. Scien. works of Kharkiv agriuniversity. 49(86), 7–16 (in Russian).

Guidelines: Land evaluation for reinfed agriculture, 1983. Soils Bull., 52/FAO, Rome. 237 p.

Karpachevskij, L. O., 2001. Nekotorye metodicheskie aspekty ucheta prostranstvennoj neodnorodnosti v pochvovedenii [Some methodical aspects of the account of spatial heterogeneity in soil science]. Scale effects at soil research. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. 39–46 (in Russian).

Korolev, V. A., 2008. Sovremennoe fizicheskoe sostoianie chernozemov tsentra russkoj ravniny [Modern physical condition of chernozems of the center of Russian plain]. Voronezh (in Russian).

Krupenikov, I. A., 1978. Chernozem – nashe bogatstvo [Chernozem – our riches]. Kartja Moldovenjaskie, Kishinev (in Russian).

Kovda, V. A., 1973. Osnovy ucheniia o pochvakh [Base of the doctrine about soils. The

book 1. The general theory of soil formation process]. Nauka, Moscow (in Russian).

Litvin, V. G., Medvedev, V. V., 1974. Sezonna dinamika struktury i budovy chornozemu glybokogo z analizom ii osnovnykh prychyn [Seasonal changes of structure and bulk density of chernozem deep with the analysis of principal causes]. Agrochemistry and Soil Science. 27. Urozhai, Kyiv. 13–20 (in Ukrainian).

Lal, R., Kymby, Dj. M., Follet, R., Cole, S. V., 1998. Potentsial obrabatyvaemykh zemel SSHA po sekvestratsii ugleroda i smiagcheniu parnikovogo effekta [Potential of the arable lands of USA on sequestration of carbon and to mitigation of a hotbed effect]. Sleeping Bear Press, USA (in Russian).

Medvedev, V. V., 2007. Perspektyvni instrumentalni metody vyvchennia hruntiv u rezhimakh in situ i on-line (za materialamy novitnikh publikatsii) [Perspective instrumental methods for research of soils in the modes in situ and on-line (for materials of newest publications)]. Agrochemistry and Soil Science. 67, 10–18 (in Ukrainian).

Medvedev, V. V., 2010. Nulovyi obrobitor v evropeiskikh krainakh [No-till in European countries]. EDENA, Kharkiv (in Ukrainian).

Medvedev, V. V., 2013. Do obhruntuvannia skorochennia rilli v Ukraini [To substantiation of reduction of arable land in the Ukraine]. News of agrarian sciences. 1, 59–63 (in Ukrainian).

Medvedev, V. V., 1988. Optimizatsiia agrofizicheskikh svojstv chernozemov [Optimization agrophysical properties of chernozems]. Agropromizdat, Moscow (in Russian).

Medvedev, V. V., 2008. Struktura pochvy (metody, genesis, klassifikatsiia, evoliutsiia, geografiia, monitoring, okhrana) [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, protection)]. 13 printing house, Kharkiv (in Russian).

Medvedev, V. V., 2011. Fizicheskie svoistva i glubina zaleganiia pluzhnoi podoshvy v raznykh tipakh pochv [Physical properties and depth of plow pan in different soil types]. Eurasian Soil Science. 11, 1487–1495 (in Russian).

Medvedev, V. V., 2012. Monitoring pochv Ukrainy. Kontseptsii, itogi, zadachi [Soil monitoring of the Ukraine. The concept, results, tasks]. The City printing house, Kharkiv (in Russian).

Medvedev, V. V., 2013. Fizicheskaia degradatsiia chernozemov. Diagnostika. Prichiny. Sledstviia. Preduprezhdenie [Physical degradation of chernozems. Diagnostics. The reasons. Consequences. The prevention]. The city printing house, Kharkiv (in Russian).

- Medvedev, V. V., 2013.** Vremennaia i prostranstvennaia heterogenizatsiia raspakhivaemykh pochv [Time and spatial heterogeneity of soil ploughed up]. *Gruntoznastvo*, 14(1-2), 5–22 (in Russian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. M., Pocheptsova, L. G., 2003.** Vplyv struktury hruntu na filtratsiinu zdattist [Influence of soil structure on hydraulic penetration]. *News of agrarian sciences*. Kyiv. 3, 5–8 (in Ukrainian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. M., Pocheptsova, L. G. et al., 2003.** Osobennosti formirovaniia vertikalnykh vodnykh potokov v chernozeme tipichnom [Feature of formation of vertical water streams in chernozem typical]. *News of Kharkiv Agrouniversity*. 1. Soil Science. 37–43 (in Russian).
- Medvedev, V. V., Lyndina, T. E., Laktionova, T. M., 2004.** Plotnost slozheniia pochv. Geneticheskij, ekologicheskij i agronomicheskij aspekty [Soil bulk density. Genetic, ecological and agronomical aspects]. 13 printing house, Kharkiv (in Russian).
- Metodychni vказivky z okhony hruntiv, 2011** [Methodical instructions on soil protection]. State centre on soil fertility protection of Minagripolicy, Kyiv (in Ukrainian).
- Nosko, B. S., Medvedev, V. V., Batsula, O. O. et al., 1988.** Vliianie organicheskikh i mineralnykh udobranij na plodorodie pochv [Influence of organic and mineral fertilizers on soil fertility]. *Soils of Ukraine and increase of their fertility*. 2. Urozhaj, Kyiv. 34–58 (in Russian).
- Novakovsky, L. Ja., Kanash, O. P., Leonets, V. O., 2000.** Konservatsiia dehradovanykh i maloproduktyvnykh zemel Ukrainy [The conservation of degradative and low productive lands of the Ukraine]. *News of agrarian science*. 11, 54–59 (in Ukrainian).
- Polupan, M. I., Solovej, V. B., Velichko, V. A., 2005.** Klasyfikatsiia hruntiv Ukrainy [Classification of soils of the Ukraine]. *Agrarian science*, Kyiv (in Ukrainian).
- Rode, A. A., 2008.** Izbrannye trudy. Pochvennye rezhimy. Zadachi i obshie metody ikh izucheniiia [The selected works. Soil modes. Tasks and the general methods of their studying]. 1, 243–257 (in Russian).
- Russell, E. Дж., 1955.** Pochvennye usloviia i rost rastenij [Soil conditions and growth of plants]. Publishing house of the foreign literature, Moscow (in Russian).
- Smagin, A. V., 2012.** Dinamika chernozemov: rekonstruktsiia razvitiia i prognoz agrodegradatsii [Dynamics of chernozems: reconstruction of development and the forecast agrodegradation]. *Problems of agrochemistry and agroecology*. 3, 31–38 (in Russian).
- Sokolovsky, A.N., 1956.** Pochvovedenie [Soil science]. Selchozgis, Moscow (in Russian).
- Svetlichnyj, A. A., Chernyj, S. G., Schvebs, G. I., 2004.** Erozirovedenie. Teoreticheskie i prikladnye aspekty [Soil erosion. Theoretical and applied aspects]. The university book, Sumy (in Russian).
- Tichonenko, D. G., 2012.** Uchennia pro budovu hruntovoho pokryvu [Doctrine on soil cover structure]. Khark. Agriuniversity named V. V. Dokuchaev, Kharkiv (in Ukrainian).
- Trofimov, S. J., Bobrov, A. A., Dorofeyev, E. I., 2004.** Pochvy i bioraznoobrazie: analiz vzaimnogo vliianiia [Soils and a biodiversity: the analysis of mutual influence]. *Works of Institute of Soil Science of the Moscow State University named M. V. Lomonosov and of the Russian Academy of Science*. 4. «Soils and a biodiversity». 8–20 (in Russian).
- Vershinin, P. V., 1959.** Tverdaia faza pochvy kak osnova ee fizicheskogo rezhima [Firm a phase of soil as a basis of its physical mode]. *Bases of agrophysics*, Fismatgis. 299–404 (in Russian).
- Voronin, A. D., 1959.** Kharakteristika aktivnoj poverkhnosti fraktsii mekhanicheskikh elementov kompleksa pochv svetlo-kashtanovoi podzony [Characteristic of an active surface of fractions of mechanical elements of a soil complex of light-brown subzone]. *Scient. Report of high sc. biol. sciences*. 3, 189–192 (in Russian).
- Zubetz, M. V., Golovko, A. M., Medvedev, V.V., Bogdanov, G. O., Prister, B. S., Kovalenko, P. I., 2007.** Environmental protection in the Ukraine. Agro-ecosystems in technogenesis conditions. *Proc. of Meeting of the Union of European Agrarian Academies*. Agrarna nauka, Kyiv. 9–58.

Стаття надійшла в редакцію: 15.01.2014

Рекомендує до друку: чл.-к. НАНУ, д-р біол. наук, проф. А. П. Травлєєв

SOIL CHEMISTRY



N. Ye. Opanasenko ✉

Dr. Sci. (Agri.), Professor

A. P. Yevtushenko

A. P. Grishina

UDK 631.445.9 (477.7)

*Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific
Center, NAAS, Nikita, 98648, Yalta, Crimea, Ukraine*

MAGNESIAN ALKALINITY OF TRENCHING SOILS OF PRICHERNOMORSKAYA LOWLAND

Abstract. The data of scientists about spreading, genesis, composition and properties of low sodium soils with high content of magnesium in soil sorption complex, and its influence on plants have been considered.

The aim was to determine the absorbed ability of soils and the level of saturation by bases; to determine the dependence of density of foundation, quantity of silt from the content of absorbed magnesium from magnesium water soluble salts in them; to determine kation-anion and salt composition of irrigation waters.

The trenching low sodium remaining alkalinic south black soils, dark-chestnut, turf-steppe black soils of Prichernomorskaya lowland with content 20–73 % Mg^{2+} in soil sorption complex and also irrigation waters have been studied.

Physical clay, silt, volumetric mass, general porosity, air-volume, water-permeability, micro-aggregate composition, absorbed base, kation-anion composition of easy soluble salts and hypothetical salts have been determined in soils. Kation-anion composition and hypothetical salts have been determined in irrigation waters.

The sum of absorbed bases in studied soils corresponded to the content of fraction of physical clay and silt, and also to the provision of soils with organic substances. The humus reserves in trenching layer 0–60 cm of black south soils were 200–240 t/ha, dark-chestnut soils – 150–180 t/ha, turf-steppe light suglinic – soils 80–130 t/ha. That's quite normal that south black soils (30 mg-eq./100 gr.) have the best absorbed ability, and the turf-steppe susand soils have the worst absorbed ability (9 mg-eq./100 gr.).

Accordance of absorptive ability of soils to the content of fraction of physical clay, silt, humus has been determined.

The largest content and variation of absorbed magnesium in soil sorption complex of trenching layers of light suglinic and susand turf-steppe soils of high river terraces and the lowest content in black south soils and dark-chestnut soils have been established.

It has been established that for genetically different soils with high content of exchanged magnesium the high density of formation, low general porosity, air-volume, water-irrigation, micro-aggregation and also clods, cracks and dust in dry condition, absence of illuviation are typical.

Kation-anion composition of easy soluble salts in soils and in irrigation waters has been analyzed in details. The sum of all toxic water soluble salts in black south soils was 0.31 mg-eq./100 gr., magnesium salts ($MgCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$, $MgCl_2$, $MgSO_4$) – 0.18 mg-eq./100 gr. or 58 % from the sum of toxic salts. In dark-chestnut soils these indexes were 0.16 and 0.11 mg-eq./100 gr. and 69 %; in turf-steppe light suglinic soils – 0.32 and 0.18 mg-eq./100 gr. and 56 %; and for turf-steppe susand

✉ Tel.: +038095-528-33-25. E-mail: igorkostenko@ukr.net

DOI: 10.15421/041403

soils they were 0.26 and 0.15 mg-eq./100 gr. and 58 %. In all soils chlorides magnesium prevailed over toxic salts ($\text{NaCl}+\text{MgCl}_2+\text{CaCl}_2$).

In south black soils and turf-steppe soils in layer 0–60 cm there were both toxic and magnesium salts. Dark-chestnut soils in comparison with above said ones have less toxic salts and less magnesium salts, but their part in the sum of all salts was the highest – 69 %. The less content of toxic salts in dark-chestnut soils in comparison with others is attributed to their location to good drained height in Ochakov region.

Probability of irrigation magnesium solonetzation of soils under long watering of orchards and vineyards by water from artesian well, Ingulets canal and from pond has been studied.

In fresh and weakly mineral waters among toxic salts the magnesium salts (67-88%) as also in soils, chloride of magnesium are prevailed. Prevailing of magnesium over calcium in irrigated waters reduces quality of water and leads to accumulation of Mg^{2+} in soil sorption complex and negatively influences on soils.

The following conclusions have been done:

Genetically different low sodium remaining alkalinic with high content of exchanged magnesium in soil absorption complex trenching soils are characterized by high density, low porosity, air-volume, water-permeability, micro-aggregation and also clods, cracks and dust in dry condition, absence of illuviation.

In soils and irrigation waters magnesium salts prevail over toxic easy soluble salts (67–88 % and 56–69 %). There are the probable sources of large accumulation of magnesium in soil absorption complex, magnesium solonetzation and the reason of unfavourable soil conditions.

Key words: *absorptive ability of soils, exchanged magnesium, easily soluble salts.*

УДК 631.445.9 (477.7)

М. Є. Опанасенко

д-р с.-г. наук, проф.

Г. П. Євтушенко

Г. П. Гришина

Нікітський ботанічний сад – Національний науковий центр НААН,

смт Нікіта, 98648, м. Ялта, АР Крим, Україна,

тел.: +038095-528-33-25, e-mail: igorkostenko@ukr.net

ПРО МАГНІЄВУ СОЛОНЦЮВАТИСТЬ ПЛАНТАЖОВАНИХ ҐРУНТІВ ПРИЧОРНОМОРСЬКОЇ НИЗОВИНИ

Вивчені плантажовані малонатрієві з високим вмістом обмінного магнію чорноземи південні, темно-каштанові та дерново-степові чорноземовидні ґрунти Причорноморської низовини. Для цих ґрунтів характерні: висока щільність складення, знижена або низька загальна поруватість, повітроємність за НВ, водопроникність, мікроагрегованість, а також брилястість, тріщинуватість і пилуватість.

З'ясовано, що в ґрунтах серед токсичних легкорозчинних солей, як і в іригаційних водах, переважають магнієві солі (56–69 % і 67–88 % відповідно), які є одним з джерел великого накопичення магнію у вбирному комплексі ґрунту, магнієвої солонцюватості та причиною несприятливих властивостей ґрунтів.

Ключові слова: *вбирна здатність ґрунтів, обмінний магній, легкорозчинні солі.*

УДК 631.445.9 (477.7)

Н. Е. Опанасенко

д-р с.-х. наук, проф.

А. П. Евтушенко

А. П. Гришина

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр НААН,

пгт Никита, 98648, г. Ялта, АР Крым, Украина,

тел.: +038095-528-33-25, e-mail: igorkostenko@ukr.net

О МАГНИЕВОЙ СОЛОНЦЕВАТОСТИ ПЛАНТАЖИРОВАННЫХ ПОЧВ ПРИЧЕРНОМОРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Изучены плантажированные малонатриевые с высоким содержанием обменного магния черноземы южные, темно-каштановые и дерново-степные черноземовидные почвы

Причерноморской низменности. Для этих почв характерны: высокая плотность сложения, пониженная или низкая общая пористость, воздухоемкость при НВ, водопроницаемость, микроагрегированность, а также глыбистость, трещиноватость и пылеватость.

Установлено, что в почвах среди токсичных легкорастворимых солей, как и в ирригационных водах, преобладают магниевые соли (56–69 % и 67–88 %, соответственно), которые являются одним из источников большого накопления магния в почвенном поглощающем комплексе, магниевой солонцеватости и причиной неблагоприятных свойств почв.

Ключевые слова: *поглотительная способность почв, обменный магний, легкорастворимые соли.*

ВВЕДЕНИЕ

Малонатриевые солонцовые почвы с высоким содержанием в ППК магния широко распространены в южных регионах Украины, России и других стран Содружества среди черноземов, каштановых почв, сероземов, аллювиальных и дерново-степных супесчаных почв речных долин. Эти почвы в разное время изучались К. К. Гедройцем (Hedroitz, 1916, 1955), Л. И. Прасоловым, И. Н. Антиповым-Каратаевым (Prasolov and Antipov-Karataev, 1930, 1935, 1953), П. И. Шаврыгиным (Shavrygin, 1935), С. А. Кудриным, А. Н. Розановым (Kudrin and Rosanov, 1938), С. И. Соколовым (Sokolov, 1963), Р. Я. Мамаевой (Mamaeva, 1966), Н. П. Пановым (Panov, 1971, 1972) и другими учеными.

В большом количестве (>35 % от суммы оснований) поглощенный магний и его гуматы токсичны для растений: снижается подвижность протоплазмы клеток и образование пектинатов кальция, вытесняется кальций из нуклеопротеидов, повреждаются корни растений (Hedroitz, 1955; Prasolov and Antipov-Karataev, 1930; Mamaeva, 1966).

При большом насыщении ППК магнием возрастает дисперсность почв в силу большей его гидратированности, меньшей растворимости $Mg(OH)_2$ и константы вытеснения из поглощающего комплекса. Увеличиваются набухание, липкость, плотность, растворимость кремнезема, полуторных окислов, перегной почв, для них характерны также слитость, глыбистость, трещиноватость, пониженная скорость фильтрации, порозность и капиллярный подъем воды (Hedroitz, 1916, 1955; Antipov-Karataev, 1935, 1953; Sushko, 1933; Shavrygin, 1935; Breshkovsky, 1937; Bogatyrev, 1958; Sokolov, 1963).

Известно также, что магний по своему действию на физические и химические свойства почв стоит ближе к кальцию, чем к натрию (Sushko, 1933; Breshkovsky, 1937; Sokolov, 1963), но при соотношении Ca^{2+} : Mg^{2+} : Na^+ как 1: 3: 1, 2: 1: 2 обменный магний ближе к натрию. В соотношении из катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} магний действует как пептизатор, а при таковом Na^+ и Mg^{2+} последний является коагулятором. Увеличение обменного Mg^{2+} при одинаковом содержании в ППК Na^+ повышает дисперсность почв, уменьшает количество гуминовых кислот и повышает содержание фульвокислот, что приводит к образованию гуматов магния и натрия, пептизации коллоидов (Panov and Adda, 1971, 1972).

Установлено, что генезис почв с высоким содержанием в ППК магния связан с постоянным или периодически длительным увлажнением днищ пойменных прудов, оросительных и других замкнутых понижений за счет почвенно-грунтовых, оросительных и других вод, содержащих $MgCl_2$, $MgSO_4$, $Mg(HCO_3)_2$. Внедрение Mg^{2+} в ППК усиливается по мере выщелачивания осадками легкорастворимых солей и вытеснения из ППК натрия магнием. В дальнейшем происходит кристаллизация абсорбированных соединений и частичная десорбция поглощенного магния с образованием вторичных минералов и органо-минеральных веществ, цементирующих почвенную массу (Vernadsky, 1937; Pankov, 1934; Kudrin and Rosanov, 1938; Antipov-Karataev, 1953; Sokolov, 1956; Bogatyrev, 1958; Mamaeva, 1966; Grin, 1969; Panov, 1971, 1972).

Определено, что в одних случаях морфологически выраженный солонцовый профиль с преобладающим содержанием магния является реликтовым после вымывания обменного натрия. В других случаях в почвах с высоким содержанием обменного магния нет иллювиального горизонта, обогащенного илом. Такие почвы чаще характеризуются недифференцированным профилем и монолитным сложением.

Аналогичные почвы достаточно широко представлены в зонах Южной и Сухой степи и по речным террасам Причерноморской низменности, но они мало изучены и слабо отражены в литературе.

В связи с этим была поставлена задача определить поглотительную способность почв и степень насыщенности их основаниями; установить зависимость плотности сложения, количества ила от содержания поглощенного магния в почвах и поглощенного магния от магниевых воднорастворимых солей в них; определить катионно-анионный и солевой состав оросительных вод и его влияние на содержание поглощенного магния в орошаемых почвах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучали староплантажированные под сады и виноградники малонатриевые с высоким содержанием поглощенного магния почвы Снигиревского, Баштанского, Жовтневого, Вознесенского, Веселиновского и Очаковского районов Николаевской и Каховского района Херсонской областей. Исследовали черноземы южные и темно-каштановые почвы подов, блюдец и дерново-степные черноземовидные почвы легкого гранулометрического состава высоких речных террас Южного Буга и Днестра, а также поливные воды из артезианской скважины, оросительного канала и пруда-накопителя. В почвах и водах определяли их катионно-анионный состав и гипотетические соли.

При полевых и лабораторных исследованиях почв использованы принятые в Украине ГОСТы и ДСТУ: объемная масса определялась по Качинскому, pH – потенциметрически, легкорастворимые соли – по Аринушкиной, поглощенные основания – по Пфефферу и Шолленбергеру (Metody analiziv..., 1999; Instruktsiia..., 2002).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованных почвах сумма поглощенных оснований соответствовала содержанию фракций физической глины и ила (табл. 1), а также обеспеченности почв органическим веществом. Запасы гумуса в плантажном слое 0–60 см черноземов южных равнялись 200–240 т/га, темно-каштановых почв – 150–180 т/га, дерново-степных легкосуглинистых – 105–130 т/га, дерново-степных супесчаных – 80–130 т/га. Закономерно, что наибольшей поглотительной способностью характеризовались черноземы южные (30 мг-экв/100 г), а наименьшей – дерново-степные супесчаные почвы (9 мг-экв/100 г).

В ППК поглощенный кальций в более тяжелых почвах составлял 70–75 %, в легких – 59–63 % от суммы оснований. Среднее количество поглощенного натрия в плантажном слое всех почв не превышало 2,8 % от суммы поглощенных катионов, а потому все изученные почвы классифицируются как слабосолонцеватые (табл. 1). Наибольшее содержание поглощенного Mg^{2+} в ППК плантажных слоев присуще легкосуглинистым и супесчаным почвам высоких речных террас (34–38 %), меньшее – черноземам южным и темно-каштановым почвам (24–27 %). Важно также отметить, если в последних двух почвах количество поглощенного Mg^{2+} по 20-сантиметровым слоям варьировало от 20 до 41 %, то в легких почвах – от 21 до 73 % от суммы обменных катионов.

Установлено, что для генетически различных плантажированных почв с повышенным или высоким содержанием магния в ППК в отдельных 20-сантиметровых слоях или во всем плантажном слое характерны высокая плотность сложения (табл. 1), пониженные общая скважность (40–33 %), воздухоемкость при НВ (15–8 %) и водопроницаемость (80–20 мм воды за первый час наблюдений), а также слитость, глыбистость, трещиноватость, распыляемость в

сухом состоянии при частых вспашках. В пахотном слое (0–20 см) содержалось 22–30 % микроагрегатов размером <0,01 мм.

Таблица 1

Гранулометрический состав, плотность сложения и содержание поглощенных катионов в ППК плантажированных слабосолонцеватых почв Николаевской области

Слой, см	Содержание физической глины / ила, %	Объемная масса*, г/см ³	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	% от суммы поглощенных оснований		
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Чернозем южный тяжелосуглинистый (15 разрезов)						
0–20	54 / 35	1,37	32,7	68,2	29,3	2,5
20–40	51 / 34	1,16 ÷ 1,61	28,7	72,1	25,2	2,7
40–60	51 / 34	n=53	29,8	71,1	25,6	3,3
Темно-каштановая средне- и тяжелосуглинистая почва (6 разрезов)						
0–20	43 / 30	1,37	17,3	75,4	23,1	1,5
20–40	40 / 28	1,30 ÷ 1,48	16,8	70,0	28,7	1,3
40–60	45 / 32	n=13	21,4	78,3	20,6	1,1
Дерново-степная черноземовидная легкосуглинистая почва (28 разрезов)						
0–20	23 / 14	1,47	11,9	63,6	34,4	2,0
20–40	22 / 13	1,35 ÷ 1,68	11,9	63,9	34,5	1,6
40–60	22 / 13	n=25	14,6	62,2	34,3	3,5
Дерново-степная супесчаная почва (10 разрезов)						
0–20	16 / 10	1,53	8,1	55,8	41,7	2,5
20–40	16 / 10	1,40 ÷ 1,73	10,7	56,2	40,9	2,9
40–60	16 / 10	n=28	9,2	66,3	31,9	1,8

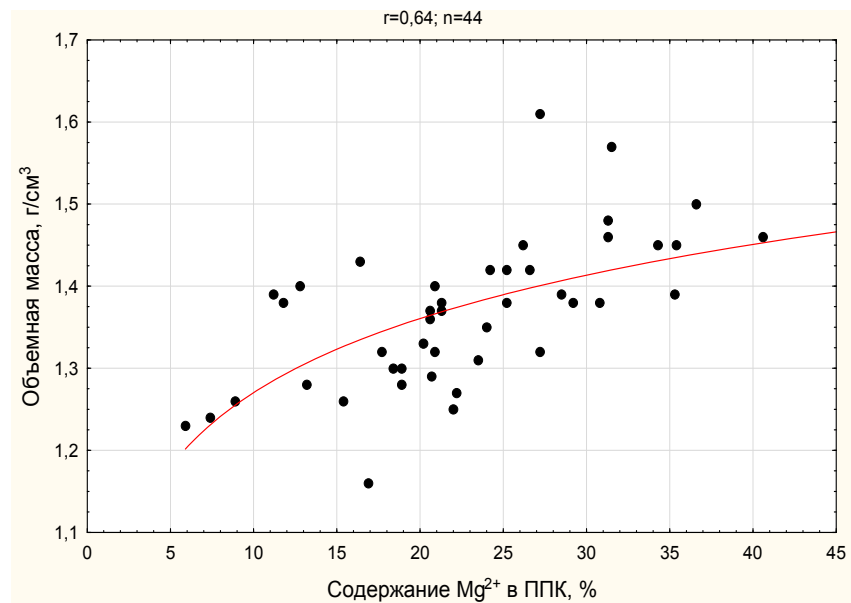
Примечание: * Среднее в плантажном слое (по слоям 0-20, 20-40, 40-60 см).

В результате корреляционного анализа установлена достоверная логарифмическая зависимость объемной массы от содержания магния в ППК как легких, так и более тяжелых почв (рисунк). Общая пористость почв также достоверно (но отрицательно) зависела от наличия Mg²⁺ в поглощающем комплексе. Отметим, что объемная масса почв от количества обменного Na⁺ не зависела, более того, связь была отрицательной (–0,13...–0,50).

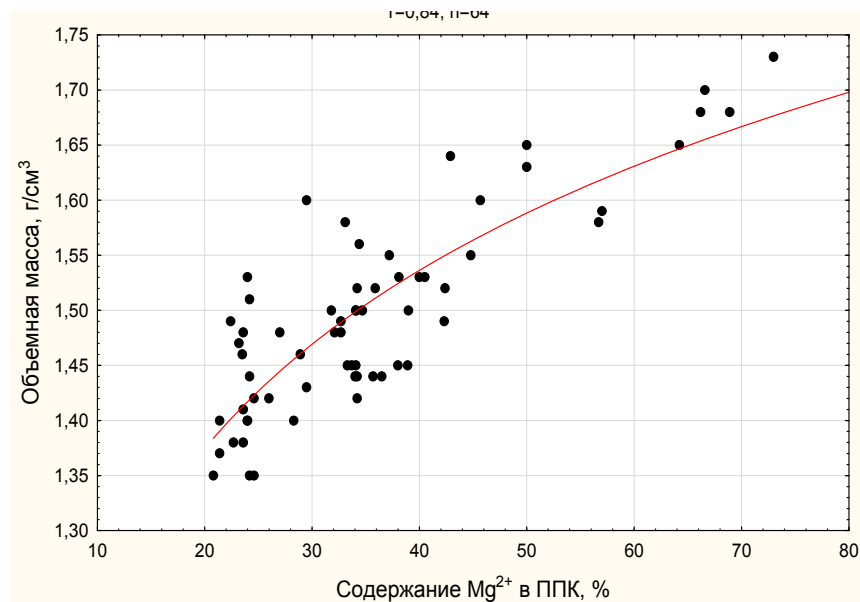
Передвижения и накопления илстых частиц (иллювирирования) в профиле всех плантажированных почв в зависимости от содержания магния в ППК и пептизации коллоидов не отмечено, что подтверждается не только морфологически и аналитически (табл. 1), но и отсутствием достоверной корреляции этих двух показателей.

Говоря о возможных источниках накопления магния в ППК, был детально проанализирован катионно-анионный состав легкорастворимых солей как в почвах, так и в поливных водах. В черноземах южных сумма всех токсичных воднорастворимых солей составила 0,31 мг-экв/100 г, магниевых солей (MgCO₃, Mg(HCO₃)₂, MgCl₂, MgSO₄) – 0,18 мг-экв/100 г, или 58 % от суммы токсичных солей. В темно-каштановых почвах эти показатели, соответственно, равнялись 0,16; 0,11; 69, в дерново-степных легкосуглинистых почвах – 0,32; 0,18; 56, а для дерново-степных супесчаных почв они были 0,26; 0,15; 58. Важно отметить, что во всех почвах среди токсичных хлористых солей (NaCl+MgCl₂+CaCl₂) преобладали хлориды магния (Опанасенко, 2014).

В черноземах южных и дерново-степных почвах в слое 0–60 см было много как всех токсичных, так и магниевых солей, и по ним почвы мало различались. Темно-каштановые почвы по сравнению с выше названными значительно меньше засолены токсичными солями и меньше содержали магниевых, но их доля в сумме всех солей была самой высокой – 69 %. Меньшая засоленность темно-каштановых почв, чем других изученных, объясняется их приуроченностью к хорошо дренируемой возвышенной приморской полосе в пределах Очаковского района (Опанасенко, 2014).



a



б

Зависимость плотности сложения от содержания Mg^{2+} в ППК в плантажном слое 0–60 см малонатриевых южных черноземов и темно-каштановых почв (a), дерново-степных черноземовидных легкосуглинистых и супесчаных почв (б)

Установлено, что, несмотря на преобладание магниевых солей среди токсичных легкорастворимых солей всех изученных почв, зависимость поглощенного магния от количества магниевых солей была недостоверной ($r=0,20 \dots 0,24$), а порой и отрицательной.

Исследована вероятность ирригационного магниевое осолонцевания почв при длительном орошении садов и виноградников водами из артезианской скважины, Ингулецкого канала и из пруда-накопителя. Катионно-анионный состав и гипотетические соли поливных вод представлены в таблице 2.

Таблица 2

Катионно-анионный состав и гипотетические соли (мг-экв/л) в поливной воде из артезианской скважины (1), канала (2) и пруда (3) в Причерноморье

Место отбора	Минерализация, г/л	CO ₃ ²⁻		HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺	
		МЭ*/л	г/л	МЭ/л	г/л	МЭ/л	г/л	МЭ/л	г/л	МЭ/л	г/л	МЭ/л	г/л	МЭ/л	г/л
1	0,94	0	0	5,08	0,31	10,40	0,36	0,39	0,02	5,00	0,10	9,00	0,11	1,87	0,04
2	0,84	0	0	2,80	0,17	9,60	0,34	1,97	0,10	5,50	0,11	7,00	0,08	1,87	0,04
3	2,57	0	0	9,20	0,56	4,08	0,14	26,63	1,28	8,00	0,16	28,00	0,34	3,91	0,09
	Na ₂ CO ₃	MgCO ₃	Ca(HCO ₃) ₂	Mg(HCO ₃) ₂	NaHCO ₃	CaSO ₄	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	NaCl	MgCl ₂	CaCl ₂				
1	0	0	2,00	3,08	0	0,39	0	0	1,87	5,92	2,61				
2	0	0	2,00	0,80	0	1,97	0	0	1,87	6,20	1,53				
3	0	0	2,00	7,20	0	6,00	20,63	0	3,91	0,17	0				

Примечание: * мг-экв.

По степени минерализации поливная вода из артезианской скважины и канала пресная (0,94 и 0,84 г/л), а из пруда – слабоминерализованная (2,57 г/л). Среди токсичных солей в артезианской воде (13,48 мг-экв/л) преобладали магниевые соли (9 мг-экв/л), а среди последних – хлориды магния. В поливной воде из канала всех токсичных солей (10,40 мг-экв/л), как и магниевых, было меньше (7,00 мг-экв/л), чем в артезианской и также преобладали хлориды магния. Вода из пруда отличалась большим содержанием как всех токсичных (31,91 мг-экв/л), так и магниевых солей (28,00 мг-экв/л), но с незначительным количеством $MgCl_2$ (табл. 2).

В воде из пруда общее содержание токсичных солей, выраженное в эквивалентах хлора, составляло 11,09 мг-экв/л. В соответствии с классификацией оросительных вод Украины по опасности хлоридного засоления почв такая вода условно пригодна для орошения из-за угрозы среднего вторичного засоления почв (Metodicheskie rekomendatsii..., 1989). В воде из пруда Ca^{2+} меньше, чем HCO_3^- , часть HCO_3^- связана с магнием (7,20 мг-экв/л), по этому показателю возможность осолонцевания и увеличения pH почв реальна. Преобладание магния над кальцием ухудшает качество поливной воды. Магний оказывает вредное воздействие на почвы, когда его содержание в оросительной воде более 50 % от суммы кальция и магния в мг-экв/л. Данное соотношение в воде из пруда составляет 77,8 %, поэтому в ППК будет происходить накопление магния, что приведет к магниевому осолонцеванию орошаемых почв.

ВЫВОДЫ

1. Генетически различные малонатриевые остаточные солонцеватые с высоким содержанием в ППК обменного магния плантажированные почвы характеризуются высокой плотностью сложения, пониженной или низкой общей пористостью, воздухоемкостью, водопроницаемостью, микроагрегированностью, а также глыбистостью, трещиноватостью и распыляемостью в сухом состоянии, отсутствием иллювируемости.

2. В почвах и ирригационных водах среди токсичных легкорастворимых солей преобладают магниевые соли (56–69 % и 67–88 % соответственно), которые являются вероятными источниками большого накопления магния в ППК, магниевой солонцеватости и причиной неблагоприятных свойств почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Antipov-Karataev, I. N., Antipova-Karataeva, T. F., Yasinovsky, A. N. 1935.** Fiziko-khimicheskie svoystva v zavisimosti ot sostava i sootnosheniia obmennyykh kationov [Physico-chemical properties in the dependence of composition and correlation of exchangeable cations]. Colloid magazine. 3–4, 15–21 (in Russian).
- Bogatyrev, K. P., 1958.** Smolnitsy (smonitsy) Albanii (korichnevo-lugovye i lugovo-korichnevye temnotsetnye magnezialno-solontsevatye pochvy) [Smolnitsy (Smonitsa) of Albania (meadow cinnamon-brown and cinnamon-brown meadow dark-coloured magnesium-like soils)]. Eurasian Soil Science. 4, 14–22 (in Russian).
- Breshkovsky, P. M., 1937.** K voprosu o roli obmennogo magniia v iavleniiakh solontsevatosti pochv [To the question about the role of exchangeable magnesium in the phenomenon of soil alkalinity]. Scientific notes of Kazan State University named after V. I. Ulyanov-Lenin. 97(1, 2). Agrochemistry. 151–176 (in Russian).
- Vernadsky, V. I., 1927.** Ocherki geokhimii [Essays in geochemistry]. Moscow-Leningrad (in Russian).
- Hedroitz, K. K., 1916.** Poglitolnaia sposobnost pochvy [Soil absorption ability]. Magazine of Experimental Agronomy. 17(6), 520 (in Russian).
- Hedroitz, K. K., 1955.** Pochvennye obmennye kationy i rasteniia [Soil exchangeable cations and plants]. Select making. Publishing house AS USSR, Moscow. 3 (in Russian).
- Grin, G. S., 1969.** Galogenez lessovykh pochvo-gruntov Ukrainy [Galagenesis of loess soil-grounds in Ukraine]. Urozhai, Kyiv (in Russian).
- Insruktsiia z provedennia hruntovo-solovoi ziomki na zroshuvanykh zemliakh Ukrainy, 2002.** [Instruction for making ground-salt survey on the watering soils of Ukraine]. VDN 33-5.5-11-02. Official publishing, Kyiv (in Ukrainian).

- Kudrin, S. A., Rosanov A. N., 1938.** Materialy k kharakteristike serozemov s vysokim sodержaniem pogloshchennogo magniia [Materials for characteristics of grey soils with high content of absorbed magnesium]. Eurasian Soil Science. 6, 836–855 (in Russian).
- Mamaeva, R. Ya., 1966.** Rol pogloshchennogo magniia v solontsevatosti pochv [The role of absorbed magnesium in soils' alkalinity]. Agricultural mastering of semideserted lands. Nauka, Moscow. 98–128 (in Russian).
- Melioratsiia solontsov v SSSR, 1953 [Melioration of solonchets in the USSR]. Publishing house AS USSR, Moscow (in Russian).
- Metody analiziv gruntiv i roslin, 1999 [Methods of analyses for soils and plants (Methodical textbook)]. Kharkov (in Ukrainian).
- Metodicheskie rekomendatsii po irrigatsionnoj otsenke, klassifikatsii i fiziko-khimicheskim sposobam ulutsheniia prirodnykh orositelnykh vod Ukrainy, 1989 [Methodical recommendations for irrigation estimation, classification and physico-chemical methods of nature irrigative waters improvement in Ukraine]. UNIIIPA, Kharkov (in Russian).
- Opasenko, N. E., Evtushenko, A. P., 2014.** O plodorodii i prigodnosti pochv Nikolaevskoj oblasti pod sady i vinogradniki [About fertility and fitness of soils in Nikolaevskaya area for orchards and vineyards]. Agrochemistry and gruntoznavstvo. Special issue for IX Congress of UUGA, Kharkov (in Russian).
- Pankov, A. M., Shavrygin, P. I., 1934.** K kharakteristike sostava pogloshchayushchego kompleksa pochv Primanychskoj polosy [For characteristics of absorption soil complex composition in Primanichsky region]. Proceedings of Soil Institute named after V. V. Docuchaev. 9, 205–235 (in Russian).
- Panov, N. P., Adda, L. M., 1972.** O roli pogloshchennogo magniia v razvitii solontsovoogo protsessa pochvoobrazovaniia [About the role of absorbed magnesium in the development of alkalinity process of soil formation]. Proceedings of the TAA. 2, 110–119 (in Russian).
- Panov, N. P., Goncharova, N. A., 1971.** Osobennosti genezisa malonatrievykh solontsov Stepnoj zony [Genesis peculiarities of low-sodium solonchets in the Steppe zone]. Soils of sodium alkalinity and their melioration: Abstracts of International Symposium in melioration of sodium alkaline soils. Erevan – 1969. Proceedings of the Institute of Eurasian Soil Science and Agrochemistry. Erevan. 6, 503–508 (in Russian).
- Prasolov, L. I., Antipov-Karataev, I. N., 1930.** O solontsevatykh kashtanovykh pochvakh Ergenej i o metodike opredeleniia solontsevatosti [About alkaline chestnut soils in Ergenej and about method for alkalinity determination]. Proceedings of Soil Institute named after V. V. Docuchaev. 3–4, 161–206 (in Russian).
- Sokolov, S. I., 1963.** O magnievoj solontsevatosti pochv [About magnesium alkalinity of soils]. Investigations of soil genesis. Publishing house AS USSR, Moscow. 202–215 (in Russian).
- Sokolovsky, A. N., 1956.** Selskokhoziajstvennoe pochvovedenie [Agriculture Soil Science]. State Publishing House of Agriculture Literature, Moscow (in Russian).
- Sushko, S. Ya., 1933.** Rol pogloshchennogo magniia v obrazovanii solontsovykh svoystv pochv [The role of absorbed magnesium in formation of the alkaline features of soil]. Chemicalisation of social agriculture. 3, 9–12 (in Russian).
- Shavrygin, P. I., 1935.** Vliianie pogloshchennogo magniia na fizicheskie svoystva pochv [Influence of absorbed magnesium on the physico properties of soil]. Eurasian Soil Science. 2, 167–173 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 18.03.2014

Рекомендує до друку: д-р с.-г. наук, проф. С. Г. Чорний

SOIL CHEMISTRY



V. L. Samokhvalova  Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.

Y. A. Pogromskaya

A. I. Fateev

Dr. Sci. (Agri.), Professor

S. G. Zuza

V. A. Zuza

Cand. Sci. (Agri.), Res. Sci.

UDK 631.445.4:631.15;

504.53.06: 504.054. 272

*National Scientific Centre «O. N. Sokolovsky Institute
for Soil Science and Agrochemistry»,
Chaikovska str., 4, 61024, Kharkov, Ukraine*

ENVIRONMENTAL REMEDIATION OF SOILS POLLUTED MAINLY CADMIUM, ZINC, AND COPPER

Abstract. The method of remediation of soil technogenic polyelemental contaminated mainly Cd, Zn and Cu, where due to the use as a sorbent - ameliorants compounds of iron (II) and phosphate fertilizers in a certain ratio in accordance with the level of contamination of soils, increase in the efficiency of their environmental rehabilitation and recovery 's natural buffer properties, through influence on the processes of different hazard classes heavy metals migration and trophic regime in the soil, and of the plants productivity with higher rates of ecological safety. The technical result of the elaboration method is to accelerate the processes of heavy metals physical and chemical fixation by making joint structuring improver of inorganic type together with mineral substrates that are effectively reduce toxicity of pollutants, optimization and restoration of the environmental state of the soil-plant system, its resistance to pollution by heavy metals.

The elaboration of the method involved the improvement of the known method, accelerated of the of physical-chemical fixation processes of heavy metals different hazard classes by application of soil improver of inorganic type compatible with the type of inorganic mineral substrates, which enables for effective impact on expanding the range of heavy metals different hazard classes unable to migration into adjacent soil environment and on their mobility, to provide optimization and restoration of the soil-plant system ecological state, its resistance to heavy metals pollution.

Distinctive features and benefits of the proposed technical solution, compared with known techniques and approaches are the following: ensuring the effective reduction of the heavy metals toxicity of danger various classes with optimal conditions of physical and chemical adsorption mainly Cd, Zn and Cu by simultaneous restoration of natural soil properties (elemental composition, physical and chemical properties for the improvement of organic matter and soil trophic mode) and an allowance of the soil nutrients; resource costs reduce complexity and implementation procedures for environmental rehabilitation of contaminated soils at different levels of heavy metals pollution in areas of impact sustainable sources influence of technogenic emissions due to the accuracy of the determining the ratio of soil improvers inorganic type doses and fertilizers, effective impact of the proposed composition of the first year of application and prolongation of validity up to 5 years.

Key words: heavy metals (cadmium, zinc, copper), technogenic pollution of soils, the method, remediation.

 Tel.: +038057-704-16-69. E-mail: v.samokhvalova@mail.ru

DOI: 10.15421/041404

УДК 631.445.4:631.15;
504.53.06: 504.054. 272

В. Л. Самохвалова канд. с.-х. наук, стар. науч. сотр.
Я. А. Погромская
А. И. Фатеев д-р с.-х. наук, проф.
С. Г. Зуза
В. А. Зуза канд. с.-х. наук, науч. сотр.

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии
им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, 61024, г. Харьков, Украина,
тел.: +038057-704-16-69, e-mail: v.samokhvalova@mail.ru*

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПОЧВ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО КАДМИЕМ, ЦИНКОМ И МЕДЬЮ

Обоснован способ ремедиации почвы техногенно полиэлементно загрязненной преимущественно Cd, Zn и Cu, в котором за счет использования в качестве сорбент - мелиоранта соединений сульфата железа (II) и фосфорных удобрений в определенном соотношении в соответствии с уровнем загрязнения почв обеспечивается повышение эффективности их экологической реабилитации и восстановления их природных буферных свойств путем влияния на процессы миграции тяжелых металлов различных классов опасности и трофического режима в почвах, и продуктивности растений с повышенными показателями экологической безопасности. Техническим результатом разработанного способа является ускорение процессов физико-химической фиксации тяжелых металлов путем совместного внесения структуроулучшателя неорганического типа вместе с минеральными субстратами, обеспечивается эффективное снижение токсичности загрязнителей, оптимизация и восстановление экологического состояния системы почва-растение, ее устойчивость к загрязнению тяжелыми металлами.

Ключевые слова: тяжелые металлы (кадмий, цинк, медь), техногенное загрязнение почв, способ, ремедиация.

УДК 631.445.4:631.15;
504.53.06: 504.054. 272

В. Л. Самохвалова канд. с.-г. наук, стар. науч. співр.
Я. А. Погромська
А. І. Фатєєв д-р с.-г. наук, проф.
С. Г. Зуза
В. О. Зуза канд. с.-г. наук, науч. співр.

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, 61024, м. Харків, Україна,
тел.: +038057-704-16-69, e-mail: v.samokhvalova@mail.ru*

ЕКОЛОГІЧНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ҐРУНТІВ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ПЕРЕВАЖНО КАДМІЄМ, ЦИНКОМ ТА МІДДЮ

Обґрунтовано спосіб ремедіації ґрунту техногенно поліелементно забрудненого переважно Cd, Zn і Cu, у якому за рахунок використання як сорбент-меліоранту сполук сульфату заліза (II) і фосфорних добрив у певному співвідношенні за градацією забруднення ґрунтів забезпечується підвищення ефективності їх екологічної реабілітації та відновлення їх природних буферних властивостей шляхом впливу на процеси міграції важких металів різних класів небезпечності і трофічного режиму у ґрунтах та продуктивності рослин з підвищеними показниками екологічної безпеки. Технічним результатом розробленого способу є прискорення процесів фізико-хімічної фіксації важких металів шляхом сумісного внесення структурополіпшувача неорганічного типу разом з мінеральними субстратами, забезпечується ефективне зниження токсичності забруднювачів, оптимізація і відновлення екологічного стану системи ґрунт-рослина, її стійкість до забруднення важкими металами.

Ключові слова: важкі метали (кадмій, цинк, мідь), техногенне забруднення ґрунтів, спосіб, ремедіація.

ВСТУП

Екологічна реабілітація ґрунтів забруднених важкими металами (ВМ) та відновлення їх родючості є актуальною задачею та однією з найбільш складних наукових проблем сучасності (Samokhvalova, 2007). Задля екологічної реабілітації забруднених ґрунтів у світі застосовують два принципово різних підходи. *Перший* – очищення (деконтамінація), що передбачає екстрагування шкідливих компонентів з ґрунтів, їх знешкодження з подальшою утилізацією поза ґрунту будь-яким відомим способом. *Другий* – засновано на зниженні активності та токсичності (детоксикації) забруднення на місці, безпосередньо у ґрунті, наприклад, шляхом його нейтралізації, розкладання (деструкції), зв'язування тощо, або локалізації забруднювачів у ґрунті за рахунок створення навколо аномалії захисного екрану, що перешкоджає подальшому поширенню забруднень.

Для управління ґрунтовими ресурсами недостатньо інформації, що викладено у відомих закордонних нормативних, довідкових та технічних джерелах інформації, в яких не ураховано соціальні та природні умови України (насамперед ґрунтово-кліматичні), тому іноземні розробки потребують всебічного докорінного аналізу для вирішення питання доцільності їх впровадження у практику та унеможливлення прийняття невірних технічних рішень.

Актуальним та важливим як в теоретичному плані, так і в прикладному аспекті втілення є розроблення нових способів ремедіації техногенно забруднених ВМ ґрунтів за створення умов для поліпшення їх екологічного стану і запобігання зниженню рівня продуктивності ґрунтів та рослин, погіршенню їх якості. Сучасне використання ремедіантів обмежено їх малою різноманітністю та вузькою сферою можливого застосування (Samokhvalova, 2012, 2013, 2014). Мінімізувати витрати при нормативній якості детоксикації ґрунтів можливо створенням і впровадженням нових способів та інтенсивних технологій відтворення родючості ґрунтів для реабілітації забруднених територій. Ураховуючи різну вартість жоден з відомих способів не є технологічно універсальним. На наш погляд, оптимальним буде компромісне сполучення технологічних і організаційних рішень, що забезпечують прийнятне співвідношення «якість очищення – ціна» з позицій охорони ґрунтів й інвестицій на їх екологічну реабілітацію.

Аналіз та ранжування відомих сучасних способів екологічної ремедіації системи ґрунт-рослина моно- та поліелементно забрудненої ВМ представлено у попередніх науково-методичних та науково-технічних розробках (Fateev, Samokhvalova, 2007, 2012, 2013). Результат їх аналізування свідчить, що близьким за суттю до розробленого технічного рішення є спосіб реабілітації техногенно забрудненого ґрунту за хімічного зв'язування катіонів ВМ у нерозчинні сполуки за допомогою сорбент-меліорантів, в якості яких використовують карбонати та сульфіді калію (Kramarev, 2003). Проте спосіб має суттєвий недолік, адже сполуки, що утворюються як результат взаємодії солей калію з катіонами ВМ, наприклад, карбонат – сульфід – сульфат Cd, карбонат – сульфід – сульфат – фосфат Cu та карбонат – сульфід – сульфат Zn, мають високу розчинність у ґрунтах, що потребує відповідно підвищення доз внесення калійних сполук, що збільшує ризик порушення механізмів підтримання оптимальних параметрів родючості ґрунтів. До того ж глинисті фракції важких за гранулометричним складом ґрунтів (суглинисті та глинисті) у порівнянні з піщаними та супіщаними є добре забезпеченими сполуками калію, а більшість солей калію, що використовуються як мінеральні субстрати, є фізіологічно кислими. Тому додаткове їх привнесення у забруднені ВМ високобуферні ґрунти стимулює подальший дисбаланс макро- та мікроелементів, що знижує ефективність використання калійних сполук як детоксикантів ВМ, стимулює збільшення ризику забруднення рослинної продукції внаслідок підвищення рухомості і міграції таких елементів-забруднювачів як Cu, Cd і Zn; збільшення вилуговування Ca^{2+} і Mg^{2+} у системі ґрунт-рослина. Тому для попередження можливої негативної дії калійних сполук необхідним є додаткове проведення вапнування та внесення азотних і фосфорних добрив, які містять кальцій (елемент-структуроутворювач), що значно підвищує трудомісткість і ресурсовитратність проведення реабілітації забруднених ВМ ґрунтів.

Відомо інший спосіб очистки та відновлення родючості (оптимізація структурного стану) забруднених ґрунтів за рахунок зв'язування рухомих форм ВМ мінеральними субстратами на основі природних сорбентів (Chernyakhovsky, 2003). Спосіб передбачає внесення глинистих мінералів (монтморилоніт та палигорськіт) у дозі 2 т/га у малородючі (піщані, супіщані) сильно забруднені ґрунти. Одним із недоліків такого способу є обмеженість його використання на високобуферних ґрунтах внаслідок унеможливлення впливу на природну сорбційну здатність таких ґрунтів внесенням недостатньої дози 2 т/га (0,07 % від маси орного шару ґрунту) глинистих мінералів. Адже відомо, що ґрунти важкого гранскладу (суглинисті, глинисті) містять значно більші кількості мінералів монтморилонітової групи в орному шарі (ґрунти підзолистого ряду – від 1 % до 2 %, чорноземи – від 15 % до 25 % від маси орного шару). Іншим недоліком є те, що палигорськіт за характерного $pH < 6$ для піщаних і супіщаних ґрунтів характеризується значною розчинністю, а за лужних умов є малорозчинним (Sokolova, 2005). Таким чином, спосіб не враховує буферні властивості ґрунтів і склад та характер забруднення, що призводить до зниження ефективності їх екологічної реабілітації.

Найбільш близьким за механізмами екологічної реабілітації ґрунту, забрудненого ВМ, технологічним виконанням і результатами, що досягаються, є спосіб екологічної реабілітації забрудненого ґрунту, який включає використання спеціального складу на основі мінерального азотного добрива – карбаміду (сечовини), природного силікагелю та глауконіту за наступного співвідношення компонентів: карбамід (сечовина) 0,3; природний силікагель – 30,0; глауконіт – 69,7 мас. % (Ропомаренко, 2010). Ефективність детоксикації ВМ досягається за рахунок збільшення здатності до адсорбції забруднюючих речовин на розробленому складі за одночасного суттєвого зниження їх токсичності. Проте, використання запропонованого у прототипі виду азотного добрива на карбонатних та лужних ґрунтах супроводжується значними втратами азоту з добрива внаслідок звітрювання аміаку із вуглекислого амонію, що легко розкладається на повітрі та у ґрунті, внаслідок дії ферментів ґрунтових бактерій. Окрім того, за ефективної очистки забруднених ґрунтів від ВМ до рівнів нормативно встановлених ГДК їх вмісту у ґрунтах необхідним є використання значної кількості глауконіту, як сорбенту забруднювачів, що призводить до суттєвого збільшення всіх витрат ресурсів. До того ж суттєвим недоліком складу є те, що внесення силікагелю у ґрунт не апробовано за умов одночасного впливу різних ґрунтово-кліматичних особливостей і фактору забруднення ВМ. Отже запропонований комплексний склад детоксикантів ВМ ґрунту є малоефективним внаслідок значного зниження процесів фізико-хімічної адсорбції ВМ у ґрунтах з нейтральними і лужними властивостями, що призводить до значного уповільнення утворення стійких органо-мінеральних комплексів у ґрунтах, збільшення ризику міграції забруднювачів до рослин, зниження надходження макро (азот, фосфор) – та мікроелементів (Fe, Co, Mn). Таким чином, на фоні тривалого внесення азотних добрив, є ризик виникнення негативного явища щодо зменшення вмісту аморфного заліза як структуроутворювача у ґрунті, пептизація і вилучення глинистих колоїдів, що може призвести до руйнації ґрунтово-поглинального комплексу, втрати агрономічної цінної структури ґрунту і ґрунтової родючості, стійкості ґрунтів до забруднення ВМ. До того ж, ВМ та мікроелементи (МЕ) з перемінною валентністю та амфотерними властивостями є антагоністами іншим макро- та МЕ, відповідно мають різну токсичність у ґрунтах і рослинах. Токсичність металів із змінною валентністю (Cu, Fe) у ґрунті залежить від валентності багатовалентного металу, що значно впливає на його фітотоксичність і доступність рослинам. Так, якщо амфотерний елемент (наприклад Zn) є складовою аніону, то він практично не фіксується ґрунтовими колоїдами, що переважно несуть негативний заряд і має високу токсичність, а у випадку, коли елемент виступає у ролі катіону він фіксується у ґрунті та має малу токсичність. Тому, за таких умов, необхідним є додаткове внесення у ґрунт як структуроутворювачів (сполук заліза) так і регуляторів сорбційних процесів ґрунту (фосфорні добрива, сполуки заліза), що призводить до переведення Cd, Zn і Cu у

мінеральні фосфатні форми за одночасного гальмування процесів утворення структурних сполук заліза з великою питомою поверхнею на початку вегетації рослин.

Мета досліджень – удосконалення відомого способу екологічної реабілітації ґрунту техногенно забрудненого переважно Cd, Zn та Cu за рахунок прискорення процесів фізико-хімічної фіксації ВМ різних класів небезпеки шляхом сумісного внесення структурополіпшувача неорганічного типу разом з мінеральними субстратами, що дає можливість ефективно вплинути на розширення спектру ВМ різних класів небезпечності, нездатних до міграції у суміжні з ґрунтом середовища та на їх рухомість, забезпечити оптимізацію і відновлення екологічного стану системи ґрунт-рослина, її стійкість до забруднення ВМ.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розроблення способу включало: *проведення патентного пошуку* згідно з ДСТУ 3575-97; *польовий етап* – ґрунтово-геохімічні дослідження на локальному і регіональному рівнях, в тому числі, за умов сталого впливу джерел атмотехногенних емісій забруднення неорганічної природи ВАТ «Укрцинк» та діючого шахтного відвалу (терикон) м. Дзержинська Донецької області; *аналітичний етап* – визначення рівнів вмісту рухомих форм МЕ і ВМ у чорноземних ґрунтах різної буферної здатності за використання екстрагентів ацетатно-амонійного буферного розчину з рН 4,8 та 1н HCl згідно з чинними ДСТУ 4770.1:2007 – ДСТУ 4770.9:2007; *камеральний етап* – оцінювання мікроелементного статусу ґрунтів за експертного оцінювання нормативно-довідкової документації, статистична обробка отриманих даних.

Об'єкти патентного пошуку – об'єкти авторського права, які запатентовано в Україні та країнах СНД, ЄС в площині поставленої мети. Предмет пошуку – спосіб в цілому; окремі операції (етапи) способу, що є самостійним патентоспроможним об'єктом; способи їх одержання і галузь застосування; обладнання, що використовують для здійснення способу. Методи досліджень – експертна оцінка, аналізування, співставлення.

Об'єкти дослідження – ґрунти Лісостепової і Степової природно-кліматичних зон України за впливу забруднення ВМ та за його відсутності; інактиватори токсичності органічної та неорганічної природи; способи, прийоми та заходи щодо ремедіації забруднених ґрунтів. Методи досліджень – універсальні загальнонаукові методи, методи теоретичного аналізу, системний та екосистемний підходи, ландшафтно-геохімічні, лабораторно-аналітичні; статистичні методи обробки даних, експертне оцінювання нормативно-довідкової документації.

Ремедіанти (сульфат заліза (II) ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), фосфорні та азотні мінеральні добрива) одноразово вносили у ґрунт відповідно до встановлених рівнів поліелементного забруднення ґрунту ВМ (Cd, Zn та Cu). Сульфат заліза вносили у ґрунт у сухому вигляді та необхідних дозах 300–600 кг/га (за помірного рівня забруднення), 1200–2400 кг/га (за небезпечного рівня забруднення) одноразово терміном до 5 років. Меліорант внесено одноразово сумісно з туками у передпосівну культивування. Мінеральні добрива (аміачна селітра з умістом 34 % N; гранульований амофос – 12 % N у амонійній формі, 52 % P) було внесено у стартовій нормі $\text{N}_{45}\text{P}_{60}$ діючої речовини у ґрунт з послідовним їх щорічним внесенням протягом двох ротаций сівозміни: ячмінь ярий – сояшник – ячмінь ярий – сояшник. Внесення сорбент-меліорантів проведено відповідно до методичних рекомендацій щодо обґрунтування ГДК вмісту хімічних речовин у ґрунті (Methodical recommendations, 1982), внесення мінеральних добрив – за використання існуючих методичних рекомендацій (Vlasyuk, Dmitrenko, 1962).

Оцінювання ефективності екологічної реабілітації ґрунту проводять за вмістом рухомих форм елементів-забруднювачів, використовуючи показник ступеня очищення ґрунту (K_o , %), який визначають за формулою:

$$K_o = (100 - C \times 100 / C_o),$$

де: C_0 – вміст металу в ґрунті до реабілітації (мг/кг); C – вміст металу в ґрунті після його реабілітації (мг/кг).

Оцінку якісних та кількісних фізико-хімічних змін ґрунту проведено з використанням методів дослідження забруднених ґрунтів: методу Горбунова (1976) для визначання колоїдних фракцій ґрунту; методу Тама для визначання Fe аморфного (1980); ДСТУ 4289:2004 для визначання водорозчинного вуглецю, методу Егорова – для лужнорозчинного гумусу ґрунту (1986).

Моніторинг екологічного стану та продуктивності агрофітоценозів проведено визначенням якісних та кількісних характеристик врожаю культур сівозміни, колоїдного та гумусного складу ґрунту, особливостей фракційного перерозподілу ВМ в ґрунті, та визначенням міграції забруднювачів в рослини за вмістом ВМ у соломі тест-культури ячмінь ярий (*Hordéum vulgäre*).

Для розробки нового технічного рішення щодо ремедіації техногенно забруднених ВМ ґрунтів використано фондові матеріали ґрунтово-геохімічних обстежень лабораторії охорони ґрунтів від техногенного забруднення щодо природного вмісту валових і рухомих форм МЕ у ґрунтах, дані еколого-агрохімічної паспортизації земель територіальних центрів ДУ «Інститут охорони ґрунтів» МінАП та продовольства України, використано інформаційні дані звітів з НДР Донецького відділу родючості ґрунтів ННЦ ІА (Bayrak, 2001; Research scientific reports, 2004, 2005).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За проведення довгострокових польових досліджень в зонах техногенного впливу емісії ВМ нами було встановлено, що внесені у ґрунт сульфат заліза (II) і мінеральні добрива у різних дозах по-різному взаємодіють з металами-токсикантами в залежності від хімічних особливостей останніх. Відносно поліелементного забруднення ґрунтів переважно Cd, Zn, Cu, ефективність детоксикації підвищується саме за комбінування внесення у дозах та періодичності, що пропонуються у заявленому способі ремедіації.

За введення у ґрунт сульфату заліза (II) в умовах зволоження та присутності кисню відбувається його окиснення з наступним утворенням аморфних колоїдів та мінералів заліза (наприклад, феригідриту), фізико-хімічні властивості та подальша трансформація яких визначає ефективність детоксикації ВМ. Так, за змінних режимів температури, зволоження та окисно-відновлюваних умов відбувається співосадження мінералів заліза з іонами ВМ, з утворенням термодинамічно стійких мінеральних форм (Vodyanitsky, 2002, 2010).

Мінеральні добрива при сумісному застосуванні з меліорантом за рахунок зміни співвідношень P:Fe та N:Fe у ґрунті суттєво впливають на швидкість коагуляції та мінералізації сполук заліза. Азотні добрива – у більшій мірі за рахунок утворення розчинних нітратів, фосфорні – за рахунок переведення заліза у мінеральні фосфатні форми. Таким чином, процес утворення нових структурних сполук заліза та співосадження мінералів Fe з ВМ гальмується. На початку вегетації, коли ґрунт насичений NP, гальмуючий вплив суттєвий. Після виносу з врожаєм макроелементів переважний напрямок процесів – структуруючий, оптимальний для фіксації Cd, Zn і Cu у ґрунті, що зумовлено їх хімічними особливостями. Крім того, мінеральні та аморфні форми заліза мають велику питому поверхню, що зумовлює їх суттєву ємність та інтенсивність поверхневих сорбційних і каталітичних процесів. У зв'язку з цим механізм детоксикації ВМ, крім співосадження, включає окисні ефекти на поверхні оксидів заліза та ізоморфне заміщення іонів заліза двох і трьохвалентними катіонами ВМ.

Перемінні поверхневі заряди мінералів і аморфних форм заліза сприяють сорбції й аніонних форм амфотерних елементів-забруднювачів та елементів із сталою (Zn^{II} , Cd^{II}) і змінною валентністю (Cu^I , Cu^{II}). Також зниженню рухомості ВМ сприяють катіони макроелементів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ та ін.), які містяться у мінеральних добривах та є антагоністами ВМ і перешкоджають надходженню токсичних

елементів до рослин. Поліпшення збалансованості режиму поживних речовин забрудненого ВМ ґрунту та, відповідно, й живлення рослин забезпечує інтенсифікацію та прискорення росту рослин, що сприяє прояву ефекту «біологічного розбавлення», результатом чого є збільшення продуктивності культур за зниження концентрації ВМ у рослинах. Таким чином, за рахунок узгодження структурних та функціональних властивостей ґрунтів, впливу на процеси міграції ВМ і трофічний режим у ґрунтовій системі забезпечується технічний результат – інтенсифікація процесу екологічної ремедіації забруднених ВМ ґрунтів.

На основі результатів ґрунтово-геохімічних досліджень за умов сталого впливу джерел поліелементного забруднення визначено вміст легкодоступних рослинам (що екстрагуються амонійно-ацетатним буфером ААБ рН 4,8) та обмінних (що екстрагуються 1н НСІ) форм ВМ у ґрунтах різної буферної здатності на локальному та регіональному рівнях. На підставі отриманих даних, згідно з діючими нормативами і методичною базою, використовуючи показник сумарного забруднення (Z_c) та фонові рівні вмісту ВМ для ґрунтів степової природно-кліматичної зони України (Fateev, Samokhvalova, 2012) здійснено оцінювання екологічного стану ґрунтів. Отримано величини, що характеризують локальні зони забруднення ґрунтів валовими і рухомими формами ВМ (*небезпечний рівень забруднення* – $Z_{c \text{ вал. форми}} = 16,7$ (8); $Z_{c \text{ ААБ з рН 4,8}} = 185$ (9); $Z_{c \text{ 1нНСІ}} = 29,7$ (6); *помірний рівень забруднення* – $Z_{c \text{ вал. форми}} = 10,8$ (8); $Z_{c \text{ ААБ з рН 4,8}} = 8,4$ (5); $Z_{c \text{ 1нНСІ}} = 7,3$ (5)).

Результатами проведених досліджень підтверджується ефективність реабілітації забруднених ґрунтів (рис. 1, табл. 1–7). Отримані показники характеризують ефективність використання сульфату заліза (II) сумісно з азотними і фосфорними добривами для екологічної реабілітації техногенно забрудненого ВМ ґрунту. Так, коефіцієнт ефективності реабілітації ґрунту K_o від рухомих форм ВМ (легкорухомі, обмінні) за різних рівнів забруднення становить від 11 % до 49 % (табл. 1).

Таблиця 1

Ефективність ремедіації ґрунту за різних рівнів його забруднення рухомими формами ВМ

ВМ	Коефіцієнт ефективності реабілітації ґрунту відповідно до рівнів забруднення та застосованих заходів зниження вмісту рухомих форм ВМ, K_o , %			
	помірний рівень		небезпечний рівень	
	легкорухомі	обмінні	легкорухомі	обмінні
Cd	30	29	33	46
Zn	36	11	41	33
Cu	49	37	28	24,5

Застосоване у способі комбінування ґрунтополіпшувачів забезпечує якісні та кількісні фізико-хімічні зміни у забрудненому ВМ ґрунті (табл. 2–4). Так, внесення

Таблиця 2

Ефективність варіантів ремедіації забрудненого ґрунту за впливу на показники гумусного його стану

Варіанти реабілітації	Водорозчинний вуглець, мг/100 г ґрунту	Лужнорозчинний гумус, мг/100 г ґрунту	Водорозч. вуглець Лужнорозч. гумус
Контроль – техногенно забруднений ґрунт	17,64	37,38	0,47
2400 кг/га FeSO_4	19,16	29,00	0,66
2400 кг/га $\text{FeSO}_4 + \text{N}_{45}\text{P}_{60}$	15,28	34,97	0,44

сульфату заліза (II) разом з мінеральними добривами позитивно впливає на стан органічної речовини техногенно забрудненого ґрунту (табл. 2, *рисунок*). Зниження відношення вмісту водорозчинного вуглецю до вмісту лужнорозчинного гумусу свідчить про зменшення лабільності органічної речовини, що є індикатором відновлення гумусу.

Встановлено зменшення вмісту аморфного заліза та зниження відношення кількості сумарної колоїдної фракції до кількості залишку при абсолютному збільшенні залишкової фракції (табл. 3) свідчить про поліпшення структури ґрунту та є позитивним фактором у формуванні його екологічної стійкості та відновлення родючості.

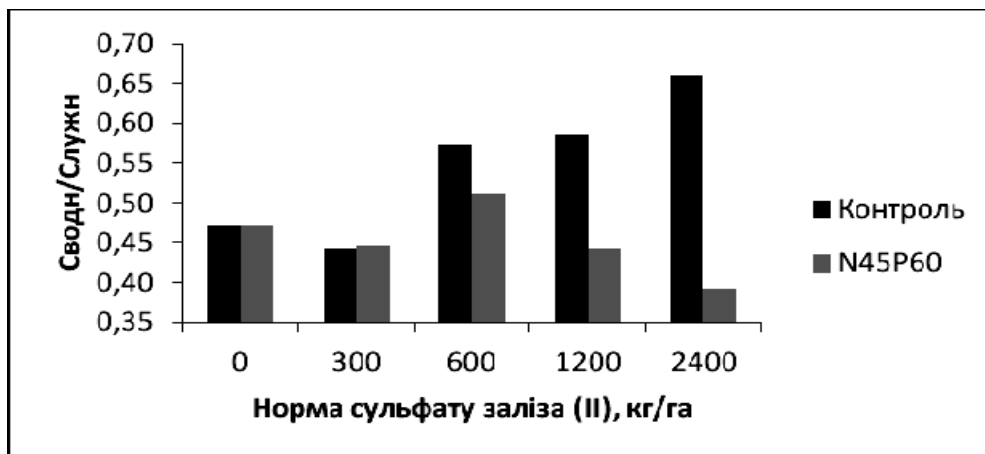


Рис. 1. Ефективність ремедіації забрудненого ґрунту за впливу на відновлення його гумусного стану

Таблиця 3

Вплив ремедіантів на фізико-хімічні показники забрудненого ґрунту та вміст аморфного заліза

Варіанти реабілітації	Fe аморфне, мг/100 г ґрунту	Колоїдні фракції, %				Залишок	Сума колоїдів	Сума Залишок
		водяна група	I	II	III			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль – техногенно забруднений ґрунт	100	18,48	15,07	6,73	2,79	51,83	43,07	0,83
300 кг/га FeSO ₄ + N ₄₅ P ₆₀	73	13,67	11,20	4,90	9,63	57,63	39,40	0,68
1200 кг/га FeSO ₄ + N ₄₅ P ₆₀	95	18,68	10,41	3,70	9,35	53,78	42,14	0,78
2400 кг/га FeSO ₄ + N ₄₅ P ₆₀	60	15,51	10,93	5,46	3,05	60,09	34,95	0,58
HIP _{0,5}	10	1,01	0,40	–	1,30	0,64	0,03	1,01

Перерозподіл забруднювачів у ґрунтовій масі та концентрування їх саме у інертній фракції залишку (табл. 4) забезпечує зменшення рухомості та міграції ВМ у системі ґрунт-рослина, відновленню продуктивності рослин (табл. 5–6).

Таблиця 4

Вплив ремедіантів на показник співвідношення вмісту ВМ у колоїдній фракції до вмісту їх у залишку

Варіанти реабілітації	Відношення вмісту ВМ в колоїдній фракції до вмісту їх у залишку		
	Cu	Pb	Cd
Контроль - техногенно забруднений ґрунт	5,89	2,06	17,13
N ₄₅ P ₆₀ + ВМ	4,46	1,83	3,23
N ₄₅ P ₆₀ + ВМ + Fe ²⁺	3,74	1,21	0,59

Таблиця 5

Вплив ремедіантів на урожай ячменю відповідно до рівнів забруднення ґрунту ВМ

Варіанти ремедіації	Урожай ячменю в залежності від рівня забруднення, ц/га	
	помірний рівень	небезпечний рівень
Контроль – техногенно забруднений ґрунт	21,9	18,58
300 кг/га FeSO ₄ + N ₄₅ P ₆₀	36,9	20,49
600 кг/га FeSO ₄ + N ₄₅ P ₆₀	31,9	19,37
1200 кг/га FeSO ₄ + N ₄₅ P ₆₀	22,63	28,29
2400 кг/га FeSO ₄ + N ₄₅ P ₆₀	22,82	31,33

Таблиця 6

Вплив комбінацій ґрунтополіпшувачів на урожай тест-рослин

Середній відносний багаторічний урожай рослин за помірного рівня забруднення ґрунту, %		
FeSO ₄ ·7H ₂ O, кг/га	Без добрив	N ₄₅ P ₆₀
0	100,00	140,40
300	107,55	128,41
600	91,87	136,24
1200	96,41	135,05
2400	91,87	149,73
НІР _{0,5}	34,2	

Максимальні прирости врожаю тест-культури за помірного рівня забруднення отримано у діапазоні внесення 300-600 кг/га FeSO₄ + N₄₅P₆₀, за небезпечного – при 2400 кг/га FeSO₄ + N₄₅P₆₀ (табл. 5–6) застосування сорбент-меліорантів, що пропонується у способі. Відновлення продуктивності тест-рослин відповідає поліпшенню якості врожаю за зменшення надходження ВМ у рослини (табл. 7).

Таблиця 7

Вплив ремедіантів на транслокацію ВМ у рослини ячменю

Варіанти реабілітації	Вміст ВМ в рослинах, мг /100 г сухої речовини		
	Cu	Zn	Cd
1	2	3	4
Контроль – техногенно забруднений ґрунт	3,2	52	0,29

1	2	3	4
300 кг/га $\text{FeSO}_4 + \text{N}_{45}\text{P}_{60}$	1,9	28	0,21
1200 кг/га $\text{FeSO}_4 + \text{N}_{45}\text{P}_{60}$	2,8	29	0,12
2400 кг/га $\text{FeSO}_4 + \text{N}_{45}\text{P}_{60}$	2,7	26	0,19

Отже, підтверджено високу ефективність внесення сульфату заліза з мінеральними добривами для екологічної реабілітації техногенно забрудненого ВМ ґрунтів за апробації способу у польових умовах, що надає можливість їх впроваджувати як ефективні заходи з відновлення ґрунтів.

ВИСНОВКИ

Відмітними рисами та перевагами запропонованого технічного рішення, у порівнянні з відомими способами та підходами, є наступні:

- забезпечення ефективного зниження токсичності ВМ різних класів небезпечності з оптимальними умовами фізико-хімічної адсорбції переважно Cd, Zn та Cu за одночасного відновлення природних властивостей ґрунту (елементний склад, фізико-хімічні властивості за поліпшення стану органічної речовини і трофічного режиму ґрунту) та створення резерву поживних речовин ґрунту;
- ефективна екологічна реабілітація забруднених ВМ ґрунтів та відновлення природних властивостей ґрунтів та підвищення їх буферної здатності, чим забезпечується зниження їх токсичності у системі ґрунт-рослина, підвищення стійкості рослин до забруднення, відновлення їх елементного складу та збільшення продуктивності;
- зменшення ресурсовитратності та трудомісткості виконання процедур екологічної реабілітації забруднених ґрунтів за різних рівнів забруднення переважно Cd, Zn та Cu в районах інтенсивного впливу сталих джерел техногенних емісій за рахунок точності визначання співвідношення доз структурополіпшувача неорганічного типу і мінеральних добрив та одночасного зниження затрат матеріальних ресурсів внаслідок ефективного впливу запропонованого складу з першого року застосування та пролонгації дії до 5-ти років.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Dovidnyk agronoma po udobrenju, 1962 [Reference agronomist for fertilizing]. Ed. by P. A. Vlasyuk, P. A. Dmitrenko. Dergsilgospvydav, Kiev (in Ukrainian).
- Bayrak, M. V., Zuza, V. A., 2001.** Sulfaty zaliza – meliorant tekhnogenogo zabrudnenja gruntiv [Iron sulphates – soils meliorant in technogenic pollution]. Vestnik KSAU. A series of Soil science and Agrochemistry. 3, 160–162 (in Ukrainian).
- Diagnostika stanu khimichnykh elelmentiv systemy grunt-roslyna, 2012 [Diagnostics of the chemical elements in the soil-plant system]. Ed. by Fateev, A. I., Samokhvalova, V. L. City Printing house, Kharkov (in Ukrainian).
- DP na vynakhid 55960 UA, 2003. Sposib znyzhenja vmistu rukhomykh form vazhkykh metaliv u tekhnogeno zabrudnenomu grunti [SE for invention 55960 UA, 2003. Method of reducing the heavy metals mobile forms content in technogenic contaminated soils].
- Kramarev, S. M., Nakovski, S. R., Yakovishina, T. F. Publ. 15.04.2003, bul. 4 (in Ukrainian).
- Fateev, A. I., Samokhvalova, V. L., 2012.** Detoxicatsia vazhkykh metaliv u gruntovij systemi [Detoxification of heavy metals in the soil system. Scientific-methodical edition (methodical recommendations)]. Musicdrug, Kharkov (in Ukrainian).
- Metodicheskie rekomendacii po gigienicheskomu obosnovaniu PDK khimicheskikh vetsestv v pochve. 1982 [Methodical recommendations on hygienic substantiation of chemical substances MPCs in the soil] (in Russian).
- Pat. na korysnu model 20299 UA, 2007. Sposib detoxicatsii vazhkukh metaliv u systemi grunt-roslyna [Pat. for useful model 20299 UA, 2007. Method of heavy metals detoxication in the soil-plant system]. Fateev, A. I., Samokhvalova, V. L.; publ. 15.01.2007, bul. 1 (in Ukrainian).

Pat. na korysnu model Pat. for useful model 85002 UA, 2013. Sposib remediatsii tekhnogeno zabrudnenogo vazhkumu metalamu gruntu [Method of soil remediation technogenic contaminated by heavy metals]. Samokhvalova, V. L., Fateev, A. I., Zuza, S. G., Zuza, V. A.; publ. 11.11.2013, bul. 21 (in Ukrainian).

Pat. na korysnu model Pat. for useful model 85544 UA, 2013. Sposib ekologichnoji reabilitatsiji gruntu tekhnogeno zabrudnenogo perevazhno cadmium, svintsem, tsynkom ta khromom [Method of ecological rehabilitation of technogenic soil contaminated primarily cadmium, lead, zinc and chromium]. Samokhvalova, V. L., Fateev, A. I., Zuza, S. G., Zuza, V. A., Gorakina, V. M.; publ. 25.11.2013, bul. 22 (in Ukrainian).

Pat. na poleznuy model 2210438 RU, 2003. Sposob ochistku i rekultivatsii selskokhozyystvenykh zemel [Pat. for useful model 2210438 RU, 2003. Method of cleaning and reclamation of agricultural land]. Chernyakhovsky, D. A.; publ. 20.08.2003, bul. 14 (in Russian).

Pat. na poleznuy model 2406579 RU, 2010. Sostav dlja rekultivatsii zagriznennykh pochv [Pat. for useful model 2406579 RU, 2010. The composition for reclamation of contaminated soils]. Ponomarenko, D. V., Perevalov, S. N., Yashchenko, V. G.; publ. 20.12.2010, bul. 35] (in Russian).

Rozrobyty systemy zakhystu silskogospodarskikh roslyn v zalezhnosti vid pokaznykiv zabrudnenja gruntu v umovakh Donbasu, 2005 [To elaborate the system of agricultural plants protection depending on the indicators of soil pollution in Donbass conditions, 2005: a research report 02.05.05. / NSC "IGA named after A. N. Sokolovsky". Kharkiv. 70 p. № 0104V003682] (in Ukrainian).

Samokhvalova, V. L., 2007. Vykorystanja antydotiv za zabrudnenja systemy grunt-roslyna vazhkhymy metalamy. Povadomlenja 6. Sposib detoksicatsii vazhkykh metaliv [Using of antidotes for heavy metals pollution of the soil-plant system. Message 6. Method of heavy metals detoxication]. Scientific Bulletin of Uzhgorod NU. Series: Biology. 20, 52–59 (in Ukrainian).

Samokhvalova, V. L., 2007. Otdelnye podkhody k phytomeliatsii pochv pri zagriznenii tjazhelymi metalami [Separate

approaches to phytomelioration of soils heavy metals contamination // Industrial botany: condition and prospects of development. Mat. int. Conf. "Industrial botany: condition and prospects of development", Donetsk]. Donetsk. 387–391 (in Russian).

Samokhvalova, V. L., Fateev, A. I., Zuza, S. G., Zuza, V. A., 2013. Sposib remediatsii tekhnogeno zabrudnenogo vazhkumu metalamu gruntu [Method of remediation of technogenic soil contaminated by heavy metals]. Agrochemistry and Soil science. 80, 101–110 (in Ukrainian).

Samokhvalova, V. L., Fateev, A. I., Zuza, S. G., Zuza, V. A., Gorakina, V. M., 2014. Sposib ekologichnoji reabilitatsiji gruntu tekhnogeno zabrudnenogo perevazhno cadmium, svintsem, tsynkom ta khromom [Method of ecological rehabilitation of technogenic soil contaminated mainly cadmium, lead, zinc and chromium]. Agrochemistry and Soil science. 81, 51–59 (in Ukrainian).

Samokhvalova, V. L., Sukhova, L. A., 2007. Priminenie antidotov pri zagriznenii systemy pochva-rastenie tjazhelymi metalami. Soobchenie 5. Teoreticheskie podkhody, kriterii i perspektivy razrabotki detoksicantov [Application of antidotes by heavy metals contamination of the soil-plant system. Message 5. Theoretical approaches, criteria and prospects of detoxicants elaboration]. Gruntoznavstvo. 8(3-4), 19–25 (in Russian).

Sokolova T. A., Dronov T. A., Tolpeshta I. I., 2005. Glilistye mineral v pochvakh [Clay minerals in soils. Tula, Grif&]. (in Russian).

Sposoby snyzhenja negatyvnoji dii vazhkykh metaliv na kilnist ta jakist vrozhaju silskogospodarskikh kultur, 2004 [The methods to reduce the negative impact of heavy metals on the quantity and quality of crop, 2004: a research report 02.05.04. / NSC "IGA named after A. N. Sokolovsky". Kharkov, 35 p. № 0104V003682] (in Ukrainian).

Vodyanitsky, Yu. N., 2002. Khimija i mineralogija pochvenogo zheleza [Chemistry and Mineralogy of the soil iron / Yu. N. Vodyanitsky]. Soil Science Institute named after V. V. Dokuchaev RAAS, Moscow (in Russian).

Vodyanitsky, Yu. N., 2010. Soedinenija zeleza i ikhrol v okhrane pochv [Iron compounds and their role in soil protection / Yu. N. Vodyanitsky]. Soil Science Institute named after V. V. Dokuchaev RAAS, Moscow (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 25.02.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. Н. М. Цветкова

SOIL BIOLOGY



I. M. Malynovska ✉

Dr. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.

S. A. Gavrilov

Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.

UDK 631.46.631.445.41:
631.84

*NRC "Institute of Agriculture of the NAAS",
Mashinobudivnykiv str., 2B, 08162, Chabany,
Kyiv region, Ukraine*

EFFECT OF TILLAGE METHODS ON DIRECTIONALITY AND INTENSITY OF MICROBIOLOGICAL PROCESSES IN GRAY FOREST SOIL

Abstract. The direction and intensity of microbiological processes in the gray forest soil with different ways of its primary tillage has been investigated. It has been established that the method and depth of primary tillage affects the abundance and physiological and biochemical activity of microorganisms of most studied ecological, trophic and functional groups. Soil after plowing characterized with the lowest number of microorganisms, and soil after surface cultivation – with the largest. The total number of microorganisms in the control variant with surface cultivation exceeds the number of bacteria in the control variant with plowing at 2,10 times, with bringing of by-products – at 2,03, with fertilization – at 1,31 times.

Method of soil tillage affects the number of *Azotobacter*: fertilization with plowing and disking leads to a significant increase the number of microorganisms and the change of the dominant species of *Azotobacter vinelandii* on *A. chroococcum*. Fertilization with using of surface cultivation leads to decrease the number of *Azotobacter* population at 3,3 times, while change in the dominant species does not occur. Adding by-products leads to an increase the number of *Azotobacter*, because the C/N ratio in the soil is increasing.

Adding crop by-products which contain large amounts of polysaccharide molecules with the ability to accumulate a variety of pollutants promotes a decrease pressures on agroecosystem, resulting in a decrease the proportion melanin-synthesizing micromycetes in the total number of microscopic fungi. Adding crop by-products together with mineral fertilizer by-products which are composed of undesirable impurities again leads to an increase the proportion of melanin-synthesizing micromycetes.

Tillage affects the activity of organic matter development: this process is more active with the use of plowing than process with the use of disking and surface cultivation. Adding by-products can significantly reduce the activity of organic matter expenditure: with plowing – by 146,6 %, with disking – 16,9, with surface cultivation – by 28,8 %. The combined use of by-products with chemical fertilizers can reduce this figure even greater extent due to better plant growth in these experimental variants and the allocation of root exudates that affect the course mineralization processes in soil. Tillage variants differ in their effects on mineralization activity of humic substances. Ploughing leads to the activation of this process: humus mineralization activity in the control variant is higher than in variants with disking and surface cultivation by 11,9 and 49,6 %, respectively. Maximum deceleration of humus mineralization is achieved with soil surface tillage.

The toxicity of the soil is the smallest with the use of plowing, especially in the form of plant mineral nutrition optimization and adding of by-product precursor. A possible reason for this may be the oxidation of toxic substances with oxygen that has more access in comparison with the soil surface disking and cultivation.

Keywords: *soil tillage, ammonifiers, Azotobacter, polysaccharide-synthesizing microorganisms, melanin-synthesizing microorganisms, organic matter development, humus mineralization, phytotoxicity.*

✉ Tel.: +38067-929-60-47. E-mail: irina.malinovskaya1960@mail.ru

DOI: 10.15421/041405

УДК 631.46.631.445.41:
631.84

И. М. Малиновская
С. А. Гаврилов

д-р с.-х. наук, стар. науч. сотр.
канд. с.-х. наук, стар. науч. сотр.

*Национальный научный центр «Институт земледелия НААН»,
ул. Машиностроителей, 2Б, пгт Чабаны, 08162, Киевская обл., Украина,
тел.: +38067-929-60-47, e-mail: irina.malinovskaya1960@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ И НАПРАВЛЕННОСТЬ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

Исследовали направленность и интенсивность микробиологических процессов в серой лесной почве при использовании вспахивания (12–14 см), дискования (10–12 см) и поверхностной обработки (5–7 см) в вариантах: без удобрений, с запахиванием побочной продукции предшественника в севообороте (соя), то же + $N_{60}P_{60}K_{60}$. Установлено, что способ и глубина обработки почвы влияет на численность и физиолого-биохимическую активность микроорганизмов большинства изученных эколого-трофических и функциональных групп. Минимальной численностью микроорганизмов характеризуются варианты опыта с использованием вспахивания, максимальной – почва вариантов с поверхностной обработкой.

Способ обработки влияет на активность освоения органического вещества почвы: при вспахивании этот процесс происходит активнее, чем при обработке без оборота пласта. Вспахивание также приводит к активизации процессов минерализации гумуса на 11,9 и 49,6 % по сравнению с показателями вариантов дискования и поверхностной обработки. Максимальное замедление минерализации гумуса достигается при использовании поверхностной обработки почвы в варианте с запахиванием побочной продукции предшественника в севообороте.

Ключевые слова: способ обработки почвы, аммонификаторы, азотобактер, полисахаридсинтезирующие, меланинсинтезирующие микромицеты, освоение органического вещества, минерализация гумуса, фитотоксичность.

УДК 631.46.631.445.41:
631.84

І. М. Малиновська
С. О. Гаврилов

д-р с.-г. наук, стар. наук. співр.
канд. с.-г. наук, стар. наук. співр.

*Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»,
вул. Машинобудівників, 2Б, смт Чабани, 08162, Київська обл., Україна,
тел.: +38067-929-60-47, e-mail: irina.malinovskaya1960@mail.ru*

ВПЛИВ СПОСОБУ ОБРОБІТКУ НА СПРЯМОВАНІСТЬ ТА НАПРУЖЕНІСТЬ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ

Досліджували спрямованість та інтенсивність мікробіологічних процесів у сірому лісовому ґрунті за різних способів його основного обробітку у варіантах: без добрив (контроль); з зароблянням побічної продукції попередника; з зароблянням побічної продукції та мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Встановлено, що спосіб і глибина основного обробітку ґрунту впливає на чисельність і фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів більшості досліджених еколого-трофічних і функціональних груп. Найменшою чисельністю мікроорганізмів характеризується ґрунт після оранки, а найбільшою – після поверхневого обробітку.

Обробіток ґрунту впливає на активність освоєння органічної речовини: за оранки цей процес проходить активніше, ніж за обробітку без обертання скиби. Обробіток з обертанням скиби викликає активізацію мінералізації гумусу, інтенсивність якої вища, ніж за дискування і поверхневого обробітку на 11,9 і 49,6 % відповідно. Максимальне уповільнення мінералізації гумусу досягається за поверхневого обробітку ґрунту і заорювання побічної продукції попередника у сівозміні.

Ключові слова: обробіток ґрунту, амоніфікатори, азотобактер, полісахаридсинтезувальні, меланінсинтезувальні мікроміцети, освоєння органічної речовини, мінералізація гумусу, фітотоксичність

ВСТУП

Способи обробітку ґрунту, особливо за їх тривалого використання, мають істотний вплив на фізико-хімічні показники ґрунту, співвідношення між водною і повітряною фазами, визначаючи таким чином рівень їх біологічної активності. При цьому відбуваються структурні і функціональні зміни у складі мікробних угруповань: зміни домінуючих видів, зміна стратегій росту, шляхів мікробної трансформації гумусу, зокрема, активізація процесу дегуміфікації (Iutinskaya et al., 2010; Blagodatsky et al., 2008). За тривалого використання безполицевого обробітку і глибокої оранки спостерігається зниження родючості чорноземного ґрунту, посилення мобілізаційних процесів, зменшення чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів і азотобактера (Korzhov et al., 2009). Кількість останнього зменшується в 2,1–2,3 рази за безполицевого обробітку і на 29–37 % за оранки на глибину до 30–32 см.

В ґрунті з високою щільністю сповільнюється газообмін з атмосферним повітрям, зростає вміст газів – продуктів активної діяльності анаеробних мікроорганізмів (діоксиду вуглецю, метану, етилену та ін.). За таких умов інтенсивність розкладання свіжих рослинних решток знижується, однак покращується їх гуміфікація (Iutinskaya et al., 2010). О. А. Берестецьким зроблено висновок, що за безполицевого обробітку в ґрунті зростає чисельність аеробної мікрофлори (мікроміцети, целюлозоруйнівні бактерії), внаслідок чого трансформація свіжої органічної маси відбувається з високою інтенсивністю і низьким коефіцієнтом гуміфікації (Berestetskij et al., 1984).

Поряд із системами обробітку ґрунту на мінералізаційні процеси в ґрунтах, збереження і відтворення загальної органічної речовини і гумусу суттєво впливає вид сільськогосподарської культури, яка вирощується (Iutinskaya et al., 2010). Тому нами розпочато дослідження впливу типу основного обробітку сірого лісового ґрунту на інтенсивність та спрямованість мікробіологічних процесів у кореневій зоні рослин ячменю на фоні різних систем удобрення.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведені в стаціонарному досліді відділу обробітку ґрунту і боротьби з бур'янами на сірому лісовому ґрунті ДП «ДГ» Чабани» ННЦ «Інститут землеробства НААН», що розташований у північній частині Лісостепу України. Ґрунт – сірий лісовий крупнопиловатий легкосуглинковий. Вміст гумусу в шарі 0–30 см на момент проведення досліджень склав 1,30–1,35 %, реакція ґрунтового розчину – 5,6–6,2, вміст фосфору та калію – 10–12 мг/100 г ґрунту (за Кірсановим).

У досліді вивчали вплив беззмінного основного обробітку ґрунту, який відрізнявся способом та глибиною: оранку на 12–14 см, дискування на 10–12 см і поверхневий обробіток на 5–7 см. Обробітки вивчали на трьох фонах удобрення: без добрив (контроль); з зароблянням побічної продукції (Пп) попередника – сої; з зароблянням побічної продукції та мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Культура – ячмінь сорту Сонцедар.

Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп оцінювали методом висіву ґрунтової суспензії на відповідні поживні середовища (Terper et al., 2004). Показники інтенсивності мінералізації сполук азоту, органічної речовини і гумусу, а також вірогідність формування бактеріальних колоній (ВФК) розраховували як вказано раніше (Malinovska, 2011). Фітотоксичні властивості ґрунту визначали з використанням рослинних біотестів (пшениця озима) за Н. А. Красильниковим (Metody izucheniia., 1966) Статистичну обробку результатів проводили з використанням сучасних програм Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В результаті проведених досліджень встановлено, що спосіб основного обробітку ґрунту суттєво впливає на чисельність мікроорганізмів у кореневій зоні рослин ячменю. Зокрема, за застосування оранки чисельність амоніфікаторів є нижчою, ніж за використання дискування і поверхневого обробітку (табл. 1). Вплив досліджених агроприйомів: внесення побічної продукції рослинництва і мінеральних добрив більш відчутний за використання оранки і дискування. Так, внесення побічної продукції і мінеральних добрив у варіантах оранки призводить до збільшення чисельності амоніфікаторів на 53,5 і 77,5 %; відповідні показники у варіантах дискування складають 92,7 і 106,4 %. За використання поверхневого обробітку вплив агроприйомів є не таким відчутним і збільшення чисельності амоніфікаторів за внесення побічної продукції складає лише 10,5 %, за сумісного внесення побічної продукції і мінеральних добрив – 11,9 %. Ця закономірність виявляється на прикладі мікроорганізмів інших досліджених груп і загальної чисельності мікроорганізмів. Найменшою чисельністю мікроорганізмів характеризується ґрунт у варіантах оранки, найбільшою – у варіантах поверхневого обробітку. Так, загальна чисельність досліджених мікроорганізмів у контрольному варіанті поверхневого обробітку перевищує чисельність мікроорганізмів у контрольному варіанті оранки у 2,10 рази, за внесення побічної продукції – 2,03, за внесення мінеральних добрив – у 1,31 рази.

Багаторічними дослідженнями було показано, що внесення азотних мінеральних добрив у сірий лісовий ґрунт призводить до зменшення чисельності азотобактера, оскільки він стає менш конкурентноздатним в умовах забезпеченості ґрунту азотом (Malinovska, 2011; Malinovska and Dombrovska, 2011). Наведені результати свідчать про те, що характер впливу мінеральних добрив на чисельність азотобактера залежить від способу обробітку ґрунту: за оранки і дискування внесення мінеральних добрив сприяє суттєвому збільшенню чисельності зазначеного мікроорганізму, при цьому змінюється домінуючий вид азотобактера з *Azotobacter vinelandii* на *A. chroococcum*. За використання поверхневого обробітку чисельність азотобактера в результаті внесення мінеральних добрив зменшується у 3,3 рази, при цьому домінуючий вид залишається тим самим, як і у варіанті без внесення добрив – *A. vinelandii*. Важливо підкреслити, що внесення побічної продукції призводить до збільшення чисельності азотобактера, оскільки у ґрунті підвищується співвідношення C/N. Особливо яскраво ця закономірність проявляється за використання поверхневого обробітку і дискування, при цьому також змінюється домінуючий вид азотобактера з *A. vinelandii* на *A. chroococcum*. Отже, вплив агроприйомів на чисельність азотобактера має складний характер, який залежить від вмісту доступного азоту, співвідношення C/N в ґрунті, виду сільськогосподарської культури, яка вирощується (Malinovska and Litvinov, 2011; Malinovska, 2011), і способу обробітку ґрунту, який впливає, можливо, через формування повітряного режиму ґрунту, оскільки азотобактер є аеробним мікроорганізмом.

Спосіб обробітку ґрунту впливає на чисельність мікроорганізмів такої важливої діагностичної групи як полісахаридсинтезувальні бактерії. Позаклітинні полісахариди ґрунтових мікроорганізмів забезпечують продуцентам переваги за виживання у природних умовах: допомагають витримувати тривалу посуху, прискорюють дифузію низькомолекулярних поживних речовин у безпосередній близькості від клітин, приймають участь в адгезії клітин до гідрофобних субстратів і ґрунтових часточок, захищають клітини від дії біоцидів і детергентів, інтенсифікують розчинення мінеральних елементів з важкодоступних форм, покращуючи тим самим мінеральне живлення рослин та ін. (Malinovska, 2007). Все це дозволяє розглядати підвищену кількість полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів як пристосування мікробного угруповання до оточуючого середовища, що забезпечує йому селективні переваги в умовах стресу. Мікробні угруповання варіантів із використанням

Таблиця 1

Чисельність мікроорганізмів у сірому лісовому ґрунті за використання різних способів обробітку ґрунту, млн КУО*/г абсолютно сухого ґрунту, середні дані за вегетаційний період 2012 р.

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання ґрундопок ґрунту	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педофори	Целлолозуючі бактерії	Полісахарид-синтезуючі	Автохтонні	Стрептоміцети	Мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	K _p	Кислотоутворювачі	Метанін-утворювачі	Загальна чисельність
Без добрив (контроль)	159,0	27,5	30,6	23,3	21,1	0,156	35,8	65,6	3,87	12,1	7,75	0,092	13,0	0,859	3,88	0,039	479,3
Побічна продукція	244,1	32,1	27,2	26,7	47,5	0,127	54,3	61,2	3,87	15,3	9,15	0,194	19,4	1,813	4,58	0,046	550,6
П/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	282,2	78,5	32,8	36,0	146,6	0,126	59,3	50,3	4,89	14,8	23,0	0,181	9,42	0,451	8,03	0,080	775,7
Без добрив (контроль)	301,0	53,4	33,7	20,7	118,3	0,133	66,6	73,1	6,45	20,1	13,6	0,126	15,8	0,723	7,17	0,072	754,0
Побічна продукція	580,1	99,1	82,3	36,7	116,1	0,127	109,8	133,6	10,2	26,8	27,4	0,116	20,0	0,464	4,22	0,042	1286,0
П/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	621,2	72,7	36,4	98,0	148,3	0,114	70,5	93,2	7,77	17,9	13,8	0,067	21,9	0,882	2,82	0,028	1201,7
Без добрив (контроль)	402,3	70,7	50,0	39,3	152,3	0,163	84,2	76,5	7,62	19,0	15,8	0,134	21,8	0,462	7,98	0,080	1006,3
Побічна продукція	444,5	92,9	68,6	62,7	146,3	0,108	106,7	64,8	9,06	21,9	23,3	0,181	23,7	0,468	3,83	0,038	1118,9
П/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	450,0	92,3	52,9	12,0	114,1	0,124	84,8	72,6	10,5	20,1	24,5	0,204	21,8	1,10	3,80	0,052	1015,0
НР ₀₅	9,44	4,03	2,00	3,15	5,40	0,005	4,23	4,08	0,07	1,88	1,74	0,01	1,80		0,61	0,008	

Примітка: КУО* – колонісуючі одиниці.

дискування і, особливо, поверхневого обробітку характеризуються більшою чисельністю полісахаридсинтезуювальних мікроорганізмів, тому можна вважати їх більш стабільними і пристосованими до навколишнього середовища, ніж мікробні угруповання варіантів ґрунту за використання оранки.

Однією із захисних реакцій мікроорганізмів на антропогенне забруднення є здатність до утворення меланоїдних пігментів (Zhdanova and Vasilevskaia, 1988). Результати проведених нами досліджень підтверджують цей висновок: внесення побічної продукції рослинництва знижує долю мікроміцетів, які синтезують меланіни у варіанті оранки на 87,7 %, у варіанті дискування – на 56,3 % і за поверхневого обробітку – на 180,7 % (табл. 1). Отже, внесення побічної речовини, яка містить велику кількість полісахаридних молекул із акумулювальною здатністю щодо різноманітних політантів, сприяє зменшенню антропогенного тиску, що виражається у зменшенні частки меланінсинтезуювальних мікроміцетів. Внесення сумісно із побічною продукцією мінеральних добрив, які мають у своєму складі небажані домішки, зокрема, важкі метали, знов призводить до збільшення частки меланінсинтезуювальних мікроміцетів у загальній кількості мікроскопічних грибів.

Дослідження фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів безпосередньо у ґрунті показало, що обробіток ґрунту суттєво впливає на цей показник (табл. 2). Так, іммобілізатори мінерального азоту, педотрофи і мобілізатори мінеральних фосфатів більш активні за використання оранки, олігонітрофіли і автохтонні мікроорганізми – за використання дискування, нітрифікатори, мікроміцети і целюлозоруйнівні мікроорганізми – за використання поверхневого обробітку і дискування.

Обробіток ґрунту впливає на активність освоєння органічної речовини: за використання оранки цей процес проходить активніше, ніж за використання дискування і поверхневого обробітку (табл. 3). Внесення побічної продукції дозволяє суттєво знизити активність витрачання органічної речовини: за оранки – на 146,6 %, за дискування – 16,9, за поверхневого обробітку – на 28,8 %. Сумісне внесення побічної продукції із мінеральними добривами дозволяє знизити цей показник ще у більшому ступені завдяки кращому росту рослин на цих варіантах дослідів і виділення кореневих ексудатів, які впливають на перебіг мінералізаційних процесів у ґрунті.

Варіанти обробітку ґрунту розрізняються за своїм впливом на активність мінералізації гумусових сполук. Оранка сприяє інтенсифікації цього процесу: активність мінералізації гумусу в контролі перевищує показники варіантів дискування і поверхневого обробітку на 11,9 і 49,6 % відповідно; за внесення побічної продукції відповідні показники складають 15,6 і 37,1 %, за оптимізації мінерального живлення рослин – 0 і 5,49 % (табл. 3). Таким чином, найбільшою мірою уповільнення мінералізаційних процесів гумусових сполук можна досягти за використанні поверхневого обробітку. Отримані нами дані співпадають із закономірностями, встановленими Міхновською із співав. (Mikhnovskaya and Mironova, 1983): за двохрічного використання безполіцевого обробітку чорнозему вміст автохтонної мікрофлори істотно зменшується, що призводить до збільшення вмісту гумусу на 0,2–0,3 %. Однак, за тривалого (10–18 років) використання безполіцевого обробітку розвиток автохтонної мікрофлори знов активізується, мінералізаційна активність мікрофлори зростає до рівня варіантів із застосуванням оранки і подальшого зростання вмісту гумусу не відбувається (Mikhnovskaya and Mironova, 1983). Ці дані свідчать на користь чергування оранки з безплужним обробітком.

Внесення побічної продукції, і, особливо, одночасно з оптимізуванням мінерального живлення рослин, також сприяє уповільненню розкладання гумусових сполук: за оранки на 20,3 і 35,2 %, за дискування – на 23,8 і 18,9 %, за поверхневого обробітку – на 10,2 і -0,95 %. Причиною цих явищ може бути те, що побічна продукція слугує доступним джерелом вуглецю для автохтонних і гетеротрофних мікроорганізмів, що дозволяє знизити активність мінералізації гумусу. Оптимізація мінерального живлення сприяє більш активному росту рослин і, відповідно,

Таблиця 2

Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ , год⁻¹ · 10⁻³) у сірому лісовому ґрунті за використання різних способів обробітку ґрунту, середні дані за вегетаційний період 2012р.

№	Варіант	Амоні- фікатори	Імобілі- затори мі- нерального азоту	Олігоніт- рофіли	Денітри- фікатори	Нітрифі- катори	Педо- трофи	Автох- тонні	Целюлозо- руйнівні	Мікро- міцети	Мобіліза- тори мінераль- них фосфатів
1	Без добрив (контроль)	1,18	0,832	5,00	0,328	0,590	1,20	0,487	0,665	3,58	7,24
2	Побічна продукція	5,44	0,985	2,50	0,408	0,898	0,494	0,479	0,402	2,97	2,78
3	П/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,158	0,299	1,94	0,439	0,654	1,05	1,03	0,973	5,20	3,05
4	Без добрив (контроль)	1,57	0,212	6,84	0,076	0,783	0,663	0,784	0,569	5,19	2,19
5	Побічна продукція	1,32	0,412	3,71	0,611	1,07	1,23	0,751	1,51	4,99	2,69
6	П/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,924	0,363	8,43	1,47	0,801	0,602	0,728	2,31	4,83	2,34
7	Без добрив (контроль)	0,886	0,278	4,48	0,258	0,800	0,760	0,680	0,685	5,04	5,81
8	Побічна продукція	3,91	0,321	2,39	0,506	1,09	0,790	0,684	2,38	5,20	2,84
9	П/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,918	0,155	7,34	0,189	1,11	0,668	0,640	1,08	6,03	1,72

Таблиця 3

Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості сірого лісового ґрунту за використання різних способів обробітку ґрунту, середні дані за вегетаційний період 2012р.

№	Варіант	Індекс педотрофності	Коефіцієнт опідзоленості	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Маса 100 рослин тест-культури – озимої пшениці, г		
						стебло	коріння	загальна маса
1	Без добрив (контроль)	Оранка на 12-14 см	0,550	0,192	33,8	5,78	4,68	10,5
2	Побічна продукція		0,223	0,111	28,1	6,70	5,18	11,9
3	П/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		0,210	0,116	25,0	7,49	5,96	13,5
4	Без добрив (контроль)	Дискування на 10-12 см	0,221	0,112	30,2	5,34	3,98	9,32
5	Побічна продукція		0,189	0,142	24,4	5,44	4,71	10,2
6	П/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		0,114	0,059	25,4	6,29	5,53	11,8
7	Без добрив (контроль)	Поверхневий обробіток на 5-7 см	0,309	0,124	22,6	5,15	3,75	8,90
8	Побічна продукція		0,240	0,154	20,5	5,86	4,58	10,4
9	П/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		0,188	0,118	23,7	5,32	4,43	9,75
	НР ₀₅					0,15	0,08	

виділенню більшої кількості корневих ексудатів, які містять легкодоступні субстрати для розвитку мікроорганізмів.

Токсичність ґрунту виявилася найменшою за використання оранки, особливо у варіанті оптимізування мінерального живлення рослин і внесення побічної продукції попередника (табл. 3). Можливою причиною цього може бути окислення токсичних речовин киснем, який має більший доступ в ґрунт порівняно із дискуванням і поверхневим обробітком.

Для встановлення зв'язків між мікробіологічними показниками: чисельністю та фізіолого-біохімічною активністю мікроорганізмів досліджених груп, коефіцієнтами та індексами, які описують спрямованість та інтенсивність мінералізаційних процесів, фітотоксичністю та врожайністю ячменю проведений кореляційний аналіз. Встановлено, що ефективна родючість ґрунту в указаних агрохімічних умовах за використання оранки суттєво ($r = 0,666-0,999$) позитивно корелює із чисельністю амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів, азотобактера, денітрифікаторів, полісахаридсинтезувальних і автохтонних мікроорганізмів, актиноміцетів, меланінсинтезувальних мікроміцетів, загальною чисельністю мікроорганізмів, фізіолого-біохімічною активністю денітрифікаторів, автохтонних, целюлозоруйнівних мікроорганізмів, мікроміцетів, коефіцієнтом мінералізації азоту і активністю мінералізації гумусу; обернено корелює із чисельністю нітрифікаторів, целюлозоруйнівних мікроорганізмів, педотрофів, мобілізаторів мінеральних фосфатів, питомою фосформобілізівною активністю, фізіолого-біохімічною активністю амоніфікаторів, олігонітрофілів, мобілізаторів мінеральних фосфатів, коефіцієнтами педотрофності і оліготрофності, рівнем фітотоксичності. Отримані дані більшою мірою співпадають із даними кореляційного аналізу, який був зроблений для такої культури як соя (Malinovska, 2012). Виявлені відмінності, зокрема, зв'язок між врожайністю і чисельністю азотобактера і полісахаридсинтезувальних бактерій має прямий, а не обернений характер.

За використання дискування врожайність ячменю суттєво ($r = 0,666-0,999$) позитивно корелює із чисельністю амоніфікаторів, азотобактера, денітрифікаторів, полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів, мобілізаторів мінеральних фосфатів, загальною чисельністю мікроорганізмів, питомою фосформобілізівною активністю, фізіолого-біохімічною активністю іммобілізаторів мінерального азоту, денітрифікаторів і целюлозоруйнівних мікроорганізмів; обернено корелює із чисельністю нітрифікаторів, мікроміцетів, меланінсинтезувальних і кислотоутворювальних мікроорганізмів, фізіолого-біохімічною активністю амоніфікаторів, автохтонних мікроорганізмів і мікроміцетів, коефіцієнтами педотрофності, оліготрофності, мінералізації сполук азоту і гумусу, рівнем фітотоксичності.

За використання поверхневого обробітку ефективна родючість ґрунту суттєво ($r = 0,666-0,999$) позитивно корелює із чисельністю полісахаридсинтезувальних, автохтонних і кислотоутворювальних мікроорганізмів, КУО міцеліальних форм (актино- і мікроміцетів), питомою фосформобілізівною активністю, фізіолого-біохімічною активністю олігонітрофілів, нітрифікаторів, мікроміцетів; від'ємно корелює із чисельністю азотобактера, денітрифікаторів, педотрофів, фізіолого-біохімічною активністю амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, денітрифікаторів, педотрофів, автохтонних мікроорганізмів і мобілізаторів мінеральних фосфатів, рівнем фітотоксичності.

Ефективність і напрямки мікробіологічних процесів у ґрунті залежать як від чисельності мікроорганізмів, так і від специфіки функціональних зв'язків між ними. На основі даних про динаміку розвитку мікроорганізмів в досліджених ґрунтах нами розраховані коефіцієнти кореляції між показниками чисельності мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп і побудовані кореляційні матриці за методом П. Терентьєва (Terentev, 1959). Проведений аналіз свідчить, що високим рівнем стабільності мікробних угруповань відрізняються варіанти досліду із використанням поверхневого обробітку і дискування, варіанти досліду із використанням оранки є найменш стабільними. Так, мікробне угруповання варіанту оранки без добрив характеризується 63 значимими

зв'язками, дискування – 75, поверхневого обробітку – 83. Внесення побічної продукції і мінеральних добрив призводить до стабілізації мікробного угруповання тільки у варіанті із використанням оранки, кількість значимих кореляційних зв'язків зростає у цьому варіанті на 38,1 і 12,7 % відповідно, у варіантах із дискуванням і поверхневим обробітком кількість значимих зв'язків в результаті внесення побічної продукції майже не зростає, залишаючись на рівні контрольного варіанту.

Звертає на себе увагу факт переважання кількості прямих кореляційних залежностей над оберненими, це стосується як високо- ($r = 0,666-0,999$), так і середньозначимих зв'язків ($r = 0,333-0,665$). Поясненням цьому може бути, на наш погляд, вибір для дослідження певних еколого-трофічних і функціональних груп мікроорганізмів, які тісно пов'язані між собою у циклах перетворення азоту, вуглецю та ін.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Berestetskij, O. A., Voznyakovskaya, Y. M., Dorosinsky, L. M., 1984.** Biologicheskie osnovy plodorodiiia pochv [Biological basis of soil fertility]. Kolos, Moscow (in Russian).
- Blagodatsky, S. A., Bogomolov, I. N., Blagodatskaya, E. V., 2008.** Mikrobnaiia biomassa i kinetika rosta mikroorganizmov v chemozemakh pri razlichnom selskokhoziajstvennom ispolzovanii [Microbial biomass and growth kinetics of microorganisms in black earth under different agricultural use]. Microbiology. 77(1), 113–120 (in Russian).
- Iutinskaya, G. A., Ponomarenko, S. P., Andreyuk, E. I. et al., 2010.** Bioregulatsiia mikrobo-rostnogo-rastitelnykh system [Bioregulation of microbe-plant systems]. Nichlava, Kiev (in Russian).
- Korzhov, S. I., Maslov, V. A., Smith, E. S., 2009.** Izzmenenie mikrobiologicheskoy aktivnosti pochv pri raznykh sposobakh ee obrabotki [Change of soil microbial activity at different ways of tillage]. AgroXXI. <http://www.agroxxi.ru>. 1–3 (in Russian).
- Malinovska, I. M., 2012.** Spriamovanist mikrobiologichnykh protsesiv u temno-siromu opidzolenomu gruntui za riznykh tekhnologij vyroshchuvannia soi [The directionality of microbiological processes in dark gray podzolic soil under different technologies of soybean growing]. Problems of environmental biotechnology. 1 [electronic scientific publication]. Mode of access: nau.edu.ua (in Ukrainian).
- Malinovska, I. M., 2007.** Funktsionalnaia rol ekzopolisakharidov mikroorganizmov pochvy i rastenij [The functional role of microorganisms exopolysaccharides soil and plants]. Agroecological journal. 4, 53–64 (in Russian).
- Malinovska, I. M., 2011.** Mikrobiologichni protsesy u ryzosferi roslin riznykh silskogospodarskykh kultur [Microbiological processes in the rhizosphere of various crops plants]. Proceedings of the All-Ukrainian conference "Agricultural Microbiology: Achievements and Prospects". Chernigov. 250–255 (in Ukrainian).
- Malinovska, I. M., Dombrovskaya, I. V., 2011.** Stan mikrobotsenozu sirogo lisovogo gruntu za raznochilovogo vykorystannia [Condition of gray forest soil microbiocenosis with different target use]. Herald of Kyiv National University. Series Biology. 57, 21–25 (in Ukrainian).
- Malinovska, I. M., Litvinov, D. V., 2011.** Mikrobiologichni protsesy u korenevij zoni gorokhu i pshenytsi ozymoi za vyroshchuvannia ikh u monokulturi i chotyrokhpilnoi sivozmini [Microbiological processes in the root zone of pea and winter wheat by growing them in monoculture and rotation of the four fields]. Agricultural microbiology. 14, 77–90 (in Ukrainian).
- Metody izucheniiia pochvennykh mikroorganizmov i ikh metabolitov, 1966. [Methods for studying soil microorganisms and their metabolites]. Ed. N. A. Krasilnikov. Moscow State University, Moscow (in Russian).
- Mikhnovskaya, A. D., Mironova, L. M., 1983.** Mikrobiologicheskie protsessy i ikh vliianie na podvizhnost i zakreplenie organicheskogo veshchestva v demovo-podzolistykh pochvakh [Microbiological processes and their influence on mobility and fixation of organic matter in sod-podzolic soils]. Improvement of soil fertility of the Ukrainian SSR nonblack earth zone. Kyiv. 34–41 (in Russian).
- Tepper, E. Z., Shilnikova, V. K., Pereversev, G. I., 2004.** Praktikum po mikrobiologii [Practicum on Microbiology]. Drofa, Moscow (in Russian).
- Terentev, P. V., 1959.** Metod korreliatsionnykh pleiad [Method of correlation Pleiades]. Herald of Leningrad Univ., Leningrad. 9, 137–143 (in Russian).
- Zhdanova, N. N., Vasilevskaia, A. N., 1988.** Melaninsoderzhashchie griby v ekstremalnykh usloviakh [Melanin mushrooms in extreme conditions]. Naukova dumka, Kiev (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 11.02.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. І. А. Мальцева

SOIL BIOLOGY



O. G. Shekhovtseva✉

UDK 631.42.582.26(477.62)

*Melitopol State Pedagogical B. Khmelnytsky University,
Lenina str., 20, 72312, Melitopol, Ukraine*

SOIL ALGAE IN URBAN ECOSYSTEMS OF THE CITY OF MARIUPOL

Abstract. In the present time, a special attention is paid, worldwide, to the investigation of the biodiversity in ecosystems, as a important characteristic of the ecological investigations. The processes of urbanization of natural landscapes have caused some changes of biological factor of the soil formation and also of the formation of artificial ecological systems. The algae are an indispensable part of ecosystems, performing an important regulatory function in them. So aim of the research was to determine the systematic, environmental features, species composition of algae communities of soil in the city Mariupol (Donetsk region).

Structural features of algae soil in habitats with various character of action of factors of urbanized environment are subjected to benchmark analysis. Results of use algal groups for monitoring soils of urbanized ecosystem are described. Problems of algae participation in maintenance of surface ecosystems stability under anthropogenic pressure on the environment have been discussed. Species composition and indication properties of soil algae as biological pollution indicators of the protected of the urbanized soils have been studied. The results of researches of various soil algal flora of arboreal plantations and lawns of the Mariupol industrial city are resulted. Conclusions about the influence of various kinds of anthropogenic effect upon of species diversity algae are given. Specific lines of algal groups of arboreal plantations and lawns of urban ecosystems are shown.

The variety of the soil algae species has been investigated. Systematic structure at the level of orders, families, genera correlation of algae soil, life-forms are considered. The green and blue-green algae were found to be prevail, it was proved that they are the basis of dominate species complex. The greatest quantity of kinds of seaweed is allocated in zonal soils. The leading position in all investigated groups take representatives of Chlorophyta, except of the steppe phytocenoses, where the most various is the section of Cyanophyta. The increasing of species diversity of Xanthophyta is observed in the soils of background parts of man-planted forest phytocenoses. They are traditionally considered to be the index of purity of soil. Low species diversity of algoflora is a peculiarity of the city soils. Cyanophyta and Chlorophyta prevail, one-cell Xanthophyta are poor developed.

A checklist of soil algal flora of the city of Mariupol is includes 78 species from five divisions: Chlorophyta – 32 (41,0 %), Cyanophyta – 25 (32,1 %), Xanthophyta – 9 (11,5 %), Bacillariophyta – 8 (10,3 %), Eustigmatophyta – 4 (5,1 %). Structural features of algae soil in habitats with various character of action of factors of urbanized environment are subjected to benchmark analysis. Including arboreal plantations 68 species: Chlorophyta – 27 (39,7 %), Cyanophyta – 20 (29,4 %), Xanthophyta – 12 (17,7 %), Bacillariophyta – 6 (8,8 %), Eustigmatophyta – 3 (4,4 %); in lawns 49 species – 23 (46,9 %), – 13 (26,5 %), – 4 (8,2 %), – 7 (14,3 %), – 2 (4,1 %) accordingly.

✉ Tel.: +38095-774-84-79. E-mail: helga22@inbox.ru

DOI: 10.15421/041406

ISSN 1684-9094. Gruntoznavstvo. 2014. Vol. 15, no. 1-2

63

On results researches of quantity of algal flora of urbanized soils the change of quantity is marked on the whole toward a decline. Abundance and biomass of soil algae of different in various ecosystems are given. Fluctuation ranges in biomass of algae of arboreal plantations and lawns have been registered. The species composition, ecological structure algae of arboreal plantations and lawns was analyzed. Ecological structure of algal communities of arboreal plantations and lawns: $\text{Ch}_{16}\text{P}_{15}\text{C}_{12}\text{X}_8\text{H}_6\text{B}_5\text{M}_2\text{CF}_2\text{ampf}_2$ (68) and $\text{Ch}_{15}\text{P}_{10}\text{B}_6\text{C}_6\text{H}_5\text{X}_3\text{M}_1\text{NF}_1\text{CF}_1\text{amph}_1$ (49) accordingly. Among the algae life forms Ch-, P-, X- and C-forms are domination (58 %).

Key words: biodiversity, soil algae, abundance and biomass, urban ecosystem.

УДК 631.42.582.26
(477.62)

О. Г. Шеховцева

*Мелитопольский государственный педагогический университет им. Б. Хмельницкого,
ул. Ленина, 20, 72312, г. Мелитополь, Украина,
тел.: +38095-774-84-79, e-mail: helga22@inbox.ru*

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ УРБОЭКОСИСТЕМ ГОРОДА МАРИУПОЛЯ

Представлены результаты исследований многообразия почвенных водорослей древесных насаждений и газонов города Мариуполя (Донецкая обл.). Отмечено 78 видов водорослей из пяти отделов: Chlorophyta – 32 (41,0 %), Cyanophyta – 25 (32,1 %), Xanthophyta – 9 (11,5 %), Bacillariophyta – 8 (10,3 %), Eustigmatophyta – 4 (5,1 %), из них в почвах с древесными насаждениями 68 видов: Chlorophyta – 27 (39,7 %), Cyanophyta – 20 (29,4 %), Xanthophyta – 12 (17,7 %), Bacillariophyta – 6 (8,8 %), Eustigmatophyta – 3 (4,4 %); на газонах – 23 (46,9 %), – 13 (26,5 %), – 4 (8,2 %), – 7 (14,3 %), – 2 (4,1 %) соответственно. Проведен анализ видового состава, систематической и экологической структуры альгофлоры. Экологическая структура альгогруппировок древесных насаждений и газонов соответственно: $\text{Ch}_{16}\text{P}_{15}\text{C}_{12}\text{X}_8\text{H}_6\text{B}_5\text{M}_2\text{CF}_2\text{ampf}_2$ (68) и $\text{Ch}_{15}\text{P}_{10}\text{B}_6\text{C}_6\text{H}_5\text{X}_3\text{M}_1\text{NF}_1\text{CF}_1\text{amph}_1$ (49).

Ключевые слова: биоразнообразие, почвенные водоросли, численность и биомасса, урбоэкосистема.

УДК 631.42.582.26
(477.62)

О. Г. Шеховцева

*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького,
вул. Леніна 20, 72312, м. Мелітополь, Україна,
тел.: +3809-5774-84-79, e-mail: helga22@inbox.ru*

ҐРУНТОВІ ВОДОРОСТІ УРБОЕКОСИСТЕМ МІСТА МАРИУПОЛЯ

Наведені результати досліджень різноманіття ґрунтових водоростей деревних насаджень та газонів міста Маріуполя (Донецька обл.). Відмічено 78 видів ґрунтових водоростей з п'яти відділів: Chlorophyta – 32 (41,0 %), Cyanophyta – 25 (32,1 %), Xanthophyta – 9 (11,5 %), Bacillariophyta – 8 (10,3 %), Eustigmatophyta – 4 (5,1 %), з них у деревних насадженнях 68 видів: Chlorophyta – 27 (39,7 %), Cyanophyta – 20 (29,4 %), Xanthophyta – 12 (17,7 %), Bacillariophyta – 6 (8,8 %), Eustigmatophyta – 3 (4,4 %); на газонах – 23 (46,9 %), – 13 (26,5 %), – 4 (8,2 %), – 7 (14,3 %), – 2 (4,1 %) відповідно. Проаналізовано видовий склад, систематичну та екологічну структуру альгофлори. Екологічна структура альгоугруповань деревних насаджень і газонів відповідно: $\text{Ch}_{16}\text{P}_{15}\text{C}_{12}\text{X}_8\text{H}_6\text{B}_5\text{M}_2\text{CF}_2\text{ampf}_2$ (68) та $\text{Ch}_{15}\text{P}_{10}\text{B}_6\text{C}_6\text{H}_5\text{X}_3\text{M}_1\text{NF}_1\text{CF}_1\text{amph}_1$ (49).

Ключові слова: біорізноманіття, ґрунтові водорості, чисельність і біомаса, урбоекосистема.

ВСТУП

Вивчення біорізноманіття є одним із пріоритетних напрямків дослідження біогеоценозів. Сучасний стан біорізноманіття викликає глибоке занепокоєння та

потребує вживання кардинальних заходів щодо передбачення, запобігання й усунення причин значного зменшення або втрати біологічного різноманіття.

Угрупування ґрунтових водоростей як початкові ланки біопродукційного процесу відіграють важливу роль у функціонуванні природних та штучних екосистем, досить швидко реагують на зміни середовища і служать індикаторами його якості. Для природних екосистем характерно підтримання біорізноманіття. Середовище промислового міста відрізняється своєрідністю основних екологічних чинників, а також специфічним техногенним пресингом. У сучасних наукових розробках значна увага приділяється антропогенним перетворенням екосистем урбанізованих територій, які характерні для промислово-розвинених регіонів і до яких відноситься місто Маріуполь. Відповідно екологічного паспорту Донецької області (2013) Маріуполь, займає площу 244,0 км², зелені масиви, якого складають 80,6 км². Різноманітність екотопологічної диференціації міських територій викликає формування різноманітних антропогенних флорокомплексів. На стан екосистем значно впливають техногенне і рекреаційне навантаження, особливо це торкається зелених зон міста. Сучасна урбанофлора Маріуполя представлена видами судинних рослин, у тому числі елементів флори синантропного – 45,1 %, степового – 22,2 % флороценотипів (Tohtar, 2003). Дані досліджень альгофлори ґрунтів біогеоценозів відсутні. Дослідження видового складу і кількісних характеристик угруповань ґрунтових водоростей дає можливість зробити висновок про екологічний стан ґрунтів урбоекосистеми. Метою даної роботи було вивчення видового складу водоростей, систематичної та екологічної структури ґрунтової альгофлори міста Маріуполя.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження особливостей видового аналізу та кількісного обліку водоростей ґрунтів району досліджень проводилося на фонових заповідних територіях у межах Українського степового природного заповідника «Кам'яні могили» під ксерофітними степовими рослинними асоціаціями та заказника місцевого значення «Азовська дача» у штучних насадженнях дуба звичайного. На території міста водорості вивчалися у деревних насадженнях природно-рекреаційної паркової зони та на газонах.

Відбір та обробку ґрунтових зразків здійснювали загальноприйнятими методиками альгології (Gollerbakh and Shtina, 1969). Ідентифікацію водоростей проводили на основі культуральних методів (Shtina and Gollerbakh, 1976; Kuzyakhmetov and Dubovik, 2001). Таксономічна структура ґрунтових водоростей наведена за монографією І. Ю. Костікова із співавторами (Vodorosti gruntiv Ukrainy..., 2001). Чисельність клітин водоростей визначали методом прямого рахунку, біомасу – об'ємно-розрахунковим методом, життєві форми надані згідно рекомендацій Е. А. Штини й М. М. Голлербаха (Shtina and Gollerbakh, 1976).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз ґрунтової альгофлори показав, що урбоекосистеми міста Маріуполя відрізняються одна від одної. У ході альгологічних досліджень на території міста було виявлено 78 видів ґрунтових водоростей, які належать до 37 родів, 31 родини, 23 порядків, 8 класів, 5 відділів: Chlorophyta – 32 види (41,0 %), Cyanophyta – 25 (32,1 %), Xanthophyta – 9 (11,5 %), Bacillariophyta – 8 (10,3 %), Eustigmatophyta – 4 (5,1 %). З них відмічено у ґрунтах з деревними насадженнями 68 видів і 49 видів на газонах, відповідно: Chlorophyta – 27 (39,7 %) і 23 (46,9 %), Cyanophyta – 20 (29,4 %) і 13 (26,5 %), Xanthophyta – 12 (17,7 %) і 4 (8,2 %), Bacillariophyta – 6 (8,8 %) і 7 (14,3 %), Eustigmatophyta – 3 (4,4 %) і 2 (4,1 %) (табл. 1).

Під час дослідження найбільш високу частоту зустрічальності мали види які характерні для степової зони. У більшості досліджених пробних майданчиків лідируючі позиції займає відділ Chlorophyta. В урбоекосистемах трав'янистих насаджень міста цей показник складає 46,9 %, у деревних – 39,7 %, більше ніж у

Таблиця 1

Таксономічна структура ґрунтової альгофлори району досліджень

Відділ	Урбоекосистеми						Фонові біогеоценози					
	Деревні насадження			Газон			Деревні насадження			Степові рослинні асоціації		
	рідина	рід	вид	рідина	рід	вид	рідина	рід	вид	рідина	рід	вид
Chlorophyta	11 (36,7)	13 (36,1)	27 (39,7)	10 (41,6)	11 (45,9)	23 (46,9)	13 (46,4)	17 (47,2)	28 (54,9)	16 (51,6)	9 (30,0)	19 (35,8)
Cyanophyta	6 (20,0)	8 (22,2)	20 (29,4)	7 (29,2)	5 (20,8)	13 (26,5)	4 (14,3)	4 (11,1)	6 (11,8)	4 (12,9)	8 (26,7)	19 (35,8)
Xanthophyta	7 (23,3)	8 (22,2)	12 (17,7)	2 (8,3)	2 (8,3)	4 (8,2)	5 (17,9)	8 (22,2)	10 (19,6)	6 (19,4)	8 (26,7)	8 (15,1)
Bacillariophyta	4 (13,3)	4 (11,1)	6 (8,8)	4 (16,7)	4 (16,7)	7 (14,3)	4 (14,3)	4 (11,1)	4 (7,8)	3 (9,7)	3 (10,0)	5 (9,4)
Eustigmatophyta	2 (6,7)	3 (8,4)	3 (4,4)	1 (4,2)	2 (8,3)	2 (4,1)	2 (7,1)	3 (8,4)	3 (5,9)	2 (6,4)	2 (6,6)	2 (3,7)
Загальна кількість (100 %)	30	36	68	24	24	49	28	36	51	31	30	53

Примітка: у дужках – відсоток від загальної кількості таксону.

степовому заповіднику (35,8 %), але менш ніж у лісництві (54,9 %). Розподіл видів порівню між відділами Chlorophyta та Cyanophyta у досліджених ґрунтах зустрічається на степових ділянках, частка синьозелених водоростей в урбоекосистемах складає 26,5–29,41 %, для фонових деревних насаджень – 11,8 %.

Збільшення частки Cyanophyta свідчить про зростання аридності місцевіснування (Novichkova-Ivanova, 1980). Для фонових степових ділянок співвідношення кількості синьозелених до зелених становить 1:1. Аналогічний показник (1,15:1) для степової цілинки зустрічається у літературі (Maltseva, 2003). У дубовому насадженні заказника «Азовська дача» співвідношення Cyanophyta до Chlorophyta – 0,21:1. В урбоекосистемах спостерігається відхилення від встановлених пропорцій: у деревних насадженнях збільшується частка синьозелених (0,74:1), а в трав'яних – зменшується (0,57:1).

У фонових лісових насадженнях посилюється роль зелених та жовтозелених водоростей. Співвідношення Cyanophyta та Xanthophyta в деревних насадженнях фонових ділянок (0,6:1) свідчить про значне переважання Xanthophyta, що характерно для лісових біогеоценозів. У степовому біогеоценозі переважають Cyanophyta (2,38:1), що узгоджується з результатами досліджень інших авторів (Kuzuyakhmetov, 2006; Maltseva, 2009; Aksenova, 2010).

Для альгоугруповань міста Маріуполя співвідношення Cyanophyta та Xanthophyta для деревних насаджень становить 1,67:1, для трав'яних – 3,25:1. Тенденція збільшення різноманіття синьозелених і зменшення жовтозелених у складі ґрунтових водоростей характерна й для інших міських екотопів (Aksenova, 2010; Shekhovtseva, 2012). Крім цього спостерігається збільшення різноманіття видів відділу Bacillariophyta, частка яких на газонах – 14,3 %, у деревних насадженнях міста – 8,8 %, а у ґрунтах фонових ділянок не перевищує відповідно 9,4 % та 7,8 %.

Отримані дані свідчать про те, що таксономічна структура альгофлори фонових і урбоекосистем відрізняється. Для Xanthophyta простежується зниження різноманіття в міських ґрунтах, для діатомових – збільшення. Чутливість жовтозелених до дії різноманітних антропогенних порушень ґрунтів відмічалася й раніше (Shtina and Gollerbach, 1976; Shtina et al., 1998; Kabirov, 2007).

Трансформація ґрунтових альгоугруповань в урбоекосистемах позначається й на змінах біомаси й чисельності водоростей (табл. 2).

Таблиця 2

Показники чисельності й біомаси ґрунтової альгофлори досліджених біоценозів

Відділ	Урбоекосистеми		Фонові біогеоценози	
	Деревні насадження	Газон	Деревні насадження	Степові рослинні асоціації
Chlorophyta + Xanthophyta	$1.96 \cdot 10^{-3}$ 13,795	$2.77 \cdot 10^{-3}$ 6,393	$4.07 \cdot 10^{-3}$ 10,925	$1.31 \cdot 10^{-3}$ 2,865
Bacillariophyta	$0.31 \cdot 10^{-3}$ 2,143	$1.59 \cdot 10^{-3}$ 3,923	$0.92 \cdot 10^{-3}$ 3,745	$1.42 \cdot 10^{-3}$ 4,130

Примітка: у чисельнику – біомаса водоростей, мг на 1 г абсолютно сухого ґрунту; у знаменнику – чисельність, тис. клітин на 1 г абсолютно сухого ґрунту.

Середні показники біомаси (чисельності) ґрунтових водоростей різних відділів верхнього гумусового шару ґрунту фонових степових біогеоценозів складають $4,99 \cdot 10^{-3}$ мг/г (14,670 тис. кл./г), лісового – $2,73 \cdot 10^{-3}$ мг/г (6,995 тис. кл./г). У ґрунтах деревних насаджень природно-паркової зони міста відмічено збільшення кількості клітин зелених водоростей, разом із зменшенням їх біомаси. Також зменшуються й розміри клітин діатомових водоростей, про що свідчить зменшення їх біомаси втричі,

тоді як кількість клітин стала меншою лише в 1,7 разів. У міських ґрунтах трав'янистих насаджень також зростає чисельність зелених водоростей й зменшуються їх розміри. Чисельність діатомових незначно поступається фоновим ділянкам, проте їх біомаса збільшується.

У складі альгоугруповань трав'янистих насаджень міських ґрунтів відзначається найменше число видів (49) у порівнянні з іншими дослідженими екотопами. Особливістю урбоєкосистем є зменшення видової різноманітності для значної частини родів. Виявлено 18 родин, які представлені одним або двома видами (Schizotrichaceae, Microcystaceae, Neosporangiococcaceae, Bracteacoccaceae, Myrmeciaceae, Stichococcaceae, Choricystidaceae, Chlorosarcinaceae, Scenedesmeceae, Botrydiopsidaceae, Botryochloridaceae, Heterococcaceae, Tribonemataceae, Xanthonemataceae, Diadesmidaceae, Pinnulariaceae, Bacillariaceae, Monodopsidaceae) і об'єднують 58 % загальної кількості видів. Це є характерним для урбанізованих ґрунтів (Kabirov, 2007).

Види типові для степової зони мали найбільш високу частоту зустрічальності під час дослідження. Внутрішня таксономічна структура відділів водоростей різноманітна, але число таксонів різного рангу є найбільшим у межах Chlorophyta. Домінування у ґрунтовій альгофлорі зелених водоростей пояснюється їх високою адаптивністю до впливу різних несприятливих факторів.

Аналіз екологічної структури альгоугруповань урбоєкосистем показав переважання (58 %) Ch-, P-, X-, C-життєвих форм (табл. 3).

Таблиця 3

Склад життєвих форм ґрунтових водоростей досліджених біогеоценозів				
Життєва форма	Урбоєкосистеми		Фонові біогеоценози	
	Деревні насадження	Газон	Деревні насадження	Степові рослинні асоціації
P	15 (22,1)	10 (20,4)	4 (7,8)	16 (30,2)
Ch	16 (23,5)	15 (30,6)	15 (29,4)	11 (20,8)
X	8 (11,8)	3 (6,2)	11 (21,6)	6 (11,3)
H	6 (8,8)	5 (10,2)	5 (9,8)	6 (11,3)
B	5 (7,4)	6 (12,3)	4 (7,8)	5 (9,4)
C	12 (17,7)	6 (12,3)	9 (17,6)	5 (9,4)
Cf	2 (2,9)	1 (2,0)	1 (2,0)	1 (1,9)
Nf	0	1 (2,0)	0	1 (1,9)
M	2 (2,9)	1 (2,0)	1 (2,0)	1 (1,9)
amph	2 (2,9)	1 (2,0)	1 (2,0)	1 (1,9)
всього	68 (100)	49 (100)	51 (100)	53 (100)

Примітка: у дужках – відсоток від загальної кількості видів.

Ранжирування індексів життєвих форм ґрунтових водоростей дозволило отримати спектр (табл. 3) для деревних насаджень міста $Ch_{16}P_{15}C_{12}X_8H_6B_5M_2Cf_2amph_2$ (68), трав'янистих насаджень – $Ch_{15}P_{10}B_6C_6H_5X_3M_1Nf_1Cf_1amph_1$ (49), фонових ділянок степового біогеоценозу $P_{16}Ch_{11}X_6H_6B_5C_5Nf_1Cf_1M_1amph_1$ (53) та лісового – $Ch_{15}X_{11}C_9H_5B_4P_4Cf_1M_1amph_1$ (51).

ВИСНОВКИ

1. Систематична й екологічна структура ґрунтової альгофлори м. Маріуполь відрізняється від зональної. На території міста було виявлено 78 видів ґрунтових

водоростей, які належать до п'ятих відділів: Chlorophyta (41,0 %), Cyanophyta (32,1 %), Xanthophyta (11,5 %), Bacillariophyta (10,3 %), Eustigmatophyta (5,1 %) виду. З них у ґрунтах з деревними насадженнями відмічено 68 видів, у складі альгоугруповань трав'яних насаджень – 49.

2. Спектр життєвих форм водоростей у ґрунті деревних насаджень міста відповідає формулі $\text{Ch}_{16}\text{P}_{15}\text{C}_{12}\text{X}_8\text{H}_6\text{B}_5\text{M}_2\text{Cf}_2\text{ampf}_2$, трав'яних насаджень – $\text{Ch}_{15}\text{P}_{10}\text{B}_6\text{C}_6\text{H}_5\text{X}_3\text{M}_1\text{Nf}_1\text{Cf}_1\text{amph}_1$.

3. Найбільша кількість клітин й біомаса водоростей у ґрунтах фонових й міських екосистем встановлена для зелених і жовтозелених водоростей.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Aksenova, N. P., 2010.** Materialy k flore edafofilnykh vodoroslej i tsianoprokariot lesnykh ekosistem okrestnostej g. Izhevsk [Materials to forest ecosystems soil Cyanoprocaryotes and algal flora at the Izhevsk city suburban]. Publication Bulletin of Udmurt University. Biology. Geosciences. Izhevsk. 2, 26–33 (in Russian).
- Gollerbach, M. M., Shtina, E. A., 1969.** Pochvennye vodorosli [Soil algae]. Nauka, Leningrad (in Russian).
- Kabirov, R. R., 2007.** Ispolzovanie algologicheskikh kriteriev pri ekologicheskom prognozirovani antropogennoj nagruzki na nazemnye ekosistemy [Soil algae role in anthropogenic ecosystems]. Advances in current natural sciences. Academy of Natural Sciences, Moscow. 3, 21–29 (in Russian).
- Kuzyakhmetov, G. G., 2006.** Vodorosli zonalnykh pochv step ii lesostepi [Algae of zonal soils steppes and forests of steppes]. Publication of Bashkir University, Ufa (in Russian).
- Kuzyakhmetov, G. G., Dubovik, I. E., 2001.** Metody izucheniia pochvennykh vodoroslej [Methods of study of soil algae]. Publication of Bashkir University, Ufa (in Russian).
- Maltseva, I. A., 2003.** Gruntovi vodorosti yak strukturnyj element Velikoanadolskogo lisovogo kulturbiogeotsenozu [Soil algae as a building block of Velicoanadolsky simulated forest biogeocenoses]. Gruntoznavstvo. 4 (1-2), 66–72 (in Ukrainian).
- Maltseva, I. A., 2009.** Gruntovi vodorosti lisiv stepovoi zony Ukrainy [Soil algae of the forests of steppe area of Ukraine]. Luks, Melitopol (in Ukrainian).
- Novichkova-Ivanova, L. N., 1980.** Pochvennye vodorosli fitotsenozov Sakharo-Gobijskoj pustynnoj oblasti [Soil algae of phytocenoses of the Sahara-Gobi desert region]. Nauka, Leningrad (in Russian).
- Shekhovtseva, O. G., 2012.** Pochvennye algosinuzii urboekosistem Donetskogo Priazovia (na primere g. Mariupolia) [Soil algological sinusiae of urbanized ecosystems of Donetsk Priazovye (the case of Mariupol)]. Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University. 3, 108–118 (in Russian).
- Shtina, E. A., Gollerbach, M. M., 1976.** Ekologiya pochvennykh vodoroslej [Ecology of soil algae]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Shtina, E. A., Zenova, G. M., Manucharova N. A., 1998.** Algologicheskij monitoring pochv [Algological soil monitoring]. Eurasian Soil Science. 12, 1449–1461 (in Russian).
- Tohtar, V. K., 2003.** Struktura flor tekhnogennykh territorij Donetskogo oblasti [Structure of technogenous territories floras at the Donetsk region]. Industrial botany. 3, 21–24 (in Russian).
- Vodorosti gruntiv Ukrainy (istoriia ta metody doslidzhennia, systema konspekt flory), 2001 [Soil algae of Ukraine: history and methods of research, system, synopsis of flora]. Kostikov, I. Yu., Romanenko, P. O., Demchenko, Ye. M. and others. Phytosociocentr, Kyiv (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 24.03.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. І. Х. Узбек

FOREST SOIL SCIENCE



K. Wasak ✉

UDK 631.4:634.9

*Jagiellonian University, Gronostajowa Str., 7,
30-387, Krakow, Poland*

CELLULOSE DECOMPOSITION RATE AND FEATURES OF ORGANIC MATTER IN FOREST SOILS IN THE TATRA MOUNTAINS

Abstract. The cellulose decomposition rate measurement and soil micromorphology have been used to determine the influence of parent material and tree species on mechanisms responsible for organic matter form differentiation in woodland soils in the Tatra Mountains in Poland.

The study area is located in the lower montane belt of the Tatra Mountains. Investigated soils are developed on dolomites and shale. In the past, beech and beech-fir forests had been the dominant form of vegetation in the study area. Since the 16th century, these areas were deforested until the 19th century, when reforestation efforts were undertaken. Reforestation efforts provided mainly spruce; hence, it is the dominant species in the lower montane belt at the moment, although in some areas, natural or semi-natural beech and beech-fir forests have survived.

Four plots were compared – two with soils developed on calcareous material (Rendzic Leptosols), one under beech forest and one under spruce forest, and two developed on shale (Haplic Cambisols), one under beech forest and one under spruce forest.

Cellulose filters were placed in organic O-horizons and humus A-horizons in every plot to measure the cellulose decomposition rate. Before being placed in the soil, cellulose filters were boiled in KOH, rinsed in distilled water, dried, weighed, and set on glass plates in a nylon bag (1.5 mm mesh). The bags were placed in the soil vertically at approx. 15 cm intervals. After taken up, the filters were boiled in KOH, rinsed, dried, and weighed. The amount of ash was determined via combustion. The research was carried out during a period of 10 weeks between June and August as well as during a period of 1 year. Measurements were repeated ten times. A weighted average and standard deviation were calculated for every plot.

The cellulose filter method is useful because of the homogeneity of the substrate, which helps to exclude differences connected with the chemical composition of the plant material, a factor that affects the decomposition rate.

Undisturbed soil samples were taken from humus A-horizons in every soil profile. The thin sections were prepared and features of organic matter were described.

It was concluded that the presence of calcareous material negatively affects organic matter decomposition rates which is pronounced in both: higher amount of organic matter residues in humus-A horizons and slower cellulose decomposition rates in Rendzic Leptosols than in Haplic Cambisols. The influence of tree species on organic matter features is observed only in Haplic Cambisols, where

✉ Тел.: +4812-664-52-58. E-mail: katarzyna.wasak@uj.edu.pl

DOI: 10.15421/041407

the cellulose decomposition rate under spruce is lower than under beech. This suggests that tree species indirectly affect the cellulitic microflora only in acidic soils.

Keywords: cellulose decomposition rates, mountain soils, parent material, calcareous bedrock, beech, spruce, Tatra Mountains.

УДК 631.4:634.9

К. Васак

Ягеллонский университет, ул. Гроностайова, 7, 30387, г. Краков, Польша

Тел.: +4812-664-52-58, e-mail: katarzyna.wasak@uj.edu.pl

СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ТАТР

Для определения влияния почвообразующего материнского материала и вида деревянистой растительности на целлюлозолитическую активность микрофлоры измерялась скорость разложения целлюлозы и особенности микроморфологического строения органических остатков в лесных почвах Татр Польши.

Район исследований расположен в нижних горных поясах. В прошлом, на территории исследования, буковые и буково-еловые леса были доминирующей формой растительности. После лесовосстановительных мероприятий в XIX веке, на территории исследования в основном доминируют ельники, хотя в некоторых районах, сохранилась первичная лесная растительность.

Сравнивались четыре участка. Два из них представлено почвами, что образовались на карбонатных породах (Rendzic Leptosols), один из которых покрыт буковым лесом, а второй – еловым. Почвы других двух участков образованы на сланцах (Haplic Cambisols) и покрыты такими же двумя аналогичными типами леса.

Скорость разложения целлюлозы определяли по интенсивности распада фильтров. Также было проведено микроморфологическое изучение растительных остатков в тонких шлифах. Исследование проводилось на протяжении 10 недель в период с июня по август, а также на протяжении 1 года. Измерения повторялись десять раз и обрабатывались статистически. В результате проведенных исследований был сделан вывод, что присутствие кальцийсодержащего материала отрицательно влияет на скорость разложения целлюлозы, что проявлялось в значительно меньшей потере массы целлюлозы в Rendzic Leptosols, в сравнении с Haplic Cambisols. Влияние типа леса на свойства органического вещества наблюдалась только в Haplic Cambisols, где скорость разложения целлюлозы под ельником была ниже, чем под буковым лесом. Это косвенно говорит о влиянии типа древесных пород на целлюлозолитическую микрофлору только в кислых почвах.

Ключевые слова: скорость разложения целлюлозы, горные почвы, материнский материал, карбонатные породы, бук, ель, Татры.

УДК 631.4:634.9

К. Васак

Ягеллонський університет, вул. Гроностайова, 7, 30387, м. Краків, Польща

Тел.: +4812-664-52-58, e-mail: katarzyna.wasak@uj.edu.pl

ШВИДКІСТЬ РОЗКЛАДАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ І ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ В ЛІСОВИХ ҐРУНТАХ ТАТР

Для визначення впливу ґрунтового материнського матеріалу та виду дерев'янистої рослинності на целюлозолітичну активність мікрофлори визначалася швидкість розкладу целюлози і особливості микроморфологічної будови органічних залишків у лісових ґрунтах Татр Польщі.

Район досліджень розташований в нижніх гірських поясах. У минулому, на території дослідження, букові та буково-смерекові ліси були домінуючою формою рослинності. Після лісовідновлювальних заходів у XIX столітті, в основному на території дослідження домінують ялиники, хоча в деяких районах, збереглася первинна лісова рослинність.

Порівнювалися чотири ділянки. Дві з них представлено ґрунтами, що утворилися на карбонатних породах (Rendzic Leptosols), одна з яких під буковим лісом, а друга – під ялиновим. Ґрунти інших двох ділянок утворилися на сланцях (Haplic Cambisols) і вкриті такими ж двома аналогічними типами лісу.

Швидкість розкладу целюлози визначали за інтенсивністю розпаду фільтрів. Також було проведено мікоморфологічне вивчення рослинних залишків у тонких шліфах. Дослідження проводилося протягом 10 тижнів в період з червня по серпень, а також протягом 1 року. Вимірювання повторювалися десять разів і оброблялися статистично. В результаті проведених досліджень було зроблено висновок, що присутність кальційвмісного матеріалу негативно впливає на швидкість розкладу целюлози, що проявлялося в значно меншій втраті маси целюлози в Rendzic Leptosols, в порівнянні з Haplic Cambisols. Вплив типу лісу на властивості органічної речовини спостерігалася тільки в Haplic Cambisols, де швидкість розкладання целюлози під ялиником була нижчою, ніж під буковим лісом. Це є непрямым свідченням впливу типу деревних порід на целюлозолітичну мікрофлору тільки в кислих ґрунтах.

Ключові слова: швидкість розкладу целюлози, гірські ґрунти, материнський матеріал, карбонатні породи, бук, ялина, Татри.

INTRODUCTION

The problem of the development of soil humus-A horizons and organic-O horizons (humus forms) has been studied by many researchers all over the world since the beginning of soil-science (e.g. Müller, 1889 ; Kubiena, 1953).

Organic matter content as well as its form depend on many factors. The most important factors are climate, bedrock, topography, land use and, in the case of forest soils – tree species, age of trees, and forest management (Lousier and Parkinson, 1976; Dziadowiec, 1990; Bernier, 1996; Kurka and Starr, 1997; Drewnik, 2006; Ponge et al., 2011). The listed factors influence environmental conditions such as soil temperature, humidity, and the availability of nutrients, which control microbial activity in the soil, and in consequence, the rate of organic matter decomposition that shapes the features of humus-A horizons and organic O-horizons. (Drewnik, 2006; Ponge et al., 2011). Niemyska-Łukaszuk, 1977 and Miechówka and Ciarkowska, 1998 described some micromorphological features of organic matter in soils developed in the Tatra Mountains.

Pine needle decomposition rates provided by Kurz-Besson et al. (2006) suggest that on the macro-scale, the organic matter decomposition rate depends mainly on climate conditions (humidity and average temperature). Drewnik (2006) found a similar relationship for cellulose decomposition rates in mountain soils in selected mountain climate zones, but was able to show that climate factors are also affected by plant communities. Drewnik's results show that the cellulose decomposition rate is slower under dwarf pine communities than under alpine meadows developed in a harsher climate. Results obtained by Donnely et al. (1990), McClellan et al. (1990), Beier and Rasmussen (1994), Kim (2000) and Withington and Sanford (2007) show that on the micro-scale, the cellulose decomposition rate depends mainly on micro-climate conditions such as humidity and sunshine. Donnely et al. (1990) and Beier and Rasmussen (1994) claim that pH is a negligible factor in comparison with soil moisture and temperature. In contrast, Vanhala et al. (2005) found that respiration of organic-O horizons depends mainly on the fertility of these horizons, e.g. factors such as the C/N ratio and pH. A significant positive correlation between pH and the cellulose decomposition rate was also found by Drewnik (2006).

The role of the calcium ion in organic matter transformation has often been discussed, but remains unclear. Results obtained by Howard et al. (1998), Reich et al. (2005) and Hobbie et al. (2006) suggest that the calcium ion accelerates the decomposition of soil organic matter in the initial stages e.g. affects soil fertility. On the other hand, it is known that the calcium ion causes aggregation of soil material, which protects organic matter from leaching and facilitates its binding with the soil mineral fraction (Muneer and Oades, 1989; Sollins et al, 1996; Baldock and Skjemstad, 2000; Kloster et al., 2012).

The purpose of this research study was to determine the effect of parent material and forest type on organic matter features including micromorphology features and cellulose decomposition rates in four soil profiles in the Tatra Mountains (Poland).

DATA AND METHODS OF THE RESEARCH

The study area is located in the lower montane belt of the Tatra Mountains in Poland. The mean annual air temperature (data for the nearest weather station: Zakopane) is 5,3 °C. The mean annual precipitation depth is 1115 mm, with a predominance in the warmer half of the year (data for the period 1951–2006) (Bokwa et al, 2013).

The part of the Tatra Mountains, where the study was carried out (Western Tatras), is mainly formed of metamorphic rocks in its upper part, and calcaric rocks and shale in the lower part. In the study area, layers of Mesozoic and Tertiary calcaric rocks (dolomite and limestone) alternate with layers of shale (Sokołowski S., Guzik K., 1958–1980).

In the past, beech and beech-fir forests had been the dominant form of vegetation in the study area (Myczkowski et al., 1985b). Since the 16th century, these areas were successively deforested until the 19th century, when reforestation efforts were undertaken. At the turn of the 20th century, reforestation efforts provided mainly spruce; hence, it is the dominant species in the lower montane belt at the moment (Fabijanowski, Dziewolski, 1996). In some areas, natural or semi-natural beech and beech-fir forests have survived, while in other areas, these forest have been renewed because of the succession process (Myczkowski et al., 1985a).

The research study was conducted on four plots located in the lower montane belt in Białego Valley and Strążyska Valley at an elevation of 970–1080 meters. Two soils developed on shale parent material (one under beech forest and one under spruce forest) and two soils developed on dolomite (one under beech forest and one under spruce forest).

Cellulose filters were placed in organic O-horizons and humus A-horizons in every plot to measure the cellulose decomposition rate. Before being placed in the soil, cellulose filters (ø7 cm or half of circle) were boiled in 2% KOH, rinsed in distilled water, dried at 105°, weighed, and set on glass plates in a nylon bag (1.5 mm mesh). The bags were placed in the soil vertically at approx. 15 cm intervals. After taken up, once collected, the filters were boiled in 2 % KOH, rinsed, dried, and weighed. The amount of ash was determined via combustion (Drewnik, 2006). The research was carried out during a period of 10 weeks between June and August of 2012 as well as during a period of 1 year between June of 2012 and June of 2013. Measurements were repeated ten times. A weighted average and standard deviation were calculated for every plot.

The cellulose filter decomposition rate has been used widely to compare the effect of microbial activity in different environments (e.g. Beatty and Stone, 1986; Bienkowski, 1990; McLellan et al., 1990; Kurka et al., 2000; Kurka, 2001; Drewnik, 2006; Withington and Sanford, 2007). This method is useful because of the homogeneity of the substrate, which helps to exclude differences connected with the chemical composition of the plant material, a factor that affects the decomposition rate (Dziadowiec, 1990).

Undisturbed soil samples (6×8 cm) were taken from humus A-horizons in every soil profile. The thin sections (30µm thick) were prepared with the application of a standard procedure Fitzpatrick (1993). Terminology by Fitzpatrick (1993) was used to describe the organic matter features.

Soil profiles were excavated in every plot and described and sampled according to their genetic horizons. Bulk soil samples taken from mineral horizons were air-dried, gently crushed using a wooden rolling pin, and sieved using a 2 mm sieve. Live roots were removed. Soil samples obtained from organic horizons were milled after the living parts of plants in the samples had been removed. The texture was determined by wet sieving (sand fractions) and the hydrometer method (silt and clay fractions) (Gee and Bauder, 1986). The calcium carbonate equivalent was determined using the volumetric calcimeter method. Each sample's pH was measured in 1M KCl (1:2.5 soil/1M KCl ratio) (Thomas, 1996). The

concentration of organic carbon in humus A-horizons was determined using the Tiurin method, modified by Oleksynowa (Oleksynowa et al., 1987). In organic-O horizons, loss on ignition (LOI) in 400°C for 16 h was determined (Nelson and Sommers, 1996).

Soil profiles were classified according to the WRB system (IUSS Working Group WRB, 2006). Humus forms were classified according to Jabiol et al. (2013).

RESULTS AND THEIR DISCUSSION

According to the WRB system (IUSS Working Group WRB, 2006), soil in plot no.1 was classified as Haplic Cambisol (Hyperdystric, Endoskeletal), soil in plot no. 2 as Haplic Cambisol (Epidystric, Episkeletic), and soil in plots no. 3 and no. 4 as Rendzic Leptosols (Hypereutric, Episkeletic) (Table 1).

According to Jabiol et al. (2013), humus forms were classified as follows: in soil in plots no.1 and no. 3 – Dysmull, in soil in plot no. 4 – Pachyamphi, and in soil in plot no. 2 – Eumor (Table 1).

Table 1

Site location, soil classification					
Profile no.	Parent material	Dominant tree species	Elevation (m a.s.l.)	Humus form	Soil type
1	Shales	<i>Fagus silvatica</i>	970	Dysmull	Haplic Cambisol (Hyperdystric, Endoskeletal)
2	Shales	<i>Picea abies</i>	990	Eumor	Haplic Cambisol (Epidystric, Episkeletic)
3	Dolomites	<i>Fagus silvatica</i>	990	Dysmull	Rendzic Leptosol (Hypereutric, Episkeletic)
4	Dolomites	<i>Picea abies</i>	1080	Pachyamphi	Rendzic Leptosol (Hypereutric, Episkeletic)

The basic properties of the organic-O horizon and humus-A horizons of the examined soils are shown in Table 2.

Table 2

Basic properties of organic-O horizons and humus-A horizons						
Depth	Soil horizon	OC (%)	LOI (%)	eqCaCO ₃ (%)	Texture	pH KCl
1	2	3	4	5	6	7
Profile no. 1						
0–1	Oi	n.a.	95,22	n.a.	n.a.	4,5
1–6	Oe	n.a.	82,85	n.a.	n.a.	4,3
6–15	A	3,02	n.a.	0,0	loam	3,6
Profile no. 2						
0–1	Oe	n.a.	70,48	n.a.	n.a.	3,6
1–5	A1	7,17	n.a.	0,0	loam	3,0
5–8	A2	4,98	n.a.	0,0	loam	3,1
Profile no. 3						
0–2	Oi1	n.a.	92,26	n.a.	n.a.	5,7
2–5	Oi2	n.a.	89,49	n.a.	n.a.	5,9
5–6	Oe	n.a.	37,04	n.a.	n.a.	n.a.
6–20	Ah	4,42	n.a.	54,6	loamy silt	7,5
20–28	A2	2,81	n.a.	57,8	clay loam	7,3
28–35	A3	1,96	n.a.	63,0	loamy silt	7,6

Ending of table 2

1	2	3	4	5	6	7
Profile no. 4						
0–2	Oi	n.a.	88,07	n.a.	n.a.	4,6
2–4	Oe	n.a.	75,39	n.a.	n.a.	4,2
4–9	Oa	n.a.	33,47	n.a.	n.a.	5,7
9–15	Ah	4,39	n.a.	29,2	clay loam	7,0
15–25	A2	1,86	n.a.	46,3	clay loam	7,2

n.a. – not analyzed.

The micromorphological features of humus-A horizons were shown on figures 1–6.

The mean cellulose decomposition rate differs between soil profiles as well as soil horizons (Table 3). The highest cellulose decomposition rate was noted in plot no. 1, where in the organic-O horizon, filter mass loss was noted at 87.73 % and 97.95 % after 10 weeks and 1 year, respectively. In the humus-A horizon, it was 77.97 % and 96.95 %, respectively. In plot no. 2 after 10 weeks in the organic-O horizon, 84.95 % of the cellulose had decomposed and after 1 year it was 96.72 %. In humus-A horizons, it was 52.72 % and 94.00 %, respectively. Significantly lower decomposition rates were noted in soils in plots no. 3 and no.4. In plot no. 3, in the organic-O horizon, filter mass loss was noted at 36.66 % and 86.33 % after 10 weeks and 1 year, respectively. In the humus-A horizon, it was 39.01 % and 88.08 %, respectively. In plot no. 4, after 10 weeks, in the organic-O horizon, 48.08 % of the cellulose had decomposed, and after 1 year, it was 83.79 %. In humus-A horizons, it was 39.59 % and 89.49 %, respectively.

Table 3

Cellulose decomposition rate after 10 weeks and 1 year

Cellulose decomposition rate after 10 weeks								
	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4	
	O-horizon	A-horizon	O-horizon	A-horizon	O-horizon	A-horizon	O-horizon	A-horizon
WA	87,73	77,97	84,95	52,72	36,66	39,01	48,08	39,59
SD	7,71	13,76	8,19	18,50	10,18	10,92	12,16	11,30
Cellulose decomposition rate during 1 year								
	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4	
	O-horizon	A-horizon	O-horizon	A-horizon	O-horizon	A-horizon	O-horizon	A-horizon
WA	97,96	96,95	96,72	94,00	86,33	88,08	83,79	89,49
SD	2,02	2,39	0,95	3,01	10,24	3,20	8,83	7,97

WA – weighted average.

SD – standard deviation.

Micromorphology of organic matter in humus-A horizons differs between soil profiles. In all profiles residual organic matter in form of fresh and slightly and moderately decomposed prevailed. Usually tissues structure is retained, and in some parts of residues interference colors are visible. Organic matter residues are only slightly fragmented (Fig. 1–4). In humus-A horizons of profiles no.1 and 2 organic matter residues exist inside the soils aggregates, but there is also quite large amount of free residues (Fig. 1, 2). In profiles no. 3 and 4 the amount of residual organic matter higher than in profiles no. 3 and 4 and it exists mainly inside the aggregates (Fig. 3, 4). In profiles no.

1 and 3, the faeces of mesofauna living in the soil have been observed (Fig. 5), while in profile no. 4 the faeces of *Oribatei* feeding on needles have been observed (Fig. 6). Cellulose decomposition rates in most of the analyzed soils are higher in organic-O horizons than in humus-A horizons, which creates better conditions for cellulosic microorganism development in these horizons. This is most likely the result of better microclimate conditions including a higher temperature with relatively high moisture levels in the well-developed and partly decomposed material of organic-O horizons. It is assumed that, because of the C/N ratio (data not published), and pH (Table 2) that could affect the cellulose decomposition rate in similar conditions (Kurka and Starr, 1997; Vanhala et al., 2005; Drewnik, 2006), organic-O horizons are less favorable for microorganism development than humus-A horizons. A similar correlation (decrease in cellulose decomposition rate with depth) has been observed by most researchers – e.g. McClellan et al. (1990), Kurka and Starr (1997), Kurka et al. (2000), Beier and Rasmussen (1994); (but see Withington and Sanford, 2007). An opposite trend was observed in plot no. 3, where the cellulose decomposition rate was slightly lower in the organic-O horizon versus the humus-A horizon. This may be the effect of organic-O horizon features. This horizon is composed of weakly-decomposed litters (Oi layers – see Table1), which can result in poor water retention, and make this horizon susceptible to seasonal droughts, which can consequently inhibit microbial activity (Beier and Rasmussen, 1994).

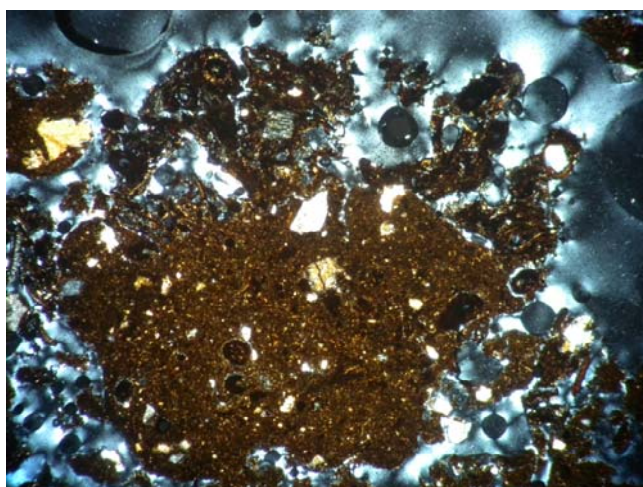


Fig. 1. Structure of aggregate in humus-A horizon of Haplic Cambisol under spruce forest, XPL, 5 mm wide

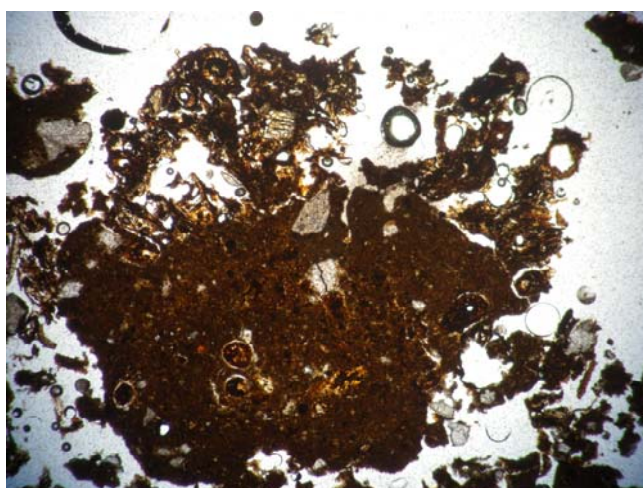


Fig. 2. Structure of aggregate in humus-A horizon of Haplic Cambisol under spruce forest, PPL, 5 mm wide

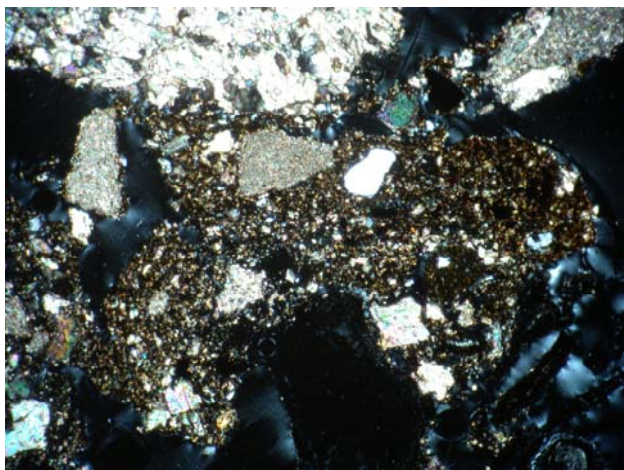


Fig. 3. Structure of aggregate in humus-A horizon of Rendzic Leptosol under beech forest, XPL, 5 mm wide

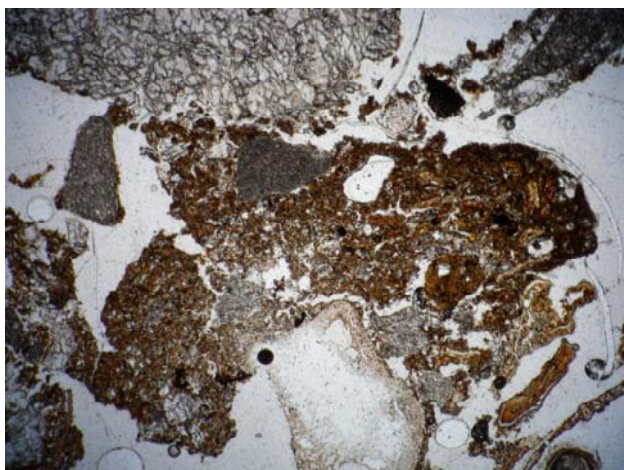


Fig. 4. Structure of aggregate in humus-A horizon of Rendzic Leptosol under beech forest, PPL, 5 mm wide

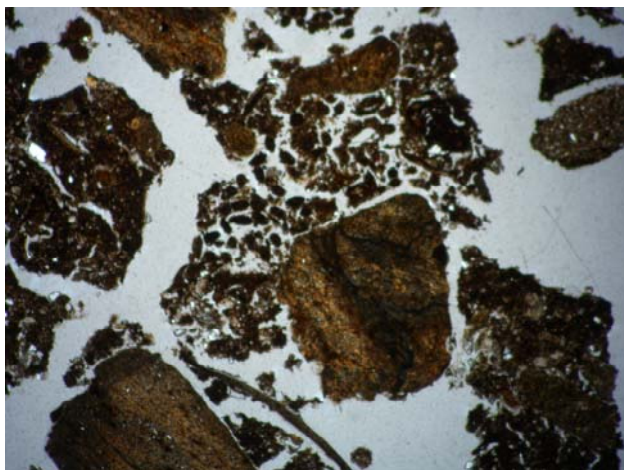


Fig. 5. Faeces of soil mezofauna in humus-A horizon of Haplic Cambisol under beech forest, PPL, 5 mm wide

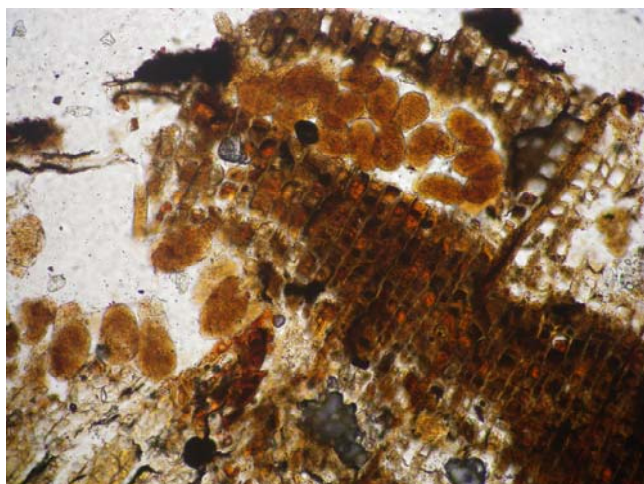


Fig. 6. Feaces of *Oribatei* in humus-A horizon of Rendzic Leptosol under spruce forest, PPL, 1 mm wide

The cellulose decomposition rate is significantly lower in Rendzic Leptosols developed on dolomite than in Haplic Cambisols developed on shale. This pattern is observable regardless of the type of forest in both organic-O horizons and humus-A horizons.

Slower decomposition of organic matter is confirmed in the micromorphology of humus-A horizons. In Rendzic Leptosols there is higher proportion of organic matter residues in comparison to Haplic Cambisols. Those organic matter exists mainly inside well-developed soil aggregates. This observation itself would suggest that aggregation play an important role in protection organic matter from decomposition. Such mechanisms has been already observed by Muneer and Oades (1989), who claim that aggregation supported by Ca^{2+} ions protects particulate organic matter against fast decomposition. Slower decomposition of cellulose filters in the examined calcarous soils shows, that although aggregation seems to be better developed in calcarous soils, it cannot be the only process responsible for slow down decomposition, as cellulose strips cannot bind with the soil structure. Duchafour (1976) observed that thin carbonate coatings on weakly-decomposed material protected it against microbial attack. Microscope observations of particulate organic matter in this soil exclude the possibility of the formation of carbonate crusts on cellulose filters in examined soils. Therefore, Ca^{2+} ions seem to inhibit microorganism activity in a more direct way. This effect is observable not only in humus-A horizons, but also in organic-O horizons.

The relationship between the organic matter decomposition rate and vegetation type seems to be less pronounced than that in the case of climate or microclimate conditions (Donnelly et al., 1990; Beier and Rasmussen, 1994). In our study, the elevation and slope are similar, which reduces the effect of such differences. Furthermore, the stands' age and canopy cover are similar. Although the effect of tree species on the cellulose decomposition rate in the examined soils is much less significant than the effect of the parent material (Table 3), it is observable in Haplic Cambisols, where the mass loss of cellulose is smaller under spruce than under beech forest in both the organic-O horizon and humus-A horizon after 10 weeks, as well as after 1 year. In Rendzic Leptosols, differences between forest sites are less significant, without any clear pattern. Results obtained by Shmidt and Rushenmayer (1958), Valhala et al. (2005) and Drewnik (2006) suggest that a pH decrease can inhibit microbial activity. Spruce undoubtedly causes a decrease in soil pH (Rozędowska and Skiba, 1995), but this decrease is smaller in calcareous soils with high buffer capacity than in more acidic Cambisols (Table 2). These findings are in agreement with the experimental findings of Shmidt and Rushmeyer (1958), who found that the cellulose decomposition rate's dependence on pH is most pronounced at very low pH.

CONCLUSIONS

Presence of calcarous material cause negatively affects cellulose decomposition rates in soils. Slower decomposition in this soils seems to be responsible for organic matter preservation in this soils.

The cellulose decomposition rate under beech is higher than that under spruce, but only in Haplic Cambisols, which suggests that in acidic soils, tree species affect the composition and/or activity of cellutitic microflora in the soil.

Acknowledgements

The work was finantly supported by the Ministry of Science and Higher Education, research project no. NN 305 3815 39.

REFERENCES

- Baldock, J. A., Skjemstad, J. O., 2000.** Role of the soil matrix in protecting natural organic materials against biological attack. *Org. Geochem.* 31, 697–710.
- Beatty, S. W., Stone, E. L. 1986.** The variety of soil microsites created by tree falls. *Can. J. For. Res.* 16, 539–548.
- Beier, C., Rassmusen, L., 1994.** Organic matter decomposition in an acidic forest soil in Denmark as measured by the cotton strip assay. *Scand. J. For. Res.* 9, 106–114.
- Bernier, N., 1996.** Altitudinal changes in humus form dynamics in a spruce forest at the montane level. *Plant Soil.* 178, 1–28.
- Bieńkowski, P., 1990.** Cellulose decomposition as bioenergetics indicator of soil degradation. *Pol. Ecol. Stud.* 16, 235–244.
- Bokwa, A., Wypych, A., Ustrnul, Z., 2013.** Climate Changes in the Vertical Jones of the Polish Carpathians in the last 50 years. *The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability*, Kazak, J., Ostapowicz, K., Bytnerowicz, A., Wyżga, B. (eds.), Springer, Berlin. 89–109.
- Donnelly, P. K., Entry, J. A., Crawford, D. L., Cromack, K., 1990.** Cellulose and lignin degradation in forest soils: response to moisture, temperature and acidity. *Microbial Ecology.* 20, 289–295.
- Drewnik, M., 2006.** The effect of environmental conditions on the decomposition rate of cellulose in mountains soils. *Geoderma.* 132, 116–130.
- Duchaufour, P., 1976.** Dynamics of organic matter in soils of temperate regions: its action on pedogenesis. *Geoderma.* 15, 31–40.
- Dziadowiec, H., 1990.** Decomposition of litters in selected forest ecosystems (mineralization, nutrient release, humification). *Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Rozprawy* (in Polish).
- Fabijanowski, J., Dziewolski, J., 1996.** Forest Management. In: *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Mirek Z. (eds.), TPN-PAN, Kraków-Zakopane. 675–696 (in Polish).
- FitzPatrick, E. A., 1993.** Soil microscopy and micromorphology. Wiley.
- Gee, G. W., Bauder, J. W., 1986.** Particle-size analysis. Klute, A. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, 2nd edition, Agronomy Monograph, vol. 9. ASA-SSSA, Madison, Wisconsin. 427–445.
- Hobbie, S. E., Reich, P. B., Oleksyn, J., Ogdahl, M., Zytowskiak, R., Hele, S., Karolewski, P. 2006.** Tree species effects on decomposition and forest floor dynamics in a common garden. *Ecology.* 87, 2288–2297.
- Howard, P. J. A., Howard, D. M. and Lowe L. E., 1998.** Effects of tree species and soil physico-chemical conditions on the nature of soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.* 30, 285–297.
- IUSS Working Group WRB, 2006** (update 2007). World reference base for soil resources 2006. *World Soil Resources Reports No. 103*, FAO, Rome.
- Jabiol, B., Zanella, A., Ponge, J.-F., Sartori, G., Englisch, M., Delf, B. v., Waal, R. d., Le Bayon, R.-C., 2013.** A proposal for including humus forms in the World Reference Base for Soil Resources (WRB-FAO), *Geoderma.* 192, 286–294.
- Kim, C., 2000.** Canopy cover effects on cellulose decomposition in oak and pine stands. *J. For. Res.* 5, 145–149.
- Kloster, N. S., Brigante, M., Zanini, G., Avena, M. J., 2012.** Aggregation Kinetics of Humic Acids: Effects of Ca^{2+} Concentration. In: *Functions of Natural Organic Matter in Changing Environment*, Xu J., Wu J., He Y. (eds.), Springer. 187–189.
- Kubiena, W. L., 1953.** The Soils of Europe, Thomas Murby and Co., London.
- Kurka, A.-M., Starr, M., 1997.** Relationship between decomposition of cellulose in the soil and and tree stand characteristics in natural boreal forests. *Plant and Soil.* 197, 167–175.
- Kurka, A.-M., Starr, M., Heikinheimo, M., 2000.** Decomposition of cellulose strips in relation to climate, litterfall nitrogen, phosphorus and C/N

ratio in natural boreal forests. *Plant Soil*. 219, 91–101.

Kurka, A.-M., 2001. The use of cellulose strips to study organic matter decomposition in boreal forested soils. *Bor. Env. Res.* 6, 9–17.

Kurz-Besson, C., Coûteaux, M. M., Berg, B., Remacle, J., Ribeiro, C., Romanyà, J., Thiéry, J. M., 2006. A climate response function explaining most of the variation of the forest floor needle mass and the needle decomposition in pine forests across Europe. *Plant Soil*. 285, 97–114.

Lousier, J. D., Parkinson, D., 1976. Litter decomposition in a cool temperature deciduous forest. *Can. J. Bot.* 54, 419–436.

McClellan, M. H., Bormann, B. T., Cromack, K. Jr., 1990. Cellulose decomposition in southeast Alaskan forest: Effects of pits and mound microrelief and burial depth. *Can. J. For. Res.* 20, 1242–1246.

Miechówka, A., Ciarkowska, K., 1998. Mikromorfologiczne formy próchnicy tatrzańskich rędzinpróchnicznych i butwinowych, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 464, 161–168 (in Polish).

Muneer, M., Oades, J. M., 1989b. The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability. 2. Field studies with ^{14}C -labelled straw, CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Austr. J. Soil Res.* 27, 401–409.

Myczkowski, S., Jagiello, Z., Larendowicz, Z., Skawiński, P., 1985a. Mapa drzewostanów, 1:50000. Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego, Trafas K. (eds.), TPN, Kraków-Zakopane.

Myczkowski, S., Piękoś-Mirek, H., Baryła, J., 1985b. Zbiorowiska roślinne, 1:50000. Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego, Trafas K. (eds.), TPN, Kraków-Zakopane.

Müller, P. E., 1889. Recherches sur les formes naturelles de l'humus et leur influence sur la végétation et le sol. *Annales de la Science Agronomique Française et Étrangère*. 6, 85–423.

Nelson, D. W., Sommers, L. E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter, In: D.L. Sparks et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*, SSSA Book Series no. 5, SSSA and ASA, Madison, WI, USA. 961–1010.

Niemyska-Lukaszuk, J., 1977. Characteristics

of the humus of some forest soils in the Tatra Mountains, *Rocz. Gleb.* 28, 143–203 (in Polish).

Oleksynowa, K., Tokaj, J., Jakubiec, J., Komornicki, T. (Eds.), 1987. Przewodnik do ćwiczeń z gleboznawstwa i geologii. Część II – Metody laboratoryjne analizy gleby, Akademia Rolnicza, Kraków (in Polish).

Ponge, J. F., Jabiol, B., Gégout, J. C., 2011. Geology and climate conditions affect more humus forms than forest canopies at large scale in temperate forests. *Geoderma*. 162, 187–195.

Reich, P. B., Oleksyn, J., Modrzynski, J., Mrozinski, P., Hobbie, S. E., Eissenstat, D. M., Chorover, J., Chadwick, O. A., Hale, C. M., Tjoelker, M. G. 2005. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. *Ecol. Lett.* 8, 811–818.

Rozpędowska, E., Skiba, S., 2006. Influence of the habitat incompatible spruce vegetation on soils in Carpathians, *Rocz. Bieszcz.* 14, 237–245 (in Polish).

Schmidt, E. L., Ruschmeyer, O. R., 1958 Cellulose decomposition in soil burial beds. I. Soil properties in relation to cellulose degradation. *Appl. Microbiol.* 6, 108–114.

Sokolowski, S., Guzik, K., 1958–1980. Mapa geologiczna Tatr Polskich w skali 1: 10 000, Wyd. Geolog., Warszawa.

Sollins, P., Homann, P., Caldwell, B. A., 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*. 74, 65–105.

Thomas, G. W., 1996. Soil pH and soil acidity, In: Sparks, D.L., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods* – SSSA Book Series, vol. 5, SSSA and ASA, Madison, Wisconsin. 475–490.

Vanhala, P., Tamminen, P., Fritze, H., 2005. Relationship between basal soil respiration rate, tree stand and soil characteristics in boreal forests. *Env. Monitoring Assess.* 101, 85–92.

Withlington, C. L., Stanford, R. L. Jr., 2007. Decomposition rate of buried substrate increase with altitude in the forest-alpine tundra ecotone. *Soil Biol. Biochem.* 39, 68–75.

Стаття надійшла в редакцію: 17.02.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. Н. А. Білова

LAND RECLAMATION



T. I. Galagan 

Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof.

UDK 332.334.4: 631.618

*Dnipropetrovsk State Agrarian University,
Voroshilov str., 25, 49000, Dnipropetrovsk, Ukraine*

MINE TECHNICAL STAGE RECLUTIVATION OF THE BROKEN LANDS AND ITS ECOLOGICAL AND ECONOMICAL EVALUATION

Abstract. An ecological and economical aspect of restoration and organization of use of recultivated lands in agriculture are considered. It is proved that the price of the land which is withdrawn from agricultural production, consists of the price of the importance of the land as nature component, from the land price as basic method of production etc. The methodological workings out for the evaluation of the mine technical stage of land recultivation are offered.

It is emphasized, that in any case recultivation of the disturbed lands should be directed on the localization and neutralization of harmful influences on the environment, and on creation of conditions for restoration of fertility of the disturbed lands, especially with use of chernozem mass which preliminary was removed from a disposal area.

These are considerable expenses because losses from the agricultural lands consist of the losses from soil losses as the basic means of an agricultural production, from short-received profit in connection with deficiency of soil for restoration of the former productive area and from compensation of the lost agricultural potential.

It is noticed, that in the course of carrying out of separate excavation of the fertile layer of chernozem, its transportation and placement in collars, and also application on the leveled surface of the disposal area and planning of this entire surface, the soil undergoes so-called impoverishment, that is mixing of fertile horizons with potentially fertile soils.

This process is accompanied by decrease, first of all, content of humus which quantity on the average in 1.5–2 times is less, than in humus horizon of zone chernozems. Thus, the more powerfully layer of the piled mass of chernozem on the rock, so much the bigger was the content of humus which, however, never exceeds a natural indicator.

For the first time in the conditions of Steppe Prydniprovya it was carried out the valuation of the basic types of artificial soils at some leading mining enterprises. For the standard is taken the average index of content of humus in not broken old arable lands in a place of creation artificial.

Economic calculations have shown, that recultivated lands which have a point 40 and above (content of humus about 2 % and more), are suitable for cultivation almost all agricultural crops.

The lands, that have the point from 40 to 20 – are suitable for introduction of hay harvests and hay-fields, and also wood and fruit – and – berry plantings. The lands with an ecological and economical point less than 20 should be used for creation of recreational zones, athletic fields, plots for holiday visitors in the country, forbidden lands, etc.

It is affirmed, that those types of soils which have not chernozem soil cover, but are potentially fertile (on occasion), it is possible to involve in agricultural production. These are loess, loess – like loams, their mix with other soils, and also grey-green clay and red-brown clay on which the farmers receive high and stable yield of multicomponent grass mixtures.

 Tel.: +38067-631-46-94. E-mail: uzbek_ivan@mail.ru

DOI: 10.15421/041408

But in any case, the indicator of the mark estimation decreases owing to mass losses of humus horizon, its impoverishment, reduction of capacity of the layer of fertile chernozem, unsatisfactory carrying out of amelioration operations and chemical kinds of land improvement. These lacks harm to use of recultivated lands in an agricultural production at that level on which they were used earlier.

It is established, that recultivated lands as the material substance, are capable to perceive additional investments of work and means. Their fertility is an objective ecological and economical category, which is formed as result of interaction of properties of the created lands, productive forces and industrial relations.

Keywords: broken lands, mine technical stage of recultivation, soil evaluation.

УДК 332.334.4: 631.618

Т. И. Галаган

канд. экон. наук, доц.

*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. Ворошилова, 25, г. Днепропетровск, 49000, Украина,
тел.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek_ivan@mail.ru*

ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЙ ЭТАП РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ЕГО ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Рассматриваются эколого-экономические аспекты восстановления и организации использования рекультивированных земель в сельском хозяйстве. Доказано, что цена земли, которая изымается из сельскохозяйственного производства, состоит из цены значимости земли как компонента природы, из цены земли как основного способа производства и т.д.. Предлагаются методологические разработки для оценки горнотехнического этапа рекультивации земли.

Ключевые слова: нарушенные земли, горнотехнический этап рекультивации, оценка почвы.

УДК 332.334.4: 631.618

Т. І. Галаган

канд. экон. наук, доц.

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Ворошилова, 25, м. Дніпропетровськ, 49000, Україна,
тел.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek_ivan@mail.ru*

ГІРНИЧОТЕХНІЧНИЙ ЕТАП РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ТА ЙОГО ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Розглядаються еколого-економічні аспекти відновлення і організації використання рекультивованих земель в сільському господарстві. Доведено, що ціна землі, яка вилучається із сільськогосподарського виробництва, складається з ціни значущості землі як компоненту природи, з ціни землі як основного засобу виробництва і т.д. Пропонуються методологічні розробки для оцінки гірничотехнічного етапу рекультивації землі.

Ключові слова: порушені землі, гірничотехнічний етап рекультивації, оцінка ґрунту.

ВСТУП

Так сталося, що степове Придніпров'я наділене родючими чорноземами, які є багатством всього народу України. Ще у XIX столітті видатний ґрунтознавець В.В. Докучаєв (Dokuchaev, 1951) писав, що чорнозем дорожче кам'яного вугілля, нафти та золота. Недарма під час війни фашистські загарбники з окупованих районів Дніпропетровщини вивозили до Німеччини численні ешелони нашого чорнозему аби поліпшити родючість своїх ґрунтів.

Отже, наразі і в майбутньому, охорона та раціональне використання земельних ресурсів – одна із найактуальніших проблем держави. Тим більше, що ґрунтовий покрив України на 60 % складається з родючих чорноземів. На жаль, приблизно

третина цих земель еродована, вони втратили близько чверті органічної речовини, їх підорний шар переущільнений, відчутно знижуються запаси живильних речовин і вже настав час терміново провести консервацію майже 10 млн га сільськогосподарських угідь.

Головними причинами цього ганебного явища – це недооцінка реальної погрози скорочення орних земель для сучасного і майбутнього покоління, відсутність діючих механізмів виконання законів про охорону ґрунтів, незбалансоване і науково не обґрунтоване землекористування. Конче потрібна переорієнтація всіх шарів суспільства на вирішення цієї надзвичайно складної проблеми. Зокрема потрібна гармонізація між наукою, владою і суспільством, а головне - поступове формування нового відношення до ґрунтів.

Ця аксіома набуває особливого значення з врахуванням того, що для забезпечення життєдіяльності людини, необхідно обробляти землю, будувати різні спорудження та переробляти певну кількість корисних копалин і матеріалів. Кожна стадія цього процесу супроводжується відходами, які забруднюють повітря, воду, землю, тобто навколишнє середовище. Все це перетворило благодатний український край на місце, де людині вже небезпечно жити. Саме через це порушені всякими виробництва землі треба відновлювати і в подальшому використовувати в певній галузі економіки на благо людям.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У відповідності зі статтею 15 Закону України «Об охороні земель», рекультивації (відновленню) підлягають землі, які піддалися змінам рельєфу, екологічного стану ґрунту, гідрологічного режиму і т.д. унаслідок проведення гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних і інших робіт. Наприклад, виробнича діяльність Орджонікідзевського гірничозбагачувального комбінату супроводжується створенням численних зовнішніх та внутрішніх відвалів кар'єрів складених з пухких, розсипчастих гірських порід, малопридатних для впровадження сільськогосподарського виробництва.

Ще у 1960 році цей комбінат розпочав відновлення порушеного ландшафту. Наразі його технічна та економічна бази забезпечують всі умови для проведення повного циклу рекультиваційних робіт. Однак в умовах загострення екологічної та економічної ситуації в Україні, важливого значення набуває впровадження еколого-економічної оцінки ефективності використання земельних ресурсів взагалі і рекультивованих – зокрема. Причому, екологічна ефективність рекультивації порушеної території повинна віддзеркалювати рівень раціональної діяльності людини на землі та ефективність економічних заходів щодо запобігання збитків, які завдаються суспільству гірничодобувними та гірничозбагачувальними виробництвами.

Відповідно до чинних державних стандартів галузь подальшого використання кар'єрних виїмок визначається з урахуванням характеру новоутвореного рельєфу, фізико-хімічних властивостей гірських порід, особливо з точки зору їх придатності для біологічної рекультивації, типом сівозмін, географічних та економічних умов зони розміщення кар'єру, техніко-економічних і соціальних чинників місцевості тощо. Тільки після врахування всіх факторів можна розпочинати процес рекультивації порушених земель, який складається з гірничотехнічного і біологічного етапів.

Враховуючи все це ми взяли за мету дати еколого-економічну оцінку гірничотехнічному етапу рекультивації. Теоретичною та методологічною базою нашого дослідження стали головні засади економічної теорії, аграрної економіки, наукові праці вітчизняних та закордонних вчених, що присвячені питанням ефективності рекультивації порушених земель.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Багаторічна практика рекультивації порушених земель Орджонікідзевським гірничозбагачувальним комбінатом показала, що при відновленні кар'єрних територій можна досягти створення родючих ділянок як за рахунок використання спеціальних агротехнічних заходів так і за рахунок формування потужного ґрунтового покриву. В залежності від технології рекультивації в цілому по комбінату вартість 1 гектару відновлених земель коливається від 20600 грн. при використанні роторного комплексу до 41900 грн. при виконанні робіт автоскреперами. При цьому слід зазначити, що на вартість відновленої землі істотно впливають витрати, які пов'язані з нанесенням родючого шару чорнозему. Проте це підприємство зацікавлене у створенні рекультивованих ділянок з підвищеним рівнем родючості ґрунтів. Тільки в цьому випадку комбінат може розраховувати на отримання нових площ під розробку марганцевої руди.

Отже, у будь-якому випадку рекультивація порушених земель має бути направленою на локалізацію і нейтралізацію шкідливих впливів на навколишнє середовище та на створення умов для відновлення родючості порушених земель, особливо з використанням чорноземної маси, яка попередньо знімалася з гірничого відводу.

Це значні витрати, бо збитки від втрат угідь складаються із збитків від втрат ґрунту як основного засобу сільськогосподарського виробництва, від недоодержання прибутку в зв'язку з нестачею ґрунту для відновлення колишньої продуктивної площі і від відшкодування втраченого сільськогосподарського потенціалу.

Науковцями Дніпропетровщини (Bekarevich et al.; 1969; Bekarevich et al., 1971; Travleev and Zverkovsky, 1986) доведено, що залежно від рівня складності, колишні кар'єрні території можуть використовуватись під сільськогосподарські угіддя, лісонасадження різного призначення, водойми багатопільового використання, зони відпочинку і спорту, ділянки природоохоронного призначення, майданчики для промислового і цивільного будівництва та інші цілі.

Доведено, що із загальної кількості порушених земель степового Придніпров'я близько 30 % повинно використовуватися під косовиці, 24 – під лісонасадження, 20 – під посіви сільськогосподарських культур, 17 – під ставки і водосховища та 9 % – під рекреаційні зони, дачні, мисливські та інші угіддя.

Перетворити порушені землі в сільськогосподарські і лісові угіддя можна і потрібно. Прикладів цьому достатньо: з 1 га удобрених рекультивованих земель науковці Дніпропетровського аграрно-економічного університету в середньому одержували 35 ц зерна пшениці озимої, 38 ц зерна кукурудзи, 365 ц зеленої маси сорго, 35–42 ц сіна еспарцету та люцерни і т.д. В цілому 1 га рекультивованої площі забезпечує вихід 50 ц кормових одиниць і 3,5 ц перетравного протеїну. Другий приклад: на відвалах шахтних викидів виробничого об'єднання «Павлоградугілля» науковцями Дніпропетровського національного університету (Travleev and Zverkovsky, 1986) створено штучний ліс, де мешканці м. Павлоград полюбують відпочивати, збирати гриби, лікарські рослини, розташовувати приватні пасіки тощо. А головне – значно поліпшилась екологічна ситуація та припинилися руйнівні ерозійні процеси довкілля.

Слід зазначити, що в процесі проведення роздільної (селективної) виїмки родючого шару чорнозему, його транспортування і укладання у бурти, а також нанесення на вирівняну поверхню відвалу і планування всієї цієї поверхні, ґрунт перетерплює так зване зубожіння, тобто змішування родючих горизонтів з потенційно родючими. Цей процес супроводжується зниженням, насамперед, вмісту гумусу. До того ж, порушується закономірність розподілу живильних речовин, яке склалося в процесі еволюції зонального ґрунту. Наприклад, в насипному родючому шарі чорнозему, що укладається на поверхню рекультивованої ділянки в Орджонікідзевському ГЗК, кількість валового гумусу в середньому у 1,5–2 рази

менше, ніж у гумусовому горизонті зональних південних чорноземів.

Варто сказати і про те, що, під зубожінням розуміють втрати не тільки кількості гумусу, але і інших властивостей ґрунту, що зумовлюють його родючість. Як показали наші дослідження ці витрати складають 70–90 % від усіх витрат (Galagan, 2003).

Збитки від втрат ґрунту, як основного засобу сільськогосподарського виробництва, можна визначити згідно відомої вартості земельних угідь. Орієнтовно для економічних розрахунків можна прийняти вартість гумусового шару чорнозему на 1 га в розмірі 80-90 % від середньої вартості 1 га земельних угідь даної місцевості. Таку вартість можна прийняти базуючись на оціночних показниках бальної системи. Прийнято вважати, що такі показники, як контурність відновленої місцевості, її рельєф, рівень родючості і т.д. можна оцінювати з поправочним коефіцієнтом 0,8-0,9. Цей коефіцієнт застосовується багатьма гірничозбагачувальними комбінатами. Зокрема, при відчуженні земель під розробки марганцевої руди Орджонікідзевський ГЗК виплачує компенсацію за 1 га від 2034 до 8100 грн. Таке різке коливання ціни землі пояснюється відсутністю єдиної методики розрахунків.

Наша пропозиція полягає в тому, що ціну гумусового шару ($C_{г.ш.}$) на площі в 1 га можна визначити за формулою:

$$C_{г.ш.} = (0,8 \div 0,9) C_{з.у.}, \text{ грн.}, \quad (1)$$

де $C_{з.у.}$ – ціна 1 га земельних угідь або сума компенсацій за землю, грн.

Після проведення рекультиваційних робіт вартість (B) 1 м³ відновленого ґрунтового шару можна визначити за наступною формулою

$$B = \frac{C_{г.ш.}}{V_{г.ш.}} = \frac{C_{г.ш.}}{10000 P_{ш.}}, \text{ грн.}, \quad (2)$$

де $V_{г.ш.}$ – об'єм гумусового шару, що знімається з 1 га земель, які порушуються, м³; $P_{ш.}$ – потужність гумусового шару, який порушується, м.

Як відомо, основним критерієм, що визначає родючість ґрунту є вміст гумусу. Це підтверджується і на рекультивованих землях де багаторічними експериментальними дослідженнями встановлена пряма залежність середньої багаторічної врожайності сільськогосподарських культур від вмісту гумусу (Bekarevich, 1971). Отже, можна припустити, що вартість ґрунту також повинна змінюватися пропорційно вмісту гумусу. Тоді вартість ($C_{рш.}$) 1 м³ маси родючого ґрунту можна визначити за формулою

$$C_{рш.} = B \cdot Z_{г.}, \text{ грн.}, \quad (3)$$

де $Z_{г.}$ – вміст гумусу в ґрунті, що наноситься на сплановану поверхню відвалу, %.

Такий підхід для вирішення цього питання є доречним, оскільки з економічної точки зору, гумус (перегній) це теж продукт. Продукт, створений цілим комплексом органічних сполук, які утворюються в ґрунті після розкладу органічних залишків. Саме ця особливість ґрунтоутворення і зумовлює родючість, від якої і залежить урожайність сільськогосподарських культур.

Висока родючість чорноземів степового Придніпров'я забезпечує підвищений вихід валової сільськогосподарської продукції і відповідне зростання прибутку (чистого доходу). Тому буде доречним, якщо вплив якості ґрунту на її вартість визначати по одержаному чистому доходу з нанесеного гумусового шару ($ЧД_{ш.}$). Тоді чистий дохід, що приходить на 1 % гумусу буде визначатися таким чином:

$$ЧД_{ш.} = \frac{ЧД}{Z_{г.}}, \text{ де} \quad (4)$$

$ЧД$ – чистий дохід (прибуток) з 1 га сільськогосподарських угідь, грн.

Оскільки при комплексній оцінці властивостей ґрунту вміст гумусу займає в середньому приблизно 20 % від всіх інших показників (Gorlov, 1976; Krykunov, 1993), то коефіцієнт, який враховує якість родючого шару за вмістом гумусу ($R_{ш.}$), буде таким:

$$R_{ш.} = 0,2 ЧД_{ш.}, \quad (5)$$

Вартість 1 м³ ґрунту (C_k) можна визначити за формулою:

$$C_k = B R_{ш}, \text{ грн.} \quad (6)$$

Отже, виходячи з економічних інтересів держави, відомчі збитки повинні визначатися із повних збитків від втрат маси ґрунту і його зубожіння, тобто втрат якості гумусового шару. Зрозуміло, що промислові підприємства будуть зацікавлені у повному і якісному використанні ґрунту лише тоді, коли ці роботи будуть стимулюватися конкретно матеріальною винагородою.

В умовах Нікопольського району, де розташований Орджонікідзевський гірничозбагачувальний комбінат, здебільшого сформувалися південні чорноземи, у яких вміст гумусу складає 3,5–4,0 %. За результатами наших агрохімічних аналізів вміст гумусу на сусідніх староорних землях в середньому дорівнює 3,9 %.

Під час селективної (роздільної) виїмки верхнього (гумусового) горизонту відбувається його зубожіння і показник вмісту гумусу знижується (таблиця). При цьому, чим потужніший шар нанесеної на породу маси чорнозему, тим вище вміст гумусу, який, однак, ніколи не перевищує природного показника.

Бонітування основних типів рекультивованих земель

Назва гірничо-рудних підприємств	Назва створених типів ґрунтів	Усереднений показник вмісту гумусу в орному шарі, %	Еколого-економічний бал
І. Орджонікідзевський гірничозбагачувальний, Вільногірський гірничо-металургійний, Запорізький залізничний комбінат	1) Лесоподібні суглинки.	0,7	17.9
	2) Суміш лесоподібних суглинків і давньоалювіальних пісків.	0,3	7.7
	3) Червоно-бурий суглинок.	0,5	12.8
	4) Червоно-бура глина	0,4	10.2
	5) Сіро-зелена глина.	0,4	10.2
	6) Лесоподібні суглинки + 20 см маси чорнозему.	2.1	53.8
	7) Лесоподібні суглинки + 30 см маси чорнозему.	2.9	74.4
	8) Лесоподібні суглинки + 40 см маси чорнозему.	3.1	79.5
	9) Лесоподібні суглинки + 50 см маси чорнозему.	3.3	84.6
	10) Сіро-зелена глина + 50 см маси чорнозему.	3.2	82.0
		$H_{\text{сеп.}} = 3.9 \%$	
ІІ. Каміш-Бурунський залізничний комбінат	1) Технічна суміш гірських порід.	0.2	6.6
	2) Технічна суміш гірських порід + 30 см маси чорнозему.	1.1	36.7
	3) Технічна суміш гірських порід + 50 см маси чорнозему.	2.2	73.3
	4) Технічна суміш гірських порід + 80 см маси чорнозему.	2.4	80.0
		$H_{\text{сеп.}} = 3.0 \%$	
ІІІ. Виробниче об'єднання «Павлоградугілля»	1) Шахтна порода.	0.1	2.3
	2) Шахтна порода + 30 см маси чорнозему.	1.9	44.2
	3) Шахтна порода + 50 см маси чорнозему.	2.3	53.5
	4) Шахтна порода + 70 см маси чорнозему.	2.6	60.5
	5) Шахтна порода + 50 см лесоподібного суглинка + 30 см маси чорнозему.	2.8	65.1
	6) Шахтна порода + 50 см лесоподібного суглинка + 50 см маси чорнозему.	3.1	72.1
	7) Шахтна порода + 50 см лесоподібного суглинка + 70 см маси чорнозему.	3.6	83.7
		$H_{\text{сеп.}} = 4.3 \%$	

Примітка: за 100 балів взято: вміст гумусу в чорноземі південному середньосуглинковому староорному поблизу м. Орджонікідзе, в чорноземі звичайному середньосуглинковому староорному поблизу м. Вільногірськ і м. Павлоград у Дніпропетровській області та в староорному темно-каштановому ґрунті поблизу м. Керч АР Крим.

На півдні України вміст гумусу в орному шарі зменшується. Наприклад, в умовах Камиш-Бурунського залізорудного комбінату природа сформувала темно-каштанові ґрунти і наділила їх гумусом, середній показник яких складає 2,5–3,0 %.

На відміну від південних ґрунтів, у Павлоградському районі Дніпропетровської області природа створила багаті на живильні речовини звичайні чорноземи, у яких гумус складає 4–4,5 %.

Враховуючі вищесказане, нами проведено бонітування основних типів штучних ґрунтів на деяких гірничорудних підприємствах (*таблиця*). За еталон взято середній показник вмісту гумусу у непорушених староорних ґрунтах ($H_{\text{сер.}}$) за місцем створення штучних.

Проведені нами економічні розрахунки показали, що рекультивовані землі, які мають бал 40 і вище (гумусу близько 2 % і більше) придатні для вирощування майже всіх сільськогосподарських культур. Ті, що мають бал від 40 до 20 – придатні для впровадження косовиць і сіножатей, а також лісових і плодово-ягідних насаджень. Землі з еколого-економічним балом менше 20 повинні використовуватися для створення рекреаційних зон, спортивних майданчиків, дачних масивів, заповідних і мисливських угідь тощо.

Як видно з даних таблиці, зменшення потужності родючого шару супроводжується зниженням еколого-економічного балу. Зазвичай, це ті типи ґрунтів, що не мають чорноземного покриву. Але вони є потенційно родючими і їх (в окремих випадках) можна залучати до сільськогосподарського виробництва. Це лесоподібні суглинки, суміш лесоподібних суглинків з древньоалювіальними пісками, сіро-зелені і червоно-бурі глини, на яких добре ростуть деякі види рослин.

Результати багаторічних польових досліджень (Bekarevich et al., 1971) свідчать про те, що на таких породах (без ґрунтового покриву) можна отримувати високі і стабільні урожаї багатокomпонентних травосумішей при врахуванні ступеню відповідності біологічних особливостей рослинності екологічним умовам техногенного середовища. Але у будь-якому випадку, показник бальної оцінки знижується внаслідок втрат маси гумусового горизонту, його розубожіння, зменшення потужності шару родючого чорнозему, незадовільного проведення культуртехнічних та хімічних видів меліорації. Саме ці недоліки зашкоджують використанню рекультивованих земель у сільськогосподарському виробництві на тому рівні, на якому вони використовувались раніше.

ВИСНОВКИ

1. Рекультивовані землі, як матеріальна субстанція, здатні сприймати додаткові вкладення праці та коштів. Їхня родючість є об'єктивною еколого-економічною категорією, що формується як результат взаємодії властивостей створених земель, продуктивних сил та виробничих відносин.

2. Оцінка якості відновлених земель передбачає встановлення їх бонітету за еколого-економічним балом, який визначається співвідношенням параметрів староорного чорнозему і рекультивованих земель в залежності від продуктивності сільськогосподарських культур.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Galagan, T. I., 2003. Ekonomiko-ekologichni problemy biologichnoi rekultivatsii porushenykh zemel [Economic and environmental concerns biological reclamation]. Bulletin of Sumy National Agrarian University. 3-4, 208–213 (in Ukrainian).

Gorlov, V. D., 1976. Otsenka kachestva rabot po rekultivatsii zemel [Assessment of the

quality of reclamation land]. Economics of Agriculture. 9, 79–82 (in Russian).

Dokuchaev, V. V., 1951. Sushchestvuiushchie i praktikovavshiesia razlichnymi zemstvami metody otsenki zemel [Existing and practiced various methods of land valuation zemstvos]. USSR Academy of Sciences, Moscow. 6 (in Russian).

Krykunov, V. G., 1993. Grunty i ikh rodiuchist [Soils and their fertility]. High School, Kiev (in Ukrainian).

O rekultivatsii zemel v Stepi Ukrainy, 1971 [On land reclamation in the Ukrainian steppe]. Bekarevich, N. E., Gorobets, N. D., Kolbasin, A. A. et al. Promin, Dnepropetrovsk (in Russian).

Rekomendatsii po biologicheskoy rekultivatsii zemel v Dnepropetrovskoy oblasti, 1969. [Recommendations for biological reclamation of land in the Dnipropetrovsk

region]. Bekarevich, N. E., Masuk, N. T., Uzbek, I. Kh., Pistunov, N. I. Promin, Dnepropetrovsk (in Russian).

Travleev, A. P., Zverkovsky, V. N., 1986. Bioekologicheskoe obosnovanie i opyt sozdaniia zashchitnykh lesnykh nasazhdenij na shakhtnykh otvalakh Zapadnogo Donbassa [Bioecological ground and experience of creation of protective forest plantations on mine tailings Western Donbass]. Increase the effectiveness of conservation work in the coal industry. Perm (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 20.03.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. В. М. Зверковський

FOREST HYDROLOGY



O. V. Kotovych ✉

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 630*416

*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave, 72, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine*

THE HYDROLOGICAL CYCLE IN THE RAVINE OAK FORESTS OF STEPPE PRYDNIPROVIA

Abstract. The characteristic of the hydrological cycle in the ravine oak forest is given in the work. In its preparation, we proceeded from assumption about the participation of groundwater in water feeding of wood vegetation. To confirm or refute this the term average groundwater depth, the changes in its long-term, seasonal and intraday level dynamics were analyzed. The intra-annual structure of the groundwater regime was established, while in the structure the three specific periods were identified – winter-spring recovery, spring-autumn recession and autumn recovery.

It was established that the duration of the hydrological year between the beginning of winter-spring recovery and the ending of autumn recovery was about 11.5 months. Most often, the hydrological year flows between January and December of neighboring hydrological years. The groundwater depth during the observation period ranged from 7.65 to 10.08 m from the surface. The amplitude of level changes between seasons was 0.57–1.59 m. The speed of rise and fall level was set, while the instability of characterized indicators was observed, that is closely related to the temperature of atmospheric air of the previous period. The annual dynamics of groundwater level is compensatory in nature, in which the spring-autumn recession is compensated autumn and winter-spring recovery. From the position of winter minimum level and the deviation of the average annual rainfall norms, it was found that the course of the annual changes level has a close correlation with the amount of precipitation.

Intraday dynamics of level conditions during the vegetation period has stepwise, descending character, which means that there is no direct connection of groundwater with woody vegetation. It was found that at the absence of available groundwater, the incoming part of the water balance was determined by the vegetation period precipitation and the moisture contained in the soil at the beginning of the vegetation period.

The amount of precipitation of the vegetation period, excluding precipitation detained by the cover and litter, during the observation period was over 292 mm. Dynamics of soil moisture in 1.5 meters layer showed that the most dynamic changes in moisture took place in the upper meter of soil. During the non-growing period in the 1.5 meters layer up to 252 mm of moisture is accumulated. The total amount of rainfall and soil moisture in the 1.5 meters layer of soil at the beginning of vegetative period averages 542 mm, 46 % of which is soil moisture, and the remaining 54 % is the precipitation moisture.

The average annual evapotranspiration coefficient is calculated from the ratio of the amount of soil moisture at the beginning of the vegetative period and all vegetative period precipitation to

✉ Тел.: +38067-800-70-25, e-mail: bgz@ua.fm

DOI: 10.15421/041409

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2014. Vol. 15, no. 1–2

89

evapotranspiration of appropriate period of time. In this approach the figure for ravined oak forests is 0.78, 0.63 – for steppe plots of virgin land. The general moisture conditions prevailing here are local, are formed under the influence of geomorphological features on the background of climatic conditions and are responsible to the intrazonal type.

Keywords: forest biogeocenosis, groundwater regime, the dynamics of soil moisture, available moisture, precipitation, local moistening coefficient.

УДК 630*416

А. В. Котович

канд. биол. наук, доц.

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, 49010, Украина,
тел.: +38067-800-70-25, e-mail: bgz@ua.fm*

ВЛАГООБОРОТ В БАЙРАЧНЫХ ДУБРАВАХ СТЕПНОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ

Дана характеристика и анализ водного режима байрачных лесов. Проанализировано режим грунтовых вод, определена его структура уровневой, многолетней, сезонная и суточная динамика, степень влияния грунтовых вод на развитие лесных биogeоценозов. Даны и проанализированы данные влажности почв, динамики их влагозапасов. Рассчитаны основные воднобалансовые составляющие – доступная и общая почвенная влага на начало и конец вегетационного периода, а также количество осадков вегетационного периода участвующих в водном балансе байрачных лесных биogeоценозов. С помощью локального коэффициента увлажнения, дана комплексная оценка условий увлажнения.

Ключевые слова: лесные биogeоценозы, режим грунтовых вод, динамика влажности почв, доступная влага, атмосферные осадки, локальный коэффициент увлажнения.

УДК 630*416

О. В. Котович

канд. биол. наук, доц.

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна,
тел.: +38067-800-70-25, e-mail: bgz@ua.fm*

ВОЛОГООБІГ У БАЙРАЧНИХ ДІБРАВАХ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я

Надано характеристику водного режиму байрачних лісів. Проаналізовано режим ґрунтових вод, визначено його структуру, багаторічну, сезонну і добову динаміку, ступінь впливу ґрунтових вод на розвиток лісових біogeоценозів. Розраховано основні воднобалансові складові, а саме доступна і загальна ґрунтова волога на початку і кінці вегетаційного періоду, а також кількість опадів вегетаційного періоду, що залучаються у водний баланс байрачних лісових біogeоценозів. За допомогою локального коефіцієнта зволоження надано комплексну оцінку зволоження.

Ключові слова: лісові біogeоценози, режим ґрунтових вод, динаміка вологості ґрунтів, локальний коефіцієнт зволоження.

ВСТУП

Ліси є одним з головних стабілізуючих чинників природних ландшафтів, який має глобальний вплив на навколишнє середовище. Роль лісів, як глобального середовищеперетворюючого фактора, неможливо переоцінити. Ліси очищують повітря і воду, виконують протиерозійні, водорегулюючі та рекреаційні функції. У глобальному плані лісові масиви формують гідрологічний режим ландшафтів і є визначальним чинником у водному балансі території. Разом з тим ліси самі є частиною навколишнього середовища, їх розвиток залежить від зовнішніх чинників і системи лісгосподарських заходів, що можуть корегувати негативний вплив кліматичних умов.

У кожній природній зоні є один або комплекс взаємопов'язаних природних факторів, що впливають на розвиток рослинного покриву. Так, у північних регіонах, видовий склад і саме існування лісових біогеоценозів залежить від кількості сонячної енергії. У південних регіонах в загальній степовій зоні окремо, як справедливо відмічав О. Л. Бельгард (Belgard, 1950), видовий склад лісової рослинності, особливості структури, конкурентні взаємовідносини, динаміка, знаходячись під контролем середовища, набувають особливого колориту, відмінного від лісів тайгової зони. Тут комплекс екологічних факторів є найменш сприятливим для виникнення лісової рослинності. Аналогічні висновки містяться і у працях інших вчених (Vysotsky, 1962 і ін.).

У степовій зоні однією з умов існування лісової рослинності є достатнє зволоження, що може бути забезпечене особливостями мікро- та мезорельєфу, а також доступністю ґрунтових вод. Відповідні умови тут формуються переважно у долинах річок з неглибоким рівнем залягання ґрунтових вод та балках де існують умови для перерозподілу ґрунтової вологи вздовж схилів. Дослідження умов водного живлення степових лісів безумовно можна вважати одним з пріоритетних напрямків наукових питань, що сприяють розв'язанню проблеми меліорації посушливих земель.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Робота виконувалась на базі Міжнародного науково-навчального центру «Присамарський біосферний біогеоценологічний стаціонар ім. О. Л. Бельгарда» Дніпропетровського національного університету, який знаходиться в нижній частині течії р. Самари.

Як було зазначено вище, зволоження у посушливих умовах відіграє провідну роль при формуванні природних лісових біогеоценозів, тому **об'єктом досліджень** нами було обрано водний режим байрачних лісів степового Придніпров'я. **Предмет дослідження** – гідродинамічний режим ґрунтових вод, водний режим ґрунтів у зоні аерації ґрунту, атмосферне зволоження та ґрунтовий стік.

В основу методологічного підходу до дослідження еколого-гідрологічних особливостей байрачних лісів покладено вчення В. М. Сукачова (Sukachev, 1964) про біогеоценоз. Спостереження за режимом ґрунтових вод проводили в спостережливих свердловинах, за допомогою мірної стрічки із «хлопавкою». Точність вимірювання становила ± 3 мм. При наданні характеристики типу режиму ґрунтових вод та його динаміки використовували методи аналізу, що викладені в працях Г. М. Висоцького (Vysotsky, 1937) та А. А. Коноплянцева (Konoplyantsev, 1963, 1974). Розрахунок основних балансових складових ґрунтових вод проводили за методами, запропонованими М. Ф. Куліком (Kulik, 1956, 1960), М. О. Воронковим (Voronkov, 1963, 1973) та О. В. Лебедевим (Lebedev, 1963). Характеристика геологічної будови та оцінка умов зволоження дана згідно методик Л. П. Травлєєва (Travleev, 1972, 1980). Відхилення кількості опадів від норми розраховували за формулою:

$$P = 90 \times \left(\frac{X_n - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \right) + 5, \text{ де } P - \text{коефіцієнт забезпеченості опадів, \%}; X_n - \text{поточний}$$

показник суми атмосферних опадів; $X_{\max}$, $X_{\min}$ – відповідно максимальне і мінімальне значення за весь період спостережень (багаторічні показники). Вологість ґрунтів визначали термобалансовим методом на протязі п'яти років. Проби ґрунту відбирались на воднобалансовій ділянці розміром 50×50 метрів, у трикратній повторності на початку і кінці вегетаційного періоду.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Байрачні ліси Присамар'я являють собою північний варіант байрачних лісів (Belgard, 1950) і найбільше розповсюдження мають вздовж правих схилів р. Самари і у балках того ж району. Правобережні береги Самари в районі досліджень характеризуються стрімкими – $10-15^\circ$ – схилами з різним ступенем змитості та

еродованості. Еколого-гідрологічні умови байрачних лісових біогеоценозів не є однорідними і залежно від розташування вздовж схилу мають певні відмінності умов зволоження. Це стосується насамперед глибини залягання ґрунтових вод і перерозподілу атмосферної вологи внаслідок ґрунтового відтоку. У даній роботі ми наводимо характеристику еколого-гідрологічних умов найбільш характерних елементів байрачних систем – середньої частин схилів.

У цих умовах формуються природні свіжуваті липово-ясеневі діброви. Тип лісу – *Dc* (свіжувата липово-ясенева діброва). Тип лісорослинних умов – *СТ₂* (суглинки сухуватий). Тип екологічної структури – напівтіньовий, третього вікового ступеня. Висота деревостану 22–26 м. Деревостан: дуб звичайний (*Quercus robur* L.); ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.). Тип деревостану – 5Д.ч.4Яс.зв.1Л.

Ґрунтовий покрив представлений чорноземами лісовими середньогумусовими середньосуглинковими на делювіальних лесових суглинках. Ґрунтові води приурочені до опіщаних глин міоцену. Водоносний горизонт підстеляється покладами Харківського ярусу палеогену (Travleev, 1972). Режим ґрунтових вод контролюється в спостережній свердловині № 207 (за нумерацією Комплексної експедиції).

Водний баланс байрачних дібров формуються під впливом атмосферних опадів, транзитної ґрунтової вологи при потенційної участі ґрунтових вод. При цьому доступність ґрунтових вод може кардинально впливати як на видовий склад так і на продуктивність байрачних дібров, тому дослідження рівневого режиму ґрунтових вод, на наш погляд, повинно стояти у основі воднобалансових досліджень природних біогеоценозів. Ступінь участі ґрунтових вод у водному балансі байрачних дібров певною мірою залежить від особливостей режиму самих ґрунтових вод, а саме глибини їхнього залягання, амплітуди змін і структури рівня, тривалості періодів підйому та спаду рівня, водно-фізичних властивостей водовмісних порід і ґрунтів зони аерації.

Гідрологічний рік, що проходить між датами початку підйому та кінцем спаду рівня ґрунтових вод, тут в середньому триває 11,5 місяця. Найчастіше протікає між січнем–груднем суміжних гідрологічних років. Рівень ґрунтових вод коливається в межах 7,65–10,08 м, середнє значення під час досліджень становило 8,98 м (табл. 1). Амплітуда міжсезонних коливань знаходиться в межах 0,57–1,59 м.

Деталізуючи гідрологічний рік за середньобагаторічними показниками рівневого режиму, Г. М. Висоцький (Vysotsky, 1937) виділив такі сезонні коливання рівня, або цикли: 1) весняний (інфільтраційний) водопідйом, 2) літнє (десукційне) опускання, 3) осінні (корективні) зміни, що залежать від вирівнювання дзеркала. У нашому випадку, річна динаміка рівневого режиму, також має три характерних цикли або періоди: період зимово-весняного підйому, весняно-осіннього спаду та осіннього підйому (рис. 1). Період зимово-весняного підйому починається найчастіше в січні. Тривалість цього періоду в середньому становить 127 діб при крайніх значеннях 109 і 156 діб. Середня швидкість підйому під час досліджень становить 2,5 мм/добу. Середня амплітуда підйому – 320 мм.

Весняно-осінній спад рівня ґрунтових вод у середньому триває 137 діб при максимальних і мінімальних значеннях 184 і 78 діб відповідно. Середня швидкість падіння рівня – 6,06 мм/добу. Амплітуда падіння рівня – 0,1–1,6 м. Весняно-осінній спад закінчується у вересні – листопаді.

Осінній підйом рівня ґрунтових вод починається після нетривалого нейтрального положення рівня, що проходить на піку спаду. Тривалість цього періоду коливається від 45 до 141 діб, середні значення цього показника – 94 доби. Швидкість підйому рівня становить 0,64 (мін.) – 15,5 мм/добу (макс.). Середнє значення – 7,87 мм/добу. За своїми показниками підняття рівня варіює в межах від 5 до 155 см. Висока мінливість цього показника обумовлена рівневими показниками та температурами попереднього періоду, що підтверджується позитивним

кореляційним зв'язком. Річна динаміка рівня ґрунтових вод має компенсаційний характер, що проходить на фоні багаторічних коливань рівня (рис. 2).

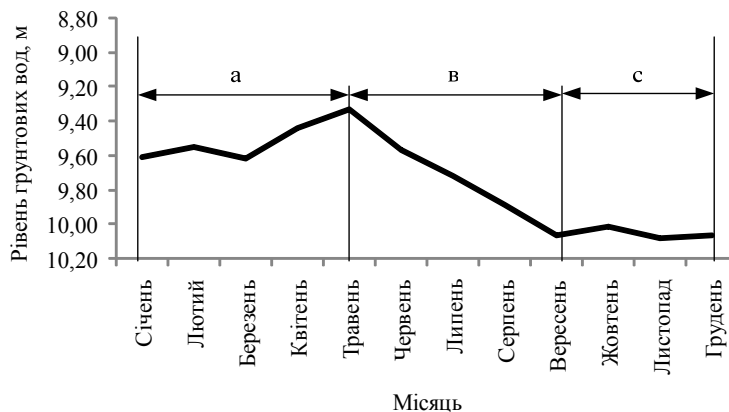


Рис. 1. **Схема внутрішньорічної динаміки рівневого режиму ґрунтових вод**
Періоди: а – зимово-весняного підйому; б – весняно-осіннього спаду; с – осіннього підйому

У ході річних змін рівневої динаміка демонструє кореляційний зв'язок з атмосферними опадами ($r = 0,5$) (Kotovych, 2010).

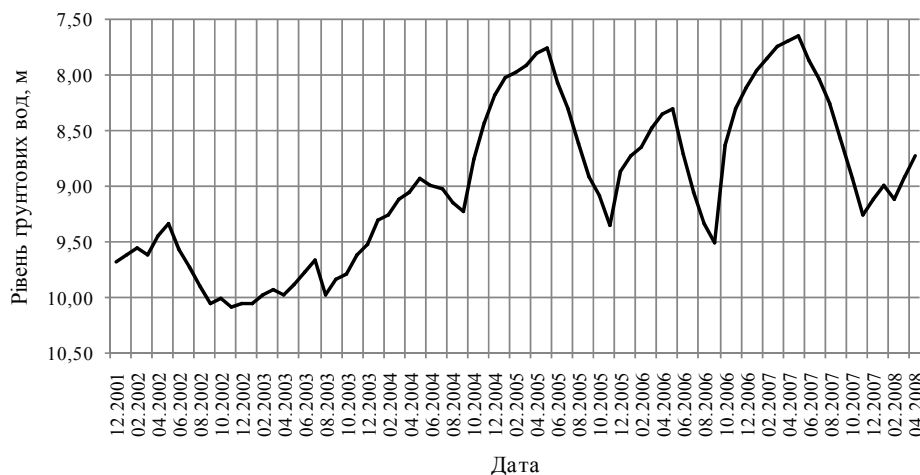


Рис. 2. **Багаторічна динаміка рівня ґрунтових вод у межах пробної площі № 207**

Сезонні коливання рівня ґрунтових вод мають поступовий характер, але протягом сезону відбуваються корективні зміни рівня у бік як підвищення, так і зниження. Така особливість, на наш погляд, обумовлена впливом кліматичних (режимоутворюючих) чинників на ґрунтові води. Мінімальних позначок рівень ґрунтових вод досягає у вересні – листопаді. Після тижневого нейтрального положення починається повільний водопідйом. Весняний максимум рівня збігається з початком вегетаційного періоду, що зумовлює збільшення витратних статей водного балансу в зоні аерації ґрунту. Протягом вегетаційного періоду відбувається падіння рівня із середньою швидкістю до 6 мм/добу, що продовжується до кінця жовтня – початку листопада.

За положенням зимового мінімуму встановлено підсумкові показники рівня (рис. 3). У період з 2002 р. по кінець 2007 р. амплітуда рівня становила 202 см. Відмінності проявлялися в основному в бік підвищення рівня. Відхилення ж графіку

в бік зниження або підвищення рівня пов'язане з відхиленням кількості опадів від норми в бік підвищення або зниження. Це положення підтверджується позитивним кореляційним зв'язком при $P = 0,01$.

Зв'язок ґрунтових вод з біогеоценотичним покривом раніше тут був встановлений за наявності внутрішньодобової пульсації рівня під час вегетаційного періоду (Travleev, 1977). При цьому чіткої часової прив'язки у внутрішньодобовій динаміці рівня не спостерігалось. Тоді це явище можна було пояснити тим, що десукція деревних насаджень проходила не безпосередньо з ґрунтових вод, а через верхню частину капілярної кайми, максимальна висота якої, як визначає ряд дослідників, у суглинках становить 3 м (Polubarinova-Cochina, 1952; Kachinskij, 1970; Rode, 1969). У даному випадку зона капілярного насичення ґрунтів над дзеркалом ґрунтових вод слугувала своєрідним буфером, через який відбувалась взаємодія рослинності з ґрунтовими водами, тому процеси рівневої динаміки мали нечіткий характер.

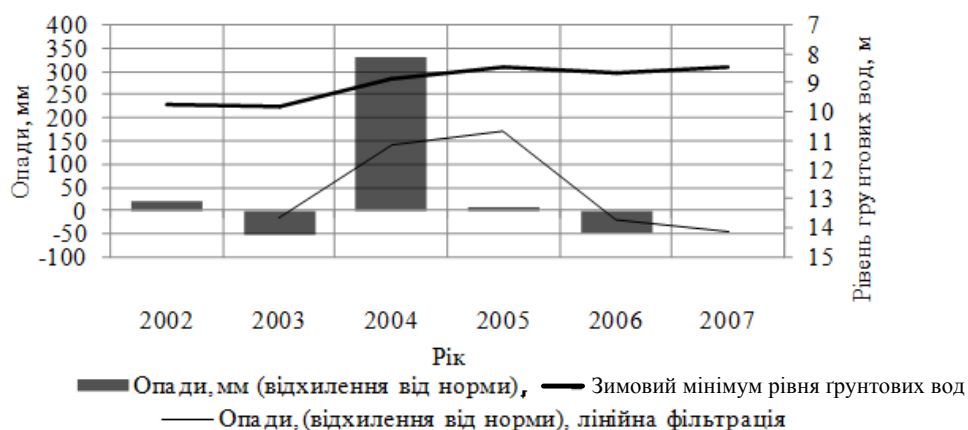


Рис. 3. Річне відхилення кількості опадів від багаторічної норми (метеостанція «Губиниха») та середньорічні показники рівня ґрунтових вод у межах пробної площі № 207

При існуючому на початку сімдесятих років минулого століття рівні – у середньому 8,0 м – механізм живлення рослинності ґрунтовими водами був цілком можливий. На сучасний період середньорічне положення рівня знизилось більш ніж на один метр (рис. 4) і під час вегетаційного періоду становило $\approx 9,5$ –10 м. При цьому знизився на відповідну величину рівень капілярної кайми ґрунтових вод. Це робить неможливим споживання деревними породами ґрунтових вод, що знаходить підтвердження у характері внутрішньодобовій ритміці, яка проявляється лише в стабільному спаді під час вегетаційного періоду (рис. 5).

Таким чином, можна зробити висновок, що взаємовплив ґрунтових вод і лісової рослинності тут проявляється насамперед у впливі останніх на рівневий режим шляхом перехвату вологи атмосферних опадів у корененасиченій зоні під час вегетаційного періоду. Загальне зниження дзеркала ґрунтових вод, на наш погляд, відбулося внаслідок зниження місцевого базису ерозії і змін умов дренавання водоносних горизонтів.

Відсутність доступних ґрунтових вод викреслює їх як складову частину у загальному водному балансі конкретного лісового біогеоценозу. У цьому випадку розраховувати водний баланс можна виходячи з того, що основним джерелом водного живлення, є атмосферні опади. За даними метеостанції «Губиниха», середньобагаторічна норма атмосферних опадів становить 505 мм. При цьому як було показано раніше (Kulik, 1979) у аридних умовах лісові насадження можуть

використовувати лише половину атмосферних опадів, інша половина витрачається на фізичне випаровування. Виходячи з цього, візьмемо половину від зазначеної кількості, отримаємо ≈ 253 мм, що є переважно опадами холодного, міжвегетаційного періоду. Така кількість вологи може забезпечити «існування» рідкостовбурного, низькорослого лісу. У реальності деревостан, що тут сформований, має I–II клас бонітету. Це справжня діброва з переважанням дерев I-го класу бонітету.

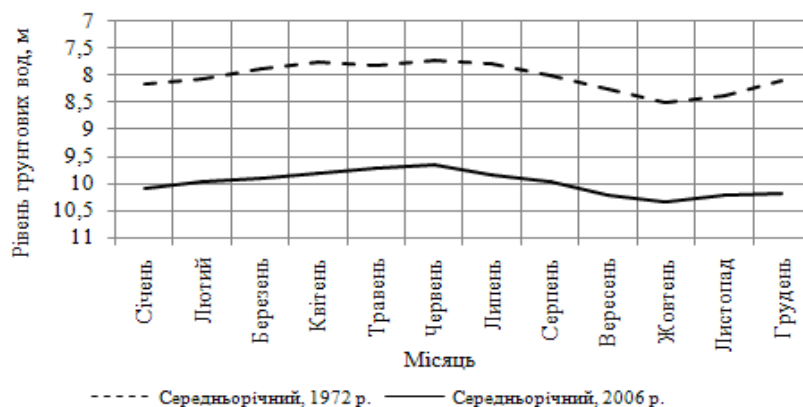


Рис. 4. Сезонна динаміка рівня ґрунтових вод у межах пробної площі № 207



Рис. 5. Внутрішньодобова динаміка рівня ґрунтових вод з 12 по 16 червня 2006 р. у межах пробної площі № 207

Вочевидь, що подібний підхід до воднобалансових розрахунків не рішає питання визначення всіх складових і кількісних показників прибуткової частини воднобалансового рівняння. Це на наш погляд краще зробити з урахуванням суми доступної вологи у ґрунтовій товщі, що акумулювалася там під час міжвегетаційного періоду і вологи атмосферних опадів вегетаційного періоду за мінусом вологи, що була затримана кронами дерев і лісової підстилкою і фактично пішла на непродуктивне, фізичне випаровування.

Вирішення питання визначення кількості опадів затриманих кронами дерев лежить у площині експериментальних досліджень, або теоретичних розрахунків. Розгорнутий аналіз методів розрахунку кількості опадів затриманих кронами дерев містить робота відомого лісового гідролога М. А. Воронкова (Voronkov, 1988), але більшість методів що описані, базуються на урахуванні таксаційних параметрів насаджень (породний склад, вік, продуктивність, густина і ін.). Все це ускладнює комплексне оцінювання затриманих атмосферних опадів у загальному водному

балансі лісових біогеоценозів, так як природні ліси не завжди мають однорідну структуру і таксаційні показники. Оцінку кількості опадів затриманих кронами дерев, на наш погляд краще робити за допомогою методу визначення літнього фізичного випаровування у межах локальних ділянок запропонований М. Ф. Куліком (Kulik, 1979), де ураховуються сума опадів рівних 3 мм і менш, кількість днів з опадами більш 3 мм і кількість днів без опадів.

Розрахунок показав, що сума опадів відповідного періоду, без опадів затриманих кронами дерев, змінювалась від 277 до 498 мм і у середньому склала 356 мм. Таку кількість опадів безумовно можна вважати завищеною за рахунок екстремальної кількості опадів 2004 року, але без урахування показників цього року маємо 320 мм. Віднімемо від цього показника 28 мм вологи яку затримує лісова підстилка (встановлено експериментальним шляхом), маємо 292 мм, що потенційно можна вважати прибутковою частиною водного балансу даного біогеоценозу.

Інша складова прибуткової частини, ґрунтова волога що акумулюється у ґрунтовій товщі під час міжвегетаційного періоду, може суттєво відрізнитись від аналогічних показників на ділянках степового плакору, розташованого всього у декількох кілометрах. Зволоження ґрунтів байрачних лісових біогеоценозів нами досліджувалося протягом п'яти гідрологічних років. Проби ґрунту на визначення польової вологи відбиралися на початку і наприкінці гідрологічного року (кінець жовтня – початок листопаду) у верхньому півтораметровому шарі ґрунту з 2002 по 2006 р.

Згідно з класифікацією Г. М. Висоцького (Vysotsky, 1962), виходячи з глибини залягання ґрунтових вод, водний режим ґрунтів тут можна віднести до імпермацидного (непромивного) типу. З гідрологічної точки зору головною типологічною ознакою даного біогеоценозу є глибоке залягання рівня ґрунтових вод і розчленованість рельєфу густою яружною мережею з великими (до 40⁰) кутами схилів. Але на відміну від схилових ділянок степової цілини поверхневий стік відсутній, чому сприяють добра водопроникність ґрунтів і наявність міцного (до 5 см) шару підстилки (Travleev, 1976). Завдяки цьому всі опади, що потрапили під полог лісового покриву, акумулюються в ґрунтовій товщі, за винятком транзитної гравітаційної вологи, що «вислизнула» від дії кореневих систем деревинної рослинності. Акумуляція вологи в ґрунтовій товщі відбувається у міжвегетаційний період, який характеризується спрацьовуванням запасів ґрунтової вологи.

З отриманих нами даних видно, що найбільш динамічно зміни вологості в досліджуваному шарі ґрунту відбуваються переважно у верхньому метровому шарі (таблиця). При цьому більш мінливим вміст вологи був у верхніх п'ятдесяти сантиметрах. Під час міжвегетаційного періоду, на початку квітня у півтораметровому шарі акумулюється у середньому до 260 мм доступної вологи, що становить 78 % від кількості атмосферних опадів відповідного періоду. У той же час для степових едафотопів, характерним є акумуляція лише 21 % опадів холодного періоду, що, як вказують деякі дослідники (Skorodumov, 1964 і ін.), зумовлено глибиною промерзання ґрунту і як наслідок більш інтенсивним поверхневим стоком під час зимових відлиг і навесні.

Середньорічний показник витрат доступної вологи з півтораметрової товщі, під час вегетаційного періоду, в цілому збігається з прибутком і становить 250 мм. Певну розбіжність між прибутковою і витратною частинами водного балансу ґрунтів можна пояснити наявністю даних нетривалого періоду спостережень. Дефіцит доступної вологи, у ґрунтовій товщі на кінці вегетаційного періоду, відмічався у чотирьох випадках з п'яти. Протягом двох років, це явище було характерним майже для всього півтораметрового профілю і двічі для нижніх 30–50 см ґрунтової товщі, що досліджувалась. Загальний негативний водний баланс з урахуванням доступної вологи, у кінці вегетаційного періоду, спостерігався лише двічі.

Динаміка вмісту доступної вологи, або її дефіциту в ґрунтах байрачної липово-ясеневої діброви на початку і у кінці вегетаційного періоду, мм *

Глибина горизонту, см	2002			2003			2004			2005			2006		
	IV	X	витрата	IV	X	витрата	IV	X	витрата	IV	X	витрата	IV	X	витрата
0-10	21,8	11,9	9,9	17,1	-1,1	18,2	39,4	10,6	28,8	37,2	6,0	31,2	36,0	1,7	37,8
10-20	23,5	9,5	14,0	15,7	-1,6	17,3	39,0	8,2	30,8	22,2	5,8	16,4	34,5	-0,4	34,9
20-30	26,0	8,9	17,1	18,1	-1,0	19,1	35,7	8,7	27,0	18,0	3,8	14,2	29,4	0,8	30,2
30-40	24,4	9,4	15,1	13,5	-0,8	14,3	33,2	6,2	27,0	18,8	2,6	16,2	24,5	1,1	25,6
40-50	21,7	5,7	16,0	11,9	-2,1	14,0	23,7	5,5	18,2	16,4	0,5	15,9	11,9	-0,7	12,6
50-60	21,1	6,2	15,0	9,2	-3,8	13,0	22,2	0,9	21,3	19,7	-0,1	19,8	14,6	-1,2	15,8
60-70	20,5	6,6	13,9	11,7	-3,1	14,8	24,6	4,4	20,2	21,8	2,6	19,2	13,8	-0,9	14,7
70-80	18,9	5,0	13,9	10,2	-5,3	15,5	20,0	4,1	15,9	20,6	-0,3	20,9	14,4	-0,9	15,3
80-90	17,6	2,7	14,9	10,7	-4,8	15,5	20,8	3,6	17,2	18,2	2,8	15,4	14,6	-2,6	17,2
90-100	8,3	0,8	7,5	11,0	-4,4	15,4	20,9	4,7	16,2	21,6	3,9	17,7	9,9	-3,1	13,0
100-110	8,2	0,8	7,5	7,6	-4,6	12,2	19,9	-0,4	20,3	22,7	2,0	20,7	8,9	-2,3	11,2
110-120	8,2	0,8	7,5	6,9	-5,0	11,9	12,1	-0,1	12,2	17,4	2,5	14,9	11,0	-2,1	13,1
120-130	7,2	-0,2	7,4	7,9	-4,3	12,2	16,0	-1,4	17,4	17,8	2,7	15,1	9,9	-3,7	13,6
130-140	7,2	-1,3	8,5	7,5	-5,5	13,0	19,0	-0,2	19,2	17,1	0,9	16,2	11,0	-3,5	14,5
140-150	7,2	-1,5	8,6	5,9	-6,0	11,8	19,0	-1,0	19,9	20,5	0,6	19,8	11,4	-2,0	13,3
Баланс	241,7	65,3	176,5	164,8	-53,4	218,2	365,4	53,8	311,6	309,9	36,2	273,6	255,7	-22,8	282,7

Примітки: * – дефіцит доступної вологи.

Визначаючи кількісні показники прибуткової частини водного балансу байрачної діброви, при умові відсутності доступних ґрунтових вод, можна припустити, що сумарна величина, атмосферних опадів і доступної ґрунтової вологи на початок вегетаційного періоду, у середньому склала 542 мм. Таким чином, аналіз вологообігу в байрачних лісових біогеоценозах показав, що додатковим джерелом водного живлення може бути ґрунтова волога, яка акумулюється в ґрунтовій товщі переважно в міжвегетаційний період – 46 % від загального водного балансу, решта – 54 % волога атмосферних опадів вегетаційного періоду.

Різноманіття біогеоценозів цього унікального, як для степу регіону, диктує необхідність певної класифікації лісорослинних умов за специфікою вологообігу, що в них протікає. Виходячи з аналізу динаміки вологості ґрунтів і глибини залягання ґрунтових вод, можна припустити, що для едафотопів такого типу дібров, характерним є непромивний тип водного режиму. Однак подібна оцінка не відображує всієї повноти еколого-гідрологічних особливостей цього біогеоценозу. Метод подібної комплексної характеристики, у кінці минулого сторіччя, було запропоновано М. О. Воронковим (Vorontsov, 1994). Характеристика базується на гідрологічній типізації ґрунтів і окремо фітоценозів. Згідно запропонованої методики, ґрунти і фітоценози, залежно від специфіки вологообігу, поділяються кожен на три типи, а їхні сукупність – біогеоценози на дев'ять. Для ґрунтів, типізація базується на наявності в них доступної для рослин вологи протягом року. Гідрологічні типи фітоценозів виділені за ступеню їх впливу на випаровування. У згаданій роботі автор робить зауваження, що дана класифікація є прийнятною для лісової зони. На наш погляд ця схема оцінки доволі гнучка і має потенціал, що дозволяє її використання в більш посушливих умовах степової і навіть напівпустельної зон.

Виходячи з того, що негативний водний баланс ґрунтів у кінці вегетаційного періоду виникає не кожного року, а лише у двох випадках з п'яти, для них є характерним періодично лімітуємо зволоження. Фітоценози мають другий тип до якого відносяться листопадні ліси, що випаровують затриману вологу з полого протягом літнього періоду, а у холодний період навпаки акумулюють. Подібна еколого-гідрологічна оцінка є вельми зручною при гідрологічному районуванні території, але потребує певної деталізації за типами лісів, так як у первинному вигляді має диференціювання лише на хвойні та листопадні ліси.

Комплексна оцінка умов зволоження байрачних лісів можлива за умов використання всіх складових прибуткової і витратної частин водного балансу, а саме їхнього відношення одне до одного з урахуванням гідрологічних умов конкретної ділянки. При цьому, на наш погляд, слід брати всю атмосферну і ґрунтову вологу з урахуванням кількості, що було затримано кронами дерев і підстилкою, а також всю вологу ґрунтової товщі. Подібний підхід зумовлено тим, що потенційне випаровування реалізується на фоні транспіраційної активності лісових біогеоценозів і уловляє у кругообіг всю недоступну для рослин вологу.

Зволоження цих біогеоценозів, як було показано вище, за умов відсутності зв'язку з ґрунтовими водами формується з атмосферних опадів і ґрунтової вологи. Об'єднавши ці складові, отримуємо воднобалансову формулу для конкретної ділянки:

$$\Delta B = P + \Delta W - E_0,$$

де P – волога атмосферних опадів, мм; ΔW – ґрунтова волога, мм (використана під час вегетаційного періоду); E_0 – випаровуваність, мм. Щоб виразити показник зволоженості як локальний коефіцієнт зволоження, перетворимо цю формулу у відношення суми прибуткової частини водного балансу до її витратної частини у мм водного шару:

$$ЛКЗ = P + \Delta W / E_0$$

Візьмемо середні за п'ять років показники зволоженості біогеоценозу під час вегетаційного періоду, при цьому маємо:

$$ЛКЗ = 250 + 391/820 = 0,78$$

Отримане значення, хоча і відповідає умовам недостатнього зволоження, при якому формується імпермацідний (непромивний) тип водного режиму ґрунтів, але є значно вищим, ніж аналогічні показники, що властиві для ділянки степового плакору (Kotovych, 2010). Вочевидь, джерелом додаткового зволоження є боковий приток ґрунтової вологі, при цьому загальні умови зволоження, які тут панують, вузько місцеві – формуються внаслідок впливу геоморфологічних умов і відповідають інтразональному типу.

ВИСНОВКИ

Річна динаміка рівневого режиму ґрунтових вод має три чітко виражені періоди – зимово-весняного підйому, весняно-осіннього спаду та осіннього підйому. Весняний підйом рівня ґрунтових вод обумовлено температурними показниками попереднього періоду. Річна динаміка рівня ґрунтових вод має компенсаційний характер, що проходить на фоні багаторічних коливань рівня. Середньорічна динаміка рівня ґрунтових вод, що встановлено за положенням зимового мінімуму, пов'язана з відхиленням кількості опадів попереднього року від норми у бік підвищення або зниження. Загальне зниження дзеркала ґрунтових вод у сучасний період відбулося внаслідок зниження місцевого базису ерозії.

Глибина залягання та річна амплітуда рівня ґрунтових вод не дозволяє використовувати їх лісовим біогеоценозам при даних геоморфологічних умовах, що підтверджується відсутністю пульсаційного характеру змін рівня під час добової динаміки у вегетаційний період.

Основною прибуткової частини водного балансу байрачних лісових біогеоценозів є ґрунтова волога та атмосферні опади. Сумарна величина, атмосферних опадів протягом вегетаційного періоду і доступної ґрунтової вологи на початок вегетаційного періоду, у середньому склала 542 мм, з яких ґрунтова волога складає 46 % від загального водного балансу, решта – 54 % волога атмосферних опадів вегетаційного періоду.

Локальний коефіцієнт зволоження становить 0,78, що перевищує відповідний показник який є характерним для умов степового плакору.

Негативна багаторічна динаміка рівня ґрунтових вод диктує необхідність проведення комплексних досліджень лісових біогеоценозів, включаючи їхню продуктивність, видовий склад і загальну динаміку розвитку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Belgard, A. L., 1950. Lesnaia rastitelnost yugo-vostoka USSR [Forest vegetation of southeast USSR]. Naukova dumka, Kyiv (in Russian).

Belgard, A. L., 1971. Stepnoe lesovedenie [Steppe Forestry]. Lesnaia promyshlennost, Moscow (in Russian).

Kachinskij, N. A., 1970. Fizika pochvy [Soil Physics]. High School, Moscow (in Russian).

Konoplyantsev, A. A., Kovalevsky, V. S., 1963. Estestvennyj rezhim podzemnykh vod i ego zakonornosti [Natural groundwater regime and its laws]. Gosgeoltekhizdat, Moscow (in Russian).

Konoplyantsev, A. A., Semenov, S. M., 1974. Prognoz i kartirovanie rezhima gruntovykh vod [Prediction and mapping of groundwater regime]. Nedra, Moscow (in Russian).

Kotovych, O. V., 2010. Ekologo-hidrolohichni osoblyvosti lisiv stepovoi zony Ukrainy (na prykladi Prysamaria Dniprovskoho)

[Ecological and hydrological features of the forest steppe zone of Ukraine (for example Prysamar'ya Dnieper)]. Dissertation for the degree of candidate of biological sciences. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).

Kulik, N. F., 1960. Gidrologicheskie osobennosti Tersko-Kumskikh peskov [Hydrological features of the Terek-Kuma sands]. Mastering of sands. Publishing House of the Ministry of Agriculture of the USSR, Moscow. 126–133 (in Russian).

Kulik, N. F., 1979. Vodnyj rezhim peskov aridnoj zony [Water regime sands of the arid zone]. Gidrometeoizdat, Leningrad (in Russian).

Lebedev, A. V., 1963. Metody izucheniia balansa gruntovykh vod [Methods of studying groundwater balance]. Gosgeoltekhizdat, Moscow (in Russian).

Mikhovich, A. I., 1968. Nakoplenie i raskhod pochvennoj vlagi v sukhikh i svezhikh tipakh lesa stepnoj zony USSR [Accumulation and consumption of soil moisture in dry and

fresh types of forest steppe zone of the Ukrainian SSR]. Forestry and agroforestry. Moscow. 32–42 (in Russian).

Mikhovich, A. I., 1969. Metodika kolichestvennoj otsenki vodoreguliruiushchej roli lesa [Methodology for quantifying water regulating role of forest]. Urozhaj, Kiev (in Russian).

Polubarinova-Cochina, P. Ya., 1952. Teoriia dvizheniia gruntovykh vod [Theory of movement of groundwater]. Moscow (in Russian).

Rode, A. A., 1969. Osnovy ucheniia o pochvennoj vlage [Fundamentals of soil moisture]. Gidrometeoizdat, Leningrad. 2 (in Russian).

Sapanov, M. K., 2000. Otsenka desuktsii lesnykh kultur na raznykh tipakh pochv Severnogo Prikaspiia [Score desuktsii forest crops in different soil types of the Northern Caspian]. Eurasian Soil Science. 11, 1318–1327 (in Russian).

Sapanov, M. K., 2002. Funktsionalnaia znachimost sadkov i gruntovykh vod v razvitiі kultur duba v Severnom Prikaspii [Functional significance of precipitation and groundwater in the development of cultures in the North Caspian oak]. Povolzhskiy ecological magazine. 3, 257–267 (in Russian).

Skorodumov, A. S., 1964. Vliianie lesnoj rastitelnosti na vodnuiy rezhim pochv [Influence of forest vegetation on soil moisture regime]. Urozhaj, Kiev (in Russian).

Sukachev, V. N., 1964. Osnovy lesnoj biogeotsenologii [Principles of Forest biogeocenology]. Nauka, Moscow (in Russian).

Travleev, A. P., 1977. Kharakteristika pochv lesnykh kultur biogeotsenozov nastoiashchikh stepей USSR [Characteristic soils of forest kultur biogeotsenozes of natural steppes of Ukrainian SSR]. Questions steppe of Forest and Environment. DSU, Dnepropetrovsk. 7, 8–21 (in Russian).

Travleev, A. P., Belova, N. A., Travleev, L. P., 1991. Vodnye i mikromorfologicheskie svoystva pochv stepnykh biogeotsenozov Prisamarskogo monitoringa [Water and micromorphological properties of soils of steppe-biogeotsenozes of Prisamarskij monitoring]. Cadastral studies

steppe biogeocenosis Prisamarya Dnieper, their dynamics and anthropogenic protection. DSU, Dnepropetrovsk. 4–20 (in Russian).

Travleev, L. P., 1972. K stratigrafii chetvertichnykh otlozheniy pravoberezhia Prisamarskogo statsionara [The stratigraphy of Quaternary deposits on the right bank Prisamarsky Station]. Questions of Forest steppe. Dnepropetrovsk. 51–60 (in Russian).

Travleev, L. P., 1976. Vodno-fizicheskie svoystva lesnykh podstilok Prisamaria [Water-physical properties of forest litter Prisamarya]. Questions steppe of Forest and Environment. DSU, Dnepropetrovsk. 6, 50–59 (in Russian).

Travleev, L. P., 1977. Osobennosti lokalnogo uvlazhneniia edafotopov v bajrachnykh lesakh i ikh gidrologicheskaya kharaktaeristika [Features local humidification of edafotop gully in the woods and their geological and hydrological characteristics]. Questions of Forest steppe and Nature Protection. DSU, Dnepropetrovsk. 7, 31–39 (in Russian).

Travleev, L. P., 1980. K voprosu kolichestvennoj otsenki gigrotopov s pomoshchiu lokalnykh koeffitsientov uvlazhneniia [Quantify the question gigrotopes using locale coefficients of moisture]. Questions of biological diagnostic Prisamarya forest ecosystems. DSU, Dnipropetrovsk. 50–64 (in Russian).

Voronkov, N. A., 1988. Rol lesov v okhrane vod [The role of forests in protecting water]. Gidrometeoizdat, Leningrad (in Russian).

Voronkov, N. A., 1994. Zakonomernosti vlagoperenosa lesnykh ekosistem i vozmozhnosti ekologo-lesovodstvennykh metodov upravleniia vodnymi resursami [Laws moisture transfer of forest ecosystems and ecological and silvicultural possible methods of water management]. Water Resources. 21 (3), 283–289 (in Russian).

Vysotsky, G. N., 1937. Desuktsiia i korrekativnyy vodopodem [Desuktsiya and corrective lifting water]. Visti University of water industry. Kiev. 7 (in Russian).

Vysotsky, G. N., 1962. Izbrannye sochineniia [Selected Works]. USSR Academy of Sciences, Moscow (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 14.01.2014

Рекомендує до друку: чл.-к. НАНУ, д-р біол. наук, проф. А. П. Травлєєв

SOIL ZOOLOGY



O. N. Kunah¹

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

E. V. Prokopenko²

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

A. V. Zhukov³✉

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 595.142.3

¹*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave, 72, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine*

²*Donetsk National University, Shchors str., 46, 83050,
Donetsk, Ukraine*

³*Dnipropetrovsk State Agrarian University,
Voroshilov str., 25, 49000, Dnipropetrovsk, Ukraine*

ECOMORPHIC ORGANISATION OF THE UKRAINE STEPPE ZONE SPIDER COMMUNITY

Abstract. The conception of ecomorphes as ecological groups of living organisms has been developed by A. L. Belgard (1950) applicable for species of the highest plants of the southeast of a steppe zone of Ukraine. Conceptually close system of vital forms-biomorphs of animals and plants has been created by Mikhail Pavlovich Akimov (Akimov, 1955). A key task of an ecomorphic approach is the ecological analysis of ecosystems structure. The ecomorphic approach has been applied to various groups of animals: entomological fauna of wood plants (Apostolov, 1981), complexes of land arthropods (Barsov, 1996), communities of birds (Ponomarenko, 2002), soil mesofauna (Zhukov, 1996), coleoptera communities agrocoenosis (Sumarokov, 2007). To identify animal species as ecomorphes the expert approach was used: the expert in taxonomy group relying on the experience and knowledge of object identifies it ecomorphes. The algorithm of ecomorphes allocation of soil animals has been offered by Zhukov (Zhukov, 2009). With some changes this algorithm has been applied to allocation of spider species of the Dnepropetrovsk region (Prokopenko et al., 2011). A lack of the specified algorithm is that it yields satisfactory results only for abundant and frequent species in regional fauna. The shortcoming reason – it relies on parametrical statistics for which compliance of experimental data to the normal law of distribution is essentially important that actually can be established only for limited number of species. As result, for a number rather rare in regional fauna of species of spiders incorrect conclusions have been drawn on their ecological status which is known on data from spiders of regions more studied from the point of view of fauna.

In our work nonparametric procedure of a multidimensional scaling which is tolerant to a statistical property of distribution of an abundance of types has been taken for a basis of ecomorphic classification of herpetobiont spiders. It including has allowed to integrate the data collected by various authors in a wide time and spatial span for the general analysis. Faunistic collection also differed and by a technique: the sizes of the traps, fixing liquid, number of traps, an exposition time. It is necessary to consider these circumstances objective as ecological classification of regional fauna should be based on considerable on coverage in time and space a material which cannot be collected on completely uniform procedure.

The multidimensional scaling represents adaptive ordination procedure which assumes a choice of the final decision proceeding, first of all, ecological criteria, instead of especially mathematical. Such

✉ Tel.: +038067-360-72-11. E-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

DOI: 10.15421/041410

adaptability is reached by comparison of ordination decisions with markers of an ecological situation which are received at the biogeocoenosis description of places of sampling. These descriptions are presented in terms of typology of biogeocoenosis of Belgard (1950, 1971): their coenotic status, and also assessment of a mode of a fertility and humidity. The key material is received within the Prisamarsky biospheric station of the Dnepropetrovsk national university where within a monitoring profile reference types of wood biogeocoenoses of a steppe zone of Ukraine are presented.

Primary data of ecological-faunistic researches are represented in the form of matrixes (tables) where columns are presented by a species, and lines – sampling points. Sampling points may be ecologically processed on the basis of biogeocoenosis descriptions. If to find nature of compliance between sampling points and species, it is possible to make interpretation of the ecological status of species, i.e. to reveal key ecological groups (ecomorphes) and to establish belonging of species to them.

The multidimensional scaling allows to estimate within one metric space an arrangement as species, and sampling points. Co-ordinates of sampling points in dimension of a multidimensional scaling are used as predictor of ecological characteristics of the environment in these points. Applying the obtained regression models it is possible to estimates of optimum conditions for species if in these models to use as predictor co-ordinates of species in those dimension of a multidimensional scaling. Species which are characterised by similar optimum values of ecological factors form ecological groups, or ecomorphes. Respectively for spiders we allocate coenomorphes, hygromorphes, trophocoenomorphes.

Key words: *herpetobiont spiders, ecomorphes, biogeocoenosis, trophotop, hygrotop.*

УДК 595.142.3

О. М. Кунах¹

канд. біол. наук, доц.

О. В. Прокопенко²

канд. біол. наук, доц.

О. В. Жуков³

д-р біол. наук, проф.

¹Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна

²Донецький національний університет, вул. Щорса, 46, 83050, м. Донецьк, Україна

³Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Ворошилова, 25, м. Дніпропетровськ, 49000, Україна,
тел.: +038067-360-72-11, e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

ЕКОМОРФІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ УГРУПОВАНЬ ПАВУКІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

У роботі за основу екоморфичної класифікації герпетобіонтних павуків була прийнята непараметрична процедура багатовимірного шкалування, яка нечутлива до статистичного характеру розподілу чисельності видів. Це дозволило інтегрувати для загального аналізу дані, зібрані різними фахівцями в широкому часовому та просторовому діапазоні. Багатовимірне шкалування являє собою адаптивну ординаційну процедуру, що припускає вибір кінцевого рішення виходячи, насамперед, з екологічних критеріїв, а не суцільно математичних. Така адаптивність досягається шляхом порівняння ординаційних рішень із маркерами екологічної обстановки, які отримані при біогеоценотичному описі місць відбору проб. Дані описи представлені в термінах типології біогеоценозів О. Л. Бельгарда (1950, 1971): їх ценотичний статус, а також оцінка режиму трофності й вологості. Ключовий матеріал отриманий у межах Присамарського біосферного стаціонару Дніпропетровського національного університету, де в межах моніторингового профілю представлені еталонні типи лісових біогеоценозів степової зони України. Види, які характеризуються подібними оптимальними значеннями екологічних факторів формують екологічні групи, або екоморфи. Відповідно для павуків ми виділяємо ценоморфи, гігроморфи, трофоценоморфи. Таким чином, екоморфична ідентифікація виду несе інформацію про його ландшафтно-біогеоценотичні преференції в умовах даної ділянки географічного простору. Екоморфичні спектри конкретних угруповань павуків розкривають їх роль і місце в біогеоценозі в термінах, придатних для порівняння з іншими компонентами біогеоценозу.

Ключові слова: *герпетобіонтні павуки, екоморфи, типи біогеоценозів, тропотоп, гігротоп.*

¹ Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, 49010, Украина

² Донецкий национальный университет, ул. Щорса, 46, 83050, г. Донецк, Украина

³ Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. Ворошилова, 25, г. Днепропетровск, 49000, Украина,
тел.: +038067-360-72-11, e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

ЭКОМОРФИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СООБЩЕСТВ ПАУКОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

В работе за основу экоморфической классификации герпетобионтных пауков была принята непараметрическая процедура многомерного шкалирования, которая нечувствительна к статистическому характеру распределения обилия видов. Это позволило интегрировать для общего анализа данные, собранные различными специалистами в широком временном и пространственном диапазоне. Многомерное шкалирование представляет собой адаптивную ординационную процедуру, которая предполагает выбор конечного решения исходя, прежде всего, из экологических критериев, а не сугубо математических. Такая адаптивность достигается путем сравнения ординационных решений с маркерами экологической обстановки, которые получены при биогеоценотическом описании мест отбора проб. Данные описания представлены в терминах типологии биогеоценозов А. Л. Бельгарда (1950, 1971): их ценотический статус, а также оценка режима трофности и влажности. Ключевой материал получен в пределах Присамарского биосферного стационара Днепропетровского национального университета, где в пределах мониторингового профиля представлены эталонные типы лесных биогеоценозов степной зоны Украины. Виды, которые характеризуются подобными оптимальными значениями экологических факторов формируют экологические группы, или экоморфы. Соответственно для пауков мы выделяем ценоморфы, гигроморфы, трофоценоморфы. Таким образом, экоморфическая идентификация вида несет информацию о его ландшафтно-биогеоценотических предпочтениях в условиях данного участка географического пространства. Экоморфические спектры конкретных сообществ пауков раскрывают их роль и место в биогеоценозе в терминах, сопоставимых для сравнения с другими компонентами биогеоценоза.

Ключевые слова: герпетобионтные пауки, экоморфы, типы биогеоценозов, трофотоп, гигротоп.

ВВЕДЕНИЕ

Идея применения экоморф почвенных животных для индикации эдафтопов была предложена А. Л. Бельгардом и А. П. Травлевым (Belgard and Travleev, 1980). Разнообразие биоморф (экоморф), или жизненных форм, является важной компонентой биологического разнообразия (Pavlinov, 2010). Как считают Д. Н. Кашкаров (Kashkarov, 1938), Ю. Г. Алеев (Aleev, 1986) и И. Я. Павлинов (Pavlinov, 2010), в экоморфах в равной степени проявляется как собственная (физиологическая, морфологическая и т.п.), так и «внешняя» (связи со средой) специфика организмов. По мнению А. Л. Бельгарда (Belgard, 1950), экоморфы отличны от жизненных форм, так под этими последними чаще всего принято понимать приспособления, которые отражаются во внешнем облике живого организма. Жизненные формы, как известно, не всегда сопряжены с изменениями в морфо-анатомической структуре, что в первую очередь касается приспособлений растений к почвенному плодородию и к термическим условиям.

В 1948 г. М. П. Акимов опубликовал свою работу «Биоценотическая рабочая система жизненных форм – биоморф» (Акимов, 1948), в которой изложил свои

представления о структуре биоценоза и о биоморфическом подходе для анализа структуры животного населения. Он так определяет биоморфу: «В аспекте биоценоза каждый вид растения или животного, входящий в его состав, следует рассматривать как определенную жизненную форму, понимая под этим термином тот или иной тип приспособления организма к основным факторам среды его обитания». При выделении биоморф важным является характеристика организма с точки зрения отношения его к абиотическим и биотическим факторам среды, а также в отношении места и роли его в биоценозе. Применение системы биоморф дает возможность кратко охарактеризовать каждый вид животного со стороны основного свойственного ему местообитания и формы передвижения, состава пищи и способа её добывания и, наконец, в отношении размеров его тела, которые в значительной мере определяют место, занимаемое видом в цепях и цикле питания (Akimov, Berstov, 1948). В системе биоморф животных выделяются топоморфы, хемоморфы (для гидробионтов), климатоморфы (для аэробиионтов) и трофоморфы (Akimov, 1954).

Принципы экоморфической классификации были применены для почвенной мезофауны (Zhukov, 2009) и герпетобиионтных пауков (Prokopenko et al., 2010). Однако предложенные алгоритмы требуют доработки и усовершенствования для решения следующих задач: 1. Количественная методика экоморфической классификации животных не должна зависеть от статистического характера обилия видов в выборке; 2. Для интеграции значительного объема данных процедура должна предполагать возможность использования материалов, собранных различными авторами в различные периоды времени и географических точках. Разработке процедуры экоморфической классификации герпетобиионтных пауков посвящена данная статья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

База данных, которая легла в основу настоящей статьи, представлена 510 описаниями сообществ пауков (включая различные даты отбора проб в пределах данной точки отбора) и 324 видами преимущественно герпетобиионтных пауков. Отбор проб производился ловушками Барбера. Исследованиями охвачены Донецкая, Днепропетровская, Кировоградская и Херсонская области. Описание фаунистических комплексов пауков и их экологических характеристик сделано в ряде работ, список которых приведен в сводках Е. В. Прокопенко и соавт. (Prokopenko et al., 2010) и Н. Ю. Полчанинова и Е. В. Прокопенко (Polchaninova and Prokopenko, 2013). Экоморфический анализ сообществ пауков в данной работе сделан для изученных байрачных комплексов, детальная типологическая характеристика которых дается ниже (обозначения соответствуют легендам рисунков в статье).

А – байрак Войсковой (Днепропетровская область). 1. – склон северной экспозиции, верхняя треть, бересто-чернокленовый дубняк с ежой (Е, KsMs 1-2); 2. – там же, степная целинка; 3. – там же, средняя треть, липо-ясеневая дубрава со звездчаткой (D_{ac}, Ms 2); 4. – там же, нижняя треть, паклено-ясеневая дубрава со снытью (D_n, MsHg 3); 5. – тальвег, вязо-ясеневая дубрава с сырым крупнотравьем (D_n, Hg 4); 6. – южная экспозиция, нижняя треть, бересто-ясеневая дубрава с мятликом лесным (D_n, Ms 2); 7. – там же, средняя треть, бересто-ясеневая дубрава с ежой (D_n, KsMs 1-2); 8. – там же, верхняя треть, бересто-чернокленовый дубняк с ежой (Е, KsMs 1-2).

В – байрак Яцев яр (Днепропетровская область). 1. – склон северной экспозиции, верхняя треть, бересто-пакленовая дубрава с ежой (D_n, KsMs 1-2); 2. – там же, степная целинка (MsKs 1); 3. – там же, средняя треть, липо-ясеневая дубрава со звездчаткой (D_{ac}, Ms 2); 4. – там же, бересто-ясеневая дубрава с мятликом лесным (D_n, Ms 2); там же, нижняя треть, 5. – там же, нижняя треть, липо-ясеневая дубрава с широколиственным травьем (D_{ac}, HgMs 2-3); 6. – тальвег, пакленовая дубрава со снытью (D_n, HgMs 2-3); 7. – южная экспозиция, нижняя

треть, липо-ясеневая дубрава со звездчаткой (D_{ac} , Ms 2); 8. – там же, средняя треть, степная целинка (MsKs 1); 9. – плакор, степная целинка (Ks 0).

С – байрак урочище Грабовое (Днепропетровская область). 1. – склон северной экспозиции, верхняя треть, липо-грабовая дубрава с широколиственным (D_c , HgMs 2-3); 2. – там же, средняя треть, липо-грабовая дубрава с широколиственным (D_c , HgMs 2-3); 3. – там же, нижняя треть, липо-грабовая дубрава с широколиственным (D_c , HgMs 2-3); 4. – тальвег, липо-грабовая дубрава со снытью (D_c , MsHg 3); 5. – южная экспозиция, нижняя треть, липо-грабовая дубрава со звездчаткой (D_c , Ms 2); 6. – там же, средняя треть, липо-грабовая дубрава со звездчаткой (D_c , Ms 2); 7. – там же, верхняя треть, липо-ясеневая дубрава с ежой (D_{ac} , KsMs 1-2).

Д – Черный лес (Кировоградская область). 1. – плакор, липо-грабовая дубрава со звездчаткой (D_c , Ms 2); 2. – склон балки северной экспозиции, верхняя треть, липо-грабовая дубрава со звездчаткой (D_c , Ms 2); 3. – там же, средняя треть, липо-грабовая дубрава с широколиственным (D_c , HgMs 2-3); 4. – там же, нижняя треть, липо-грабовая дубрава со снытью (D_c , MsHg 3); 5. – тальвег, вязо-ясеневая дубрава с сырым крупнолиственным (D_n , Hg 4).

Экоморфическая структура сообщества пауков представлена как доля представителей данной экоморфы от суммарной численности сообщества:

$$p_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^E n_i},$$

где p_i – доля i -й экоморфы, n_i – число особей в сообществе, принадлежащих i -й экоморфе, E – число экоморф, представленных в сообществе.

Таким образом, доля экоморфы варьирует в интервале от 0 до 1. Графическое представление экоморфической структуры оказывается не выразительным, если доли отдельных экоморф очень малы и (или) очень велики. Мы считаем целесообразным перейти от долей (вероятностей) экоморф к их неопределенностям $-1 \cdot p_i \log_2 p_i$. Неопределенность принимает максимальное значение при $p_i \approx 0,37$. Тогда верхняя граница кумулятивного графика неопределенностей экоморф будет представлять экоморфическое (экологическое) разнообразие сообщества, а точнее – его аспект (ценоморфический, гигроморфический, ценотрофоморфический):

$$H = -1 \cdot \sum_{i=1}^E p_i \log_2 p_i.$$

Очевидно, что перед нами метрика (индекс) разнообразия по Шеннону. Его широко используют для оценки видового разнообразия. Мы его применяем для описания экоморфического разнообразия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многомерное шкалирование позволяет в пространстве меньшей размерности отобразить исходный многомерный массив данных. Для проведения анализа нами была использована метрика Брея-Куртиса и висконсинская предварительная трансформация данных.

Вопрос о числе измерений может быть решен путем оценки скорости изменения стресса при увеличении числа измерений. Стресс является мерой точности отображения исходных данных в пространстве меньшей размерности. Если при увеличении числа измерений уменьшение стресса происходит медленно, то такой прирост числа не дает существенного улучшения качества отображения. Таким образом, резкий перегиб кривой стресс-число измерений может указывать на оптимальное число измерений. Полученная кривая изменения стресса в зависимости от числа измерений не имеет четкого участка резкого перегиба (данные не приведены). Четкость перегиба усиливается, если использовать дифференциальный стресс – разницу значений стресса между соседними числами измерений (рис. 1).

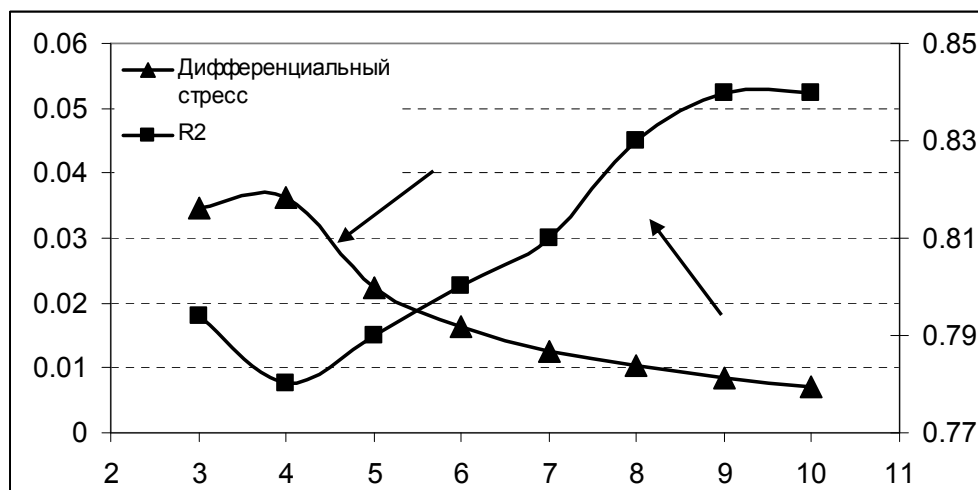


Рис. 1. Зависимость дифференциального стресса и статистики R^2 многомерного шкалирования от числа измерений для метрики Брея-Куртиса и предварительной висконсинской трансформации данных

Условные обозначения: ось абсцисс – число измерений; ось ординат – дифференциальный стресс; стрелки показывают участки наибольшего перегиба кривой дифференциального стресса и статистики R^2 .

Также для оценки качества проведенного многомерного шкалирования можно использовать статистику R^2 . Эта статистика показывает долю дисперсии признакового пространства, описываемой данным числом измерений, полученных в результате многомерного шкалирования.

Критерий стресса и статистики R^2 дают различное число измерений для оптимального решения. Для критерия стресса это пять измерений, для статистики R^2 – восемь. В нашем случае мы решили остановиться на критерии статистики R^2 , так как он является более очевидным. Меньшее число измерений является предпочтительным решением, целью которого является многомерное шкалирование, так как только первые несколько измерений обычно могут быть содержательно интерпретированы. В нашем исследовании многомерные измерения являются промежуточным этапом, поэтому решение с большим числом измерений (восемь), но более точное, является предпочтительным.

Проведенные расчеты свидетельствуют о том, что двухмерный вариант многомерного шкалирования достаточен для точного отображения исходного массива данных о структуре сообщества пауков как для метрики Гувера, так и Раупа-Крика, так как увеличение числа измерений выше указанного не приводит к существенному приросту точности отображения.

Результаты отображения исходного массива данных в измерениях, полученных с помощью многомерного шкалирования, представлены на рисунке 2.

В результате анализа выделены восемь измерений, в пространстве которых можно количественно охарактеризовать взаимоотношения между различными сообществами пауков. Эти измерения можно сопоставить с градиентами среды (табл. 1).

Значения, представленные в таблице, обозначают направление градиентов среды по отношению к выделенным измерениям структуры сообщества пауков. Силу градиента характеризует корреляция градиента и измерений, представленная как R^2 . Анализ полученных данных свидетельствует о том, что для изученной экспериментальной выборки пауков ключевыми экзогенными факторами являются различия среды в разрезе степь-лес, а также гигротоп и трофотоп эдафотоп. Следует отметить, что последнее сочетание определяет тип леса по А. Л. Бельгарду (Belgard,

1950, 1971), а в более широком смысле – тип биогеоценоза. Роль дифференциации биогеоценозического покрова на луговые и болотные ценозы в структурировании сообщества пауков закономерно меньше, но статистически достоверна. Участки с засолением почв заняли незначительный объем в нашей экспериментальной выборке, что обусловило малое значение этого фактора. Можно предположить, что пауки – в целом толерантная по отношению к условиям поемности группа, поэтому сила соответствующего градиента не велика.

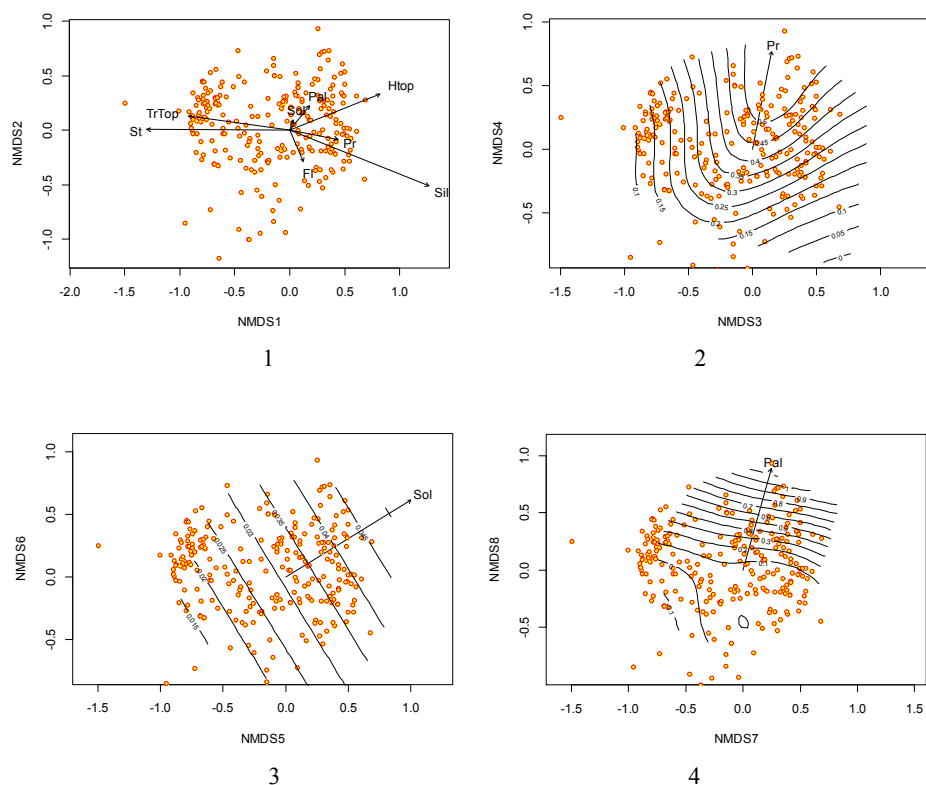


Рис. 2. Ординация сообщества пауков методом многомерного шкалирования и факторы среды, корреляция которых с осями многомерного шкалирования достоверна ($p < 0,05$)

Условные обозначения: NMDS1, ..., NMDS8 – многомерные оси; точки – расположение видов пауков (названия не приведены из-за громоздкости); TrTop – уровень трофности эдафотопы; Htop – уровень влажности (гигротопы) эдафотопы; Fl – фактор поемности; характер растительности: St – степной; Sil – лесной; Pr – луговой; Pal – болотный; Sol – фактор засоления почв; на рис. 2–4 показаны изолинии соответствующих переменных среды.

Данные таблицы 1 и рис. 1 свидетельствуют о том, что все градиенты среды оказывают влияние на структуру сообщества пауков. Следует отметить, что характер этой связи далеко не всегда является линейным. Однако важен тот факт, что измерения пространства, полученные в результате многомерного шкалирования, могут быть применены для биоиндикации градиентов среды. Факт нелинейности связи структуры сообщества пауков и градиентов среды требует при выборе статистического инструментария выйти за пределы методов линейной статистики.

Для проведения дискриминантного и регрессионного анализов был применен метод опорных векторов. В качестве переменных-предикторов используются веса точек отбора проб по измерениям NMDS1–NMDS8. С помощью указанной процедуры

получена обучающая выборка, которая позволяет по значениям измерений многомерного шкалирования установить биоиндикационные оценки градиентов среды. Качество классификационных процедур представлено на рисунке 3.

Таблица 1

**Соответствие многомерных измерений и градиентов (переменных) среды
(*p*-уровень основывается на 999 пермутациях)**

Пере- менные среды	Косинусы между углами направлений измерений и градиентами среды								<i>R</i> ²	<i>p</i> -уро- вень
	NMDS 1	NMDS 2	NMDS 3	NMDS 4	NMDS 5	NMDS 6	NMDS 7	NMDS 8		
TrTop	-0,65	0,09	-0,65	-0,26	0,11	-0,24	-0,14	-0,04	0,53	0,00
Htop	0,57	0,23	0,29	0,20	0,13	0,15	0,29	0,61	0,54	0,00
Fl	0,14	-0,32	0,56	0,41	0,26	-0,06	-0,26	0,51	0,21	0,00
St	-0,83	0,00	-0,45	0,00	-0,02	0,00	-0,22	-0,22	0,63	0,00
Sil	0,87	-0,35	0,17	-0,22	0,08	-0,06	-0,19	-0,05	0,55	0,00
Pr	0,50	-0,09	0,10	0,52	0,16	-0,04	0,32	0,58	0,20	0,00
Pal	0,17	0,21	0,24	0,27	0,22	0,05	0,23	0,84	0,29	0,00
Sol	0,07	0,21	0,29	0,56	0,34	0,21	0,62	-0,07	0,05	0,01

Полученные результаты свидетельствуют о достаточно хорошем соответствии биоиндикационных и экспертных оценок уровней градиентов среды. Рассеивание облака точек для трофотоп и гигротоп обусловлено экологической спецификой и масштабом индицируемого градиента и сообщества пауков. Следует учитывать, что при всей вариабельности условий влажности и трофности, которые происходят в данном эдафотопе в течение сезона и год от года, фитоиндикационные оценки дают интегрированное и выравненное представление о соответствующих режимах. Сообщество пауков более динамично, чем фитоценоз, поэтому демонстрирует значительную вариабельность своей структуры в пределах конкретного трофотоп и гигротоп. Фитоиндикационными мерами являются экоморфы растений, поэтому очевидно, что переход от структурных характеристик сообщества пауков как композиции видов к экоморфам пауков, может дать более инвариантную оценку типологических особенностей биогеоценоза.

Важно отметить, что лесной и степной типы биогеоценозов достаточно хорошо дифференцируются по структуре сообщества пауков. Заметно ниже дифференциальные свойства сообщества пауков для идентификации болотных и луговых типов. Главную причину данного явления мы видим в амфиценоичности луговых и болотных экосистем в условиях степной зоны. Если степные и лесные биогеоценозы часто представлены моноценозами, то луговые и болотные экосистемы имеют сложную ценотическую природу. Чаше приходится говорить о лугово-лесных, болотно-луговых, лугово-степных и т.д. вариациях. Таким образом, достаточно хорошо могут быть выявлены комплексы пауков степных зональных и лесных интразональных сообществ. При выявлении комплексов пауков азональных луговых и болотных экосистем могут возникать сложности, связанные с неоднозначностью отнесения к той или иной группе видов пауков.

Процедура неметрического многомерного шкалирования позволяет провести ординацию точек отбора проб (строки в матрице данных) и видов (столбцы в матрице данных). Положение и точек и видов в многомерном пространстве измерений представлено соразмерными весами. Это позволяет использовать модели классификации точек, полученные на предыдущем этапе исследования с помощью процедуры опорных векторов, для экологической характеристики видов в тех же терминах.

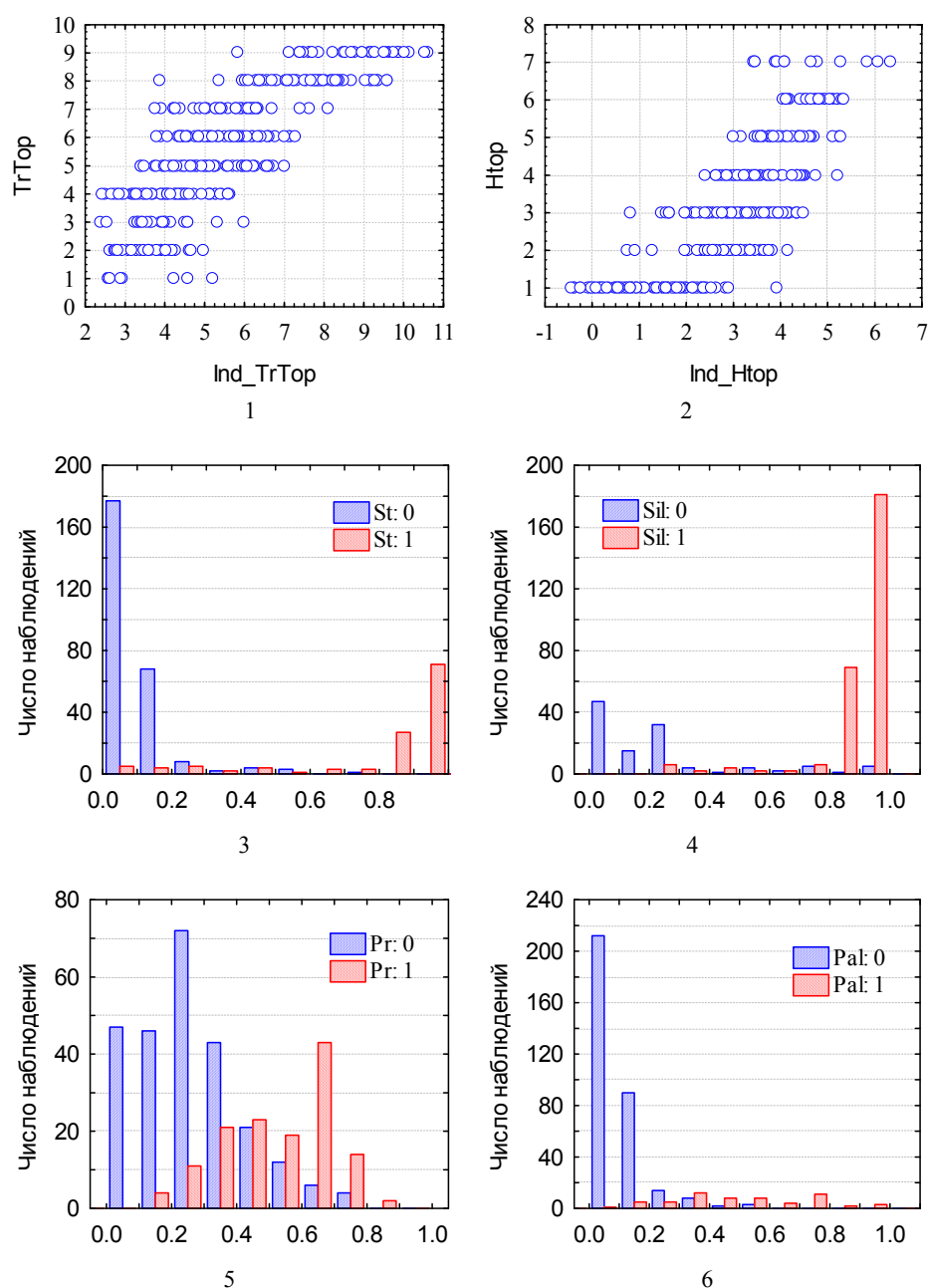


Рис. 3. Качество биоиндикационной оценки значений градиентов среды по многомерным измерениям с помощью метода опорных векторов

Условные обозначения: 1, 2 – результаты регрессионного анализа для условно континуальных переменных трофотоп и гиротоп (ось абсцисс – биоиндикационная оценка, ось ординат – экспертная оценка); 3–6 – распределения вероятности отнесения наблюдения к альтернативе 1 – есть признак (альтернатива 0 – нет признака).

Оценки по регрессионным моделям трофотоп и гиротоп, где в качестве переменных-предикторов использованы веса видов по измерениям NMDS1–NMDS8, позволяют установить местоположение центра ниши вида по соответствующей шкале (рис. 4).

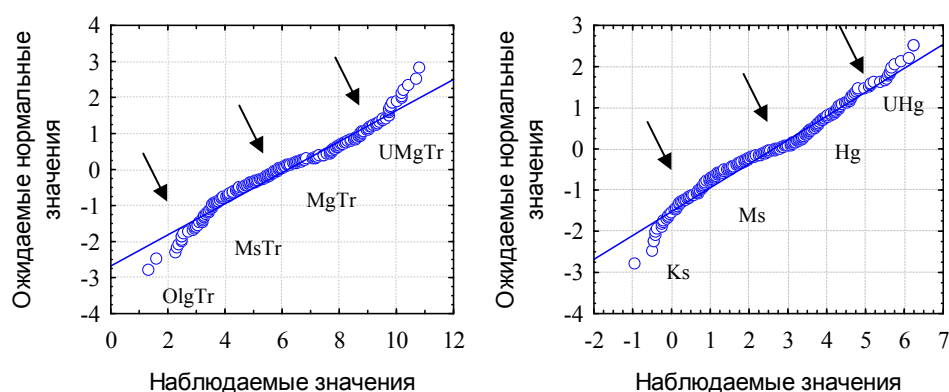


Рис. 4. Нормальные вероятностные графики значений местоположений центроидов экологических ниш по градиенту трофности (слева) и влажности (справа)

Условные обозначения: стрелки обозначают границы выделения трофоценоморф (слева) и гигроморф (справа); OlgTr – олиготрофоценоморфы, MsTr – мезотрофоценоморфы; MgTr – мегатрофоценоморфы; UMgTr – ультрамегатрофоценоморфы; Ks – ксерофилы; Ms – мезофиллы; Hg – гигрофилы; UHg – ультрагигрофилы.

Нормальные вероятностные графики позволяют визуально определить соответствие экспериментального распределения нормальному закону либо оценить границы смеси нормальных распределений. Экоморфы как целостные экологические группы должны характеризоваться нормальным законом распределения количественных экологических характеристик в пределах одной экоморфы, при этом вся совокупность экоморф представляет собой смесь нормальных распределений. Целостность и однородность конкретной экоморфы является свидетельством того, что её существование определяется структурно-функциональной организацией биогеоценоза, следовательно, экоморфическая структура компонентов биогеоценоза является отражением его организации.

Наряду с критерием целостности и однородности имеет силу критерий соразмерности. Информационный аспект экоморфической структуры очень важен, так как экоморфическая структура является важным источником информации о структурно-функциональной организации биогеоценоза. Число элементов и их выравниженность определяют информационную насыщенность источника информации. Выражением выравниженности является соразмерность экоморф. Экоморфы с малым числом видов имеют пренебрежительно малую информационную ценность, равно как и с очень большим числом видов (неопределенность события $-p \cdot \ln p$ стремится к нулю как при $p \rightarrow 0$ так и при $p \rightarrow 1$).

Исходя из указанных рассуждений нами были выделены такие трофоценоморфы: OlgTr – олиготрофоценоморфы (значения по шкале трофности $< 3,5$), MsTr – мезотрофоценоморфы (от 3,5 до 5,5); MgTr – мегатрофоценоморфы (от 5,5 до 8); UMgTr – ультрамегатрофоценоморфы (> 8); и гигроморфы: Ks – ксерофилы (значения по шкале влажности $< 1,5$); Ms – мезофиллы (от 1,5 до 3,5); Hg – гигрофилы (от 3,5 до 5); UHg – ультрагигрофилы (> 5).

Как градации трофности, так и градации влажности эдафотопы, являются альтернативными состояниями как влажности, так и трофности. Ценобитические характеристики биогеоценоза не являются альтернативными, что нашло свое выражение в учении А. Л. Бельгарда (Belgard, 1948) об амфиценозе. Поэтому ценобитическая классификация не является альтернативной, а конкретные биогеоценозы могут быть одновременно отнесены к одному или нескольким ценобитическим типам, т.е. быть лугово-лесными, лугово-болотными, лугово-степными, степными с процессами остепнения и т.д.

С помощью регрессионного анализа по методу опорных векторов была оценена вероятность принадлежности каждой точки отбора проб к отдельному ценоотическому типу (степному, лесному, луговому, болотному) по измерениям NMDS1–NMDS8. Затем модель была применена для оценки вероятности принадлежности вида к ценоотическому типу, т.е. к ценоморфе.

Анализ полученных данных (рис. 5) свидетельствует о том, что степанты и сивьванты могут быть разделены достаточно хорошо. Лишь только отдельные виды с высокой степенью вероятности могут быть отнесены как к лесным, так и к степным.

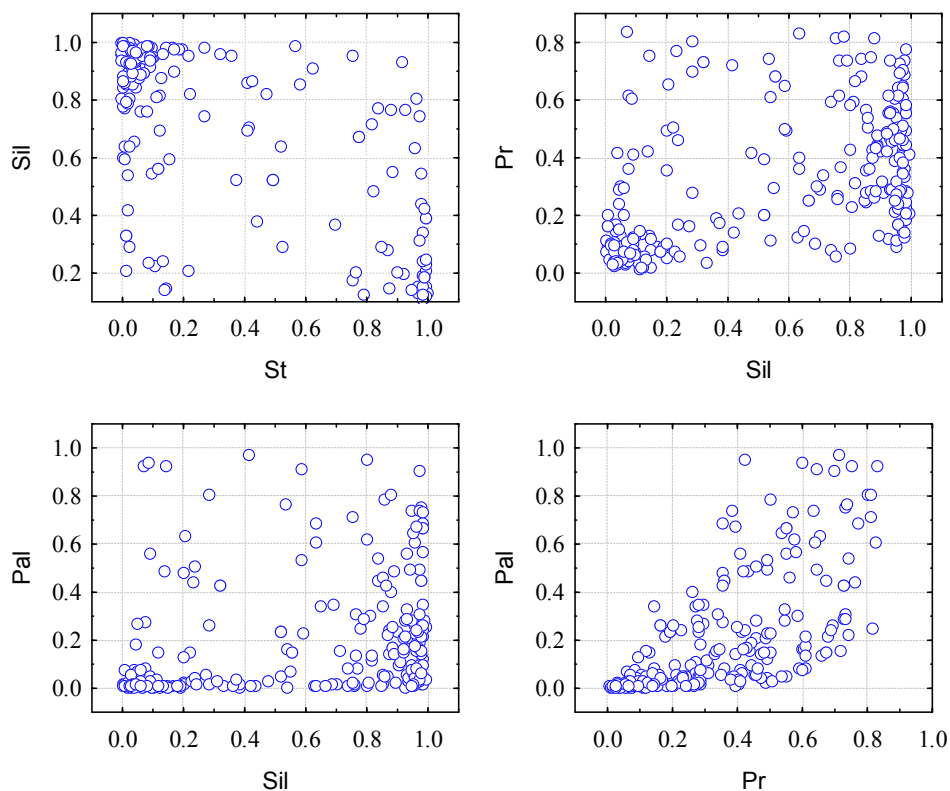


Рис. 5. Соотношение вероятностных оценок принадлежности видов пауков к ценоморфам

Условные обозначения: St – степанты (степные); Sil – сивьванты (лесные); Pr – пратанты (луговые); Pal – палюданты (болотные).

Вероятности отнести вид к болотной либо луговой ценоморфе тесно коррелируют. Облако данных не имеет четко обособленных кластеров, поэтому различия между этими ценоморфами являются в большей степени количественными.

Среди видов с высокой степенью вероятности принадлежности к сивьвантам есть виды, однозначно относимые к этой группе, а также конкурирующие за статус пратантов или палюдантов. Это делает необходимым выделить ценоморфу лугово-болотно-лесных видов (PrPalSil – пратанто-палюданто-сивьвантов) наряду с сивьвантами, палюдантами, пратантами и степантами.

Критерии для выделения ценоморф были установлены на основании требований однородности, целостности, соразмерности и информационной значимости. Алгоритм классификации ценоморф в виде дендрограммы представлен на рисунке 6.

Виды с вероятностью принадлежности к степным более 0,8 были классифицированы как степанты. Виды с вероятностью принадлежности к лесным

более 0,9 были классифицированы как сильванты и пратанто-палюданто-сильванты. Из них те, сумма вероятностей принадлежности к луговым и болотным типам которых превышает 0,6, были классифицированы как пратанто-палюданто-сильванты, а прочие – как сильванты. Прочие виды с вероятностью принадлежности к лесным и степным типам менее 0,9 были классифицированы как луговые и болотные. Классификация в болотной или луговой ценоморфе проведена по критерию количественного преимущества соответствующей вероятности.

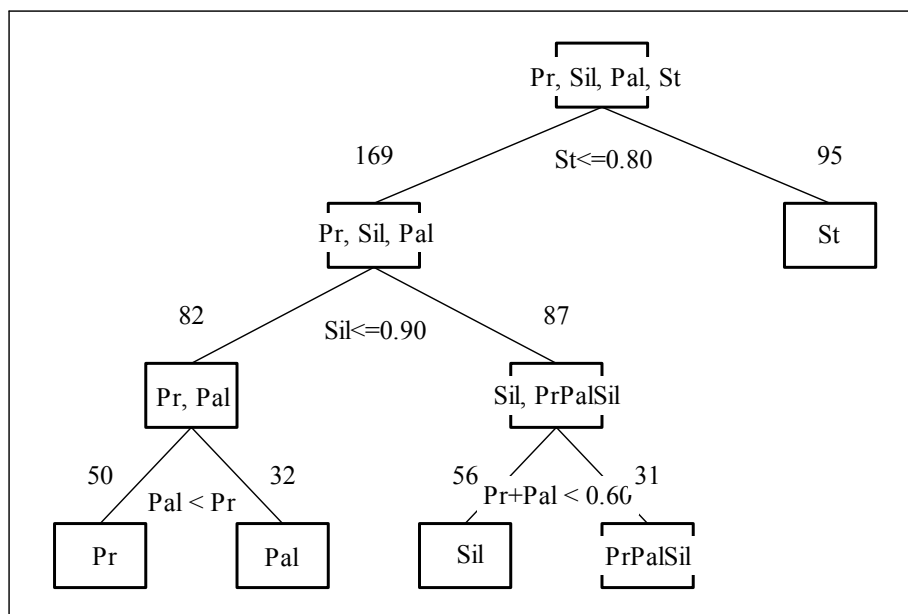


Рис. 6. Классификационное дерево ценоморф пауков

Условные обозначения: в местах дихотомий показаны условия разбиения на классы низшего уровня; цифры указывают на число видов в соответствующей ветви.

Насыщение видами экоморф пауков степного Приднестровья представлено в таблице 2.

Таблица 2

Экоморфическая структура пауков степного Приднестровья

Ценоморфа	Трофоценоморфы				Гигроморфы				Всего
	OlgTr	MsTr	MgTr	UMgTr	Ks	Ms	Hg	UHg	
Pal	1	12	3	–	–	2	5	9	16
Pr	22	24	22	–	–	31	37	–	68
PrPalSil	16	13	2	–	–	5	17	9	31
Sil	27	49	7	–	1	39	43	–	83
St	–	2	58	66	110	16	–	–	126
Всего	66	100	92	66	111	93	102	18	324

Из ценоморф наиболее богатыми видами являются степанты – 126. Таким образом, зональный компонент животного населения пауков составляет 38,89 % от всего богатства фауны. Важную роль играют лесные (83 видов) и луговые (68 видов) ценоморфы. Обитатели амфиценозов – лугово-болотно-лесные виды – представлены 31 видом. Болотные формы ввиду относительной редкости болотных биогеоценозов в степной зоне представлены только 16 видами.

Олиготрофоценоморфы преимущественно встречаются среди лесных, луговых и лугово-болотно-лесных ценоморф. Мезотрофоценоморфы наиболее характерны для лесных, а мега- и ультрамегаценоотрофные виды – для степных ценоморф.

Таким образом, между ценоморфами и трофоценоморфами существует некоторая степень корреляции, однако эти аспекты экоморфической структуры не являются тождественными.

Степанты представлены только ксерофилами и мезофилами. Ксерофилы также встречаются ещё и среди силвантов (1 вид). Лесные виды также представлены мезофилами и гигрофилами. Эти же гигроморфы мы отмечаем среди луговых видов. Среди болотных и лугово-болотных лесных мы находим мезофилов, гигрофилов и ультрагигрофилов (последние две гигроморфы преобладают).

Экоморфа – это дискретная оценка местоположения оптимума вида в континууме экологических условий. Для структурирования экологической ниши сообщества пауков нами выбраны те условия, которые, как известно, оказывают влияние на структуру биогеоценозов степной зоны, а именно: тип круговорота веществ и потока энергии (степной, лесной, луговой и болотный), режим влажности (гигротоп), режим трофности фитоценоза (трофотоп). Аналогично экоморфам растений (Belgard, 1950, 1971) нами выделены экоморфы пауков – ценоморфы (отражают место в ключевых типах круговорота веществ и потока энергии), трофоценоморфы (отражают предпочтение группировок растительности, адаптированных к соответствующим условиям минерального питания), гигроморфы (отражают место в диапазоне условий влажности). В более широком контексте, пауков мы относим к трофоморфе хищников. Пауки, собранные с помощью ловушек Барбера преимущественно относятся к топоморфе герпетобионтов.

Установленные экоморфы пауков могут быть использованы для экоморфического анализа конкретных сообществ. Для этих целей из всей базы данных нами выбраны для экоморфического анализа сообщества пауков байрачных биогеоценозов – степные комплексы байрака Войсковой, урочищ Яцев Яр и Грабовое, а также комплекса в лесостепи – Черный Лес.

Результаты анализа ценоморфической структуры сообществ пауков показаны на рисунке 7.

Ценоморфическое разнообразие сообщества пауков зависит как от типа байрачной системы, так и от участка геоморфологического профиля (верхняя, средняя, нижняя треть и тальвег) (табл. 3). Паттерн изменчивости по профилю ценоморфического разнообразия является единообразным для всех байраков, так как эффект взаимодействия типа байрачной системы и участка профиля не является достоверным ($F = 0,94$, $p = 0,52$). Наибольшим ценоморфическим разнообразием характеризуются сообщества пауков байраков Яцев яр и Черный лес, а наименьшим – байраков Войсковой и урочища Грабовое. Локальные максимумы разнообразия характерны для тальвегов и верхних третей склонов байраков.

Индекс разнообразия ценоморфической структуры сообщества пауков байрака Войсковой варьирует от 0,70 до 0,99. Максимумы этого показателя наблюдаются в верхних третях склонов, а также в тальвеге. Ценоморфическое разнообразие является мерой амфиценогичности сообщества. На склонах байрака сообщество является типичным моноценозом, вследствие чего его ценоморфическое разнообразие является наименьшим. Трансформация сообщества в направлении моноценоз→псевдомоноценоз→амфиценоз сопровождается увеличением ценоморфического разнообразия сообщества.

В байраке Яцев Яр ценоморфическое разнообразие сообщества пауков существенно выше, чем в байраке Войсковой и находится в диапазоне 1,33–1,98. Для сообщества на плакоре, находящегося в непосредственной близости от байрака, ценоморфическое разнообразие составляет 0,49, что свидетельствует о принадлежности его к степному моноценозу. В байраке Войсковой степные элементы в сообществе пауков встречались

спорадически, тогда как в байраке Яцев Яр процессы остепнения выражены гораздо сильнее, так как доля степантов варьирует в пределах от 0,05 до 0,36. Это обстоятельство, а также высокое значение болотных форм в тальвеге приводит к существенному увеличению ценоморфического разнообразия сообщества пауков в байраке Яцев Яр.

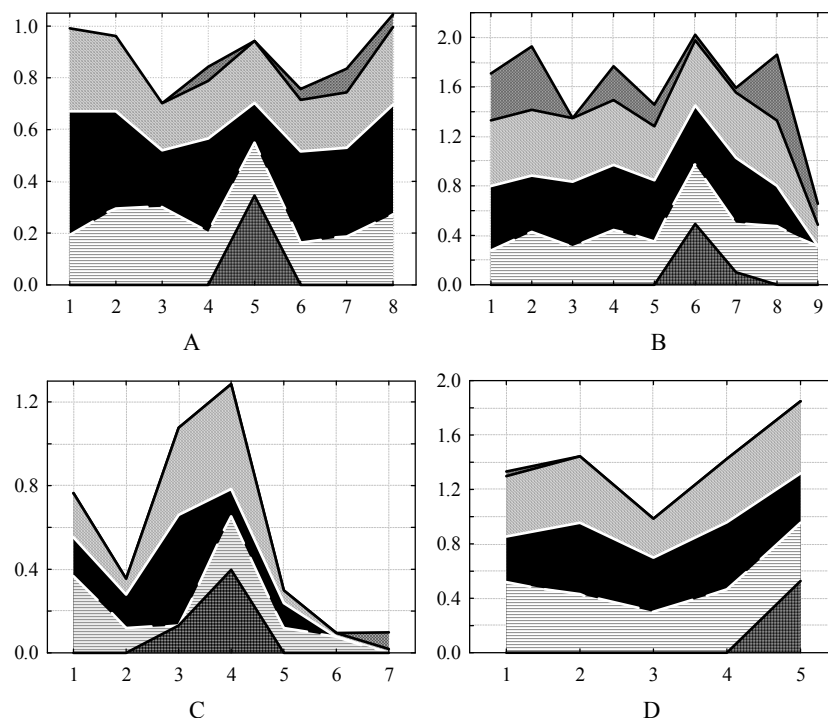


Рис. 7. Ценоморфическая структура сообщества пауков байрачных биогеоценозов степного Приднестровья и Черного леса (структура представлена неопределенность экоморф)

Условные обозначения: - St; - Sil; - PrPalSil; - Pr; - Pal
А – байрак Войсковой; В – байрак Яцев яр; С – байрак урочище Грабовое; D – Черный лес; обозначения типов биогеоценозов по оси абсцисс – см. раздел «Материалы и методы».

Таблица 3

Дисперсионный анализ влияния типа байрачной системы и участка профиля на ценоморфическое разнообразие сообщества пауков

Эффекты	Сумма квадратов	Степени свободы	Удельная сумма квадратов	F-отношение	p-уровень
Коэффициент	29,10	1	29,10	312,39	0,00
Байрачная система (1)	3,15	3	1,05	11,27	0,00
Участок профиля (2)	1,27	3	0,42	4,55	0,02
1*2	0,79	9	0,09	0,94	0,52
Ошибка	1,21	13	0,09	—	—

В урочище Грабовое и Черном лесу наблюдается существенное преобладание лесных ценоморф, что отражается в общем снижении уровня ценоморфического разнообразия. При этом общий паттерн разнообразия остается неизменным: наибольшая степень моноценотичности и минимальное ценотическое разнообразие наблюдается на склонах байраков. В верхних третях склонов (а также в лесном сообществе на плакоре в Черном лесу), а также в тальвегах наблюдается повышение

ценоморфического разнообразия, что является количественной мерой амфиценозичности сообщества.

Гигроморфическая структура сообществ пауков представлена на рисунке 8.

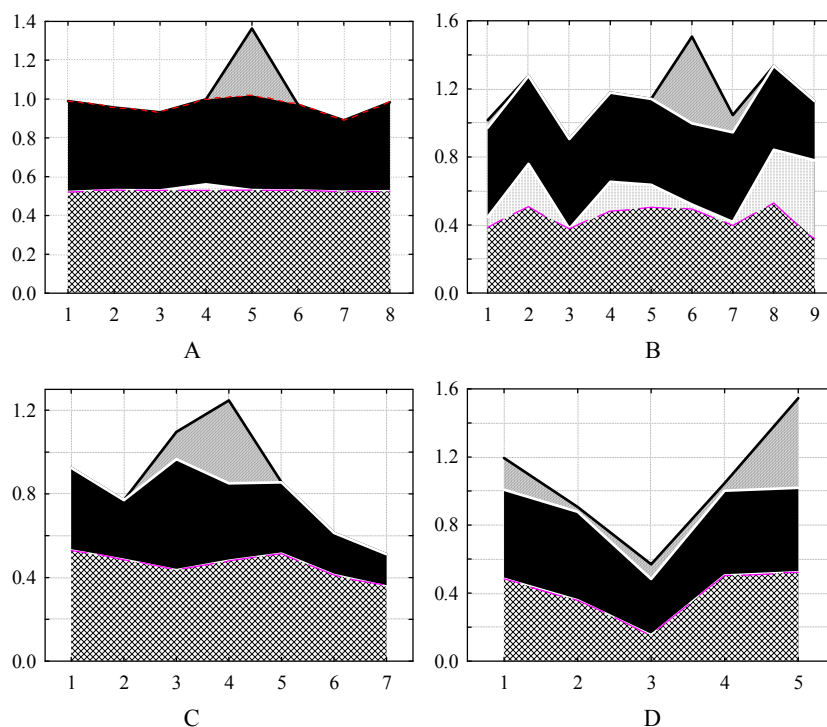


Рис. 8. Гигроморфическая структура сообщества пауков байрачных биогеоценозов степного Приднепровья и Черного леса (структура представлена как неопределенность экоморф)

Условные обозначения: - UHg; - Ms; - Ks; - Hg

A – байрак Войсковой; B – байрак Яцев яр; C – байрак урочище Грабовое; D – Черный лес; обозначения типов биогеоценозов – см. раздел «Материалы и методы»

Паттерны изменчивости гигроморфического разнообразия сообществ пауков изученных байрачных систем характеризуются подобием, что подтверждается отсутствием достоверного значения фактора дисперсии, который описывает взаимодействие между типом байрачной системы и участком профиля ($F = 1,08$, $p = 0,43$) (табл. 4).

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что мезофильная компонента во всех изученных байрачных системах вне зависимости от их географического положения характеризуется существенной стабильностью для сообществ пауков в различных местоположениях в пределах поперечного профиля байраков. Доля и связанная с ней неопределенность мезофилов в сообществе мало изменяется в пределах конкретной байрачной системы. Также для большинства байрачных систем весьма консервативной является и гигрофильная компонента сообщества. В тальвегах и нижних третях склонов увеличивается роль ультрагигрофилов. Значительная вариабельность характерна для ксерофилов в байраке Яцев Яр. Этот байрачный комплекс является типичным представителем байрачных лесов южного географического варианта, в которых наблюдается существенное проникновение степного окружения в структуру и функционирование лесных биогеоценозов. Именно ксерофильная компонента сообщества является маркером этого проникновения.

Таблица 4

**Дисперсионный анализ влияния типа байрачной системы и участка профиля
на гигроморфическое разнообразие сообщества пауков**

Эффекты	Сумма квадратов	Степени свободы	Удельная сумма квадратов	F-отношение	p-уровень
Коэффициент	27,39	1	27,39	1172,81	0,00
Байрачная система (1)	0,34	3	0,11	4,79	0,02
Участок профиля (2)	0,90	3	0,30	12,86	0,00
1*2	0,23	9	0,03	1,08	0,43
Ошибка	0,30	13	0,02	—	—

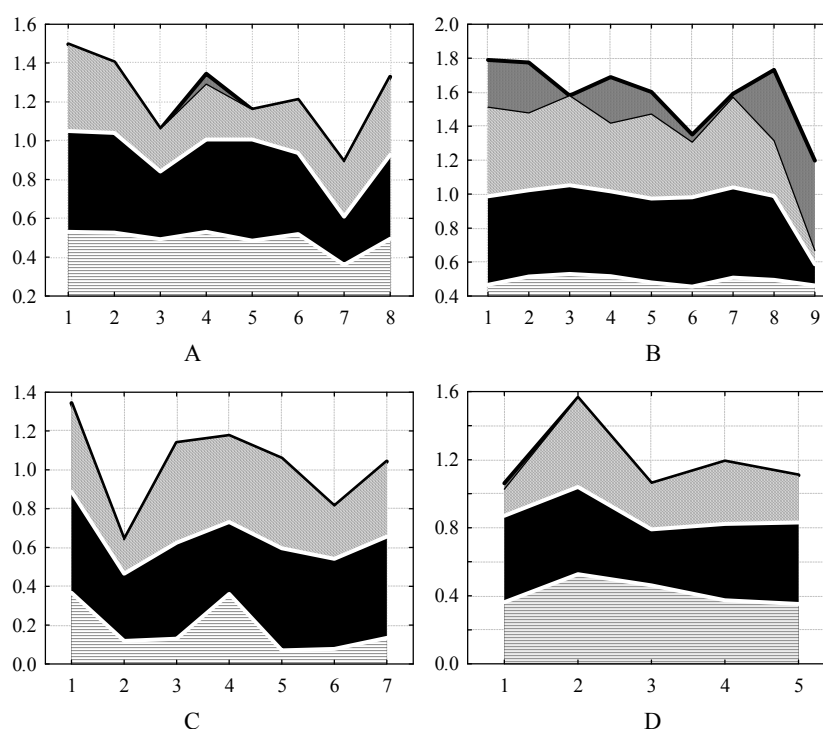


Рис. 9. Ценотрофоморфическая структура сообщества пауков байрачных биогеоценозов степного Приднестровья и Черного леса (структура представлена неопределенность экоморф)

Условные обозначения: - UMgTr; - OlgTr; - MsTr; - MgTr

А – байрак Войсковой; В – байрак Яцев яр; С – байрак урочище Грабовое; D – Черный лес;
обозначения типов биогеоценозов – см. раздел «Материалы и методы».

Ценоморфы и гигроморфы пауков являются экологическими группами, которые широко применяются для описания экологических предпочтений животных. В нашей работе сделана попытка выстроить алгоритм для количественно точного их определения. Ценотрофоморфы не являются такими очевидными характеристиками пауков, так как сами пауки непосредственно не реагируют на условия минерального питания эдафотопы, которые воспринимаются растениями. Однако нельзя игнорировать этот важный аспект структурирования экологической обстановки, в пределах которой формируются сообщества наземных животных, в том числе и пауков.

Наиболее важным аспектом изменчивости ценотрофоморфической структуры является тип байрачной системы ($F = 8,96, p = 0,00$) (табл. 5).

Таблица 5

Дисперсионный анализ влияния типа байрачной системы и участка профиля на ценотрофоморфическое разнообразие сообщества пауков

Эффекты	Сумма квадратов	Степени свободы	Удельная сумма квадратов	F-отношение	p-уровень
Коэффициент	37,68	1	37,68	1046,53	0,00
Байрачная система (1)	0,97	3	0,32	8,96	0,00
Участок профиля (2)	0,31	3	0,10	2,87	0,08
1*2	0,36	9	0,04	1,11	0,42
Ошибка	0,47	13	0,04	—	—

Байрачные системы существенно отличаются по режиму минерального питания эдафтопов (Бельгард, 1971): для байраков южного географического варианта характерны трофотопы D_n, а в байраках западного географического варианта преобладают более выщелоченные почвы, которые создают режим трофности D_{ac} и D_c.

Трансформация растительного покрова и общей экологической обстановки, которая является результатом адаптации биогеоценоза к режиму трофности, приводит к изменениям трофоценоморфической структуры сообществ пауков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Концепция экоморф как экологических групп живых организмов была разработана А. Л. Бельгардом (Belgard, 1950) применительно к видам высших растений юго-востока степной зоны Украины. Концептуально близкая система жизненных форм-биоморф животных и растений была создана М. П. Акимовым (Akimov, 1948). Ключевой задачей экоморфического подхода является экологический анализ структуры экосистем. Экоморфический подход был применен для различных групп животных: энтомофауны крон древесных растений (Apostolov, 1981), комплексов наземных членистоногих (Barsov et al., 1996), сообществ птиц (Ропотагенько, 2004), почвенной мезофауны (Zhukov, 2009), сообществ жуков агроценозов (Sumarokov, 2009). Для отнесения того или иного вида животных к соответствующей экоморфе использовался экспертный подход: специалист по таксономической группе, опираясь на свой опыт и знание объекта, идентифицирует его экоморфу. Алгоритм выделения экоморф почвенных животных был предложен А. В. Жуковым (Zhukov, 2009). С некоторыми изменениями этот алгоритм был применен для выделения экоморф герпетобионтных пауков Днепропетровской области (Prokopenko et al., 2011). Недостатком указанного алгоритма является то, что он дает удовлетворительные результаты только для видов, которые обильно и часто встречаются в сборах по региону. Причина указанного недостатка состоит в том, что он опирается на параметрическую статистику, для которой существенно важным является соответствие экспериментальных данных нормальному закону распределения, что в действительности может быть установлено только для ограниченного числа видов. Как результат – для целого ряда относительно редких в региональной фауне видов пауков были сделаны неверные выводы об их экологическом статусе, который известен по сведениям из более изученных с точки зрения фауны пауков регионов.

В нашей работе за основу экоморфической классификации герпетобионтных пауков была принята непараметрическая процедура многомерного шкалирования,

которая нечувствительна к статистическому характеру распределения обилия видов. Это позволило интегрировать для общего анализа данные, собранные различными специалистами в широком временном и пространственном диапазоне. Фаунистические сборы также отличались и по методике: размеры ловушек, фиксирующая жидкость, число ловушек, интервал между выемкой материалов (время экспозиции). Данные обстоятельства следует считать объективными, так как экологическая классификация региональной фауны должна основываться на значительном по охвату во времени и пространстве материале, который практически невозможно собрать по полностью однообразной процедуре.

Многомерное шкалирование представляет собой адаптивную ординационную процедуру, которая предполагает выбор конечного решения исходя, прежде всего, из экологических критериев, а не сугубо математических. Такая адаптивность достигается путем сравнения ординационных решений с маркерами экологической обстановки, которые получены при биогеоценотическом описании мест отбора проб. Данные описания представлены в терминах типологии биогеоценозов А. Л. Бельгарда (Belgard, 1950, 1971): их ценотический статус, а также оценка режима трофности и влажности. Следует отметить, что данные типологические детерминанты весьма широки по своему содержанию, поэтому достаточную для данного исследования идентификацию типов биогеоценозов вполне может сделать не специалист в области геоботаники. Однако ключевой материал получен в пределах Присамарского биосферного стационара Днепропетровского национального университета, где в пределах мониторингового профиля представлены эталонные типы лесных биогеоценозов степной зоны Украины.

Первичные данные эколого-фаунистических исследований представляются в виде матриц (таблиц), где столбцы представлены видами, а строки – точками отбора проб. Точкам отбора проб можно дать экологическую интерпретацию на основании биогеоценотических описаний. Если найти характер соответствия между точками отбора проб и видами, то можно сделать интерпретацию экологического статуса видов, т.е. выявить ключевые экологические группы (экоморфы) и установить принадлежность видов к ним.

Многомерное шкалирование позволяет в рамках одного метрического пространства оценить расположение как видов, так и точек отбора проб. Координаты точек отбора проб в измерениях многомерного шкалирования использованы как предикторы экологических характеристик среды в этих точках. Применяя полученные регрессионные модели можно получить оценки оптимальных условий для видов, если в этих моделях в качестве предикторов уже использовать координаты видов в тех самых измерениях многомерного шкалирования. Виды, которые характеризуются подобными оптимальными значениями экологических факторов формируют экологические группы, или экоморфы. Соответственно для пауков мы выделяем ценоморфы, гигроморфы, трофоценоморфы.

Таким образом, экоморфическая идентификация вида несет информацию о его ландшафтно-биогеоценотических предпочтениях в условиях данного участка географического пространства. Экоморфические спектры конкретных сообществ пауков раскрывают их роль и место в биогеоценозе в терминах, сопоставимых для сравнения с другими компонентами биогеоценоза.

Типологическая идентификация естественного биогеоценоза строится на анализе его растительности. В условиях значительной антропогенной трансформации экосистем растительный покров теряет возможности надежного индикатора экологической обстановки. Пауки, будучи экологически пластичными и мобильными, населяют различные экосистемы – как естественные, так и трансформированные (например, сельскохозяйственные поля, урбанизированные территории, терриконы угольных шахт). При этом сообщества пауков демонстрируют высокую численность и разнообразие. В этом отношении сообщества пауков могут быть использованы в качестве индикатора состояния и режимов экосистем в условиях антропогенной нагрузки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Akimov, M. P., 1948.** Biocenoticheskaja rabochaja shema zhiznennyh form – biomorf [The biogeocoenotic operation scheme of the living form – biomorphes]. Scientific bulletin of the Dnepropetrovsk state university. 61–64 (in Russian).
- Akimov, M. P., Berstov, A. I., 1948.** Sravnitel'nyj biocenoticheskij analiz zhivotnogo naselenija porozhistoj chasti Dnepra i Dneprovskogo vodohranilishha v pervye gody ego sushhestvovanija [The comparative biogeocoenotic analysis of the animals community of the rapids part of the Dniper and Dniper storage pond in the first years of its being]. Scientific collection of the articles of the biological faculty of DSU. XXXII, 161–176 (in Russian).
- Aleev Yu. G., 1986.** Jekomorfologija [Ecomorphology]. Naukova dumka, Kiev (in Russian).
- Apostolov L. G., 1981.** Vrednaja jentomofauna lesnyh biogeocенозов Central'nogo Pridneprov'ja [The harmful entomofauna of the forest biogeocoenosis of the Central Pridniprovie], High education press, Kiev (in Russian).
- Barsov V. A., Pilipenko A. F., Zhukov A. V., Kulbachko Yu. L., Kisenko T. I., 1996.** Sezonnye, godovye i vyzvannye antropogennymi faktorami izmenenija struktury populjacij pochvennyh i nazemnyh bespozvonochnyh zhivotnyh v nekotoryh biogeocенозах central'nogo stepnogo Pridneprov'ja [The seasonal, annual and caused by anthropogenous factors changes of structure of soil and land invertebrate community in some biogeocoenoses of central steppe Pridneprovie]. Dnipropetrovsk university vestnik. 2, 24–30 (in Russian).
- Belgard A. L., 1950.** Lesnaja rastitel'nost' jugo-vostoka USSR [The forest vegetation of the south west of the Ukraine]. Kiev university press, Kiev (in Russian).
- Belgard A. L., 1971.** Stepnoe lesovedenie “The steppe forest science”. Forest industry press, Moscow (in Russian).
- Belgard A. L., Travleev A. P., 1980.** Rol' pochvennoj fauny v indikacii jedafotopov [The role of the soil fauna for edafotop indication]. The problems and methods of the biological diagnostic and indication of the soils. Moscow university press, Moscow. 1980, 155–163 (in Russian).
- Zhukov A. V., 2009.** Ekomorfichnij analiz konsorcij rruntovih tvarin [Ecomorphic analysis of the soil animal consortia]. Svidler, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Kashkarov D. N., 1933.** Sreda i obshhestvo (osnovy sinjekologii) [Environment and community (the principles of the synecology)]. Medgis, Moscow (in Russian).
- Pavlinov I. Y., 2010.** Zamechanija o biomorfike (jekomorfologicheskoy sistematike) [Comments on biomorphics (ecomorphological systematics)]. Journal of General Biology. 71, 2, 187–192 (in Russian).
- Ponomarenko O. L., 2004.** Konsortivni zv'jazki ptahiv u dibrovah stepovogo Pridniprova jak faktor stijkosti lisovih ekosistem [Consortia connections of the birds community in oak forest of the steppe Pridniprovie as factor of the forest ecosystem stability]. Manuscript of the Candidate of science dissertation, Dnipropetrovsk, 216 (in Ukrainian).
- Prokopenko O. V., Kunah O. N., Zhukov A. V., Pahomov A. Y., 2010.** Biologichne riznomanittja Ukraïni. Dnipropetrovs'ka oblast'. Pavuki (Aranei) [Biological diversity of the Ukraine. Dnipropetrovsky region. Spiders (Aranei)]. DNU press, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Sumarokov A. M., 2009.** Vosstanovlenie bioticheskogo potencijala biogeocенозов pri umen'shenii pesticidnoj zagruzki [Restoration of the biogeocoenosis biotic potential due to pesticide loading decrease]. Veber press, Donetsk (in Russian).
- Polchaninova N. Yu., Prokopenko E. V., 2013.** Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of Left-Bank Ukraine. Arthropoda Selecta. Supplement. 2., KMK Scientific Press, Moscow.

Стаття надійшла в редакцію: 14.03.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук О. М. Сумароков

SOIL ZOOLOGY



K. V. Andrusevych 

UDK 595.142.3

*Dnipropetrovsk state agro-economic university,
Voroshilova str., 25, 49000, Dnipropetrovsk, Ukraine*

ECOLOGICAL SPACE OF THE SOD-LITHOGENIC SOILS ON THE RED-BROWN CLAYS ANIMAL COMMUNITY

Abstract. The ecological niche is the keystone conception of theoretical ecology. But for its use methodical difficulties appears which can be solved with the help of the number of statistical techniques which includes OMI-analyses. This procedure has given the possibility of visualization of the ecological niche of soil animal community of the sod-lithogenic soils on the red-brown clays.

The phenomenon of differentiation of the ecological niche demands the explanation of structuring ecological space and detects of dominant factors which have influenced for the physiognomy of communities of soil animals.

The important problem is also to evaluate the role of ecological specialization of animals, which expresses in the terms ecomorphical structure. The usage of RLQ-analyses has permitted to quantity estimate the influence of vegetation features and edaphic factors on the spatial distribution of soil mesofauna.

The researching polygon is characterized both the presence of patch with optimal vital activity terms, and with unfavorable conditions. Mesopedobionts within researching polygon have been established as not being ecologically homogeneous. The functional groups A and B embrace in the majority of endogeic animals such as larvae of beetles. The ecologically diverse ecomorphic properties of these groups with high density of the animal community may be determined by the axis number 1. These groups concentrate within 3–4 meters diameter patches with most favorable conditions for vital activity. Such patches are marginal for this polygon. The functional group C is presented by gerpetobiont animals which are able to migrate and relatively tolerant to edaphic factors. That is why centroid of given group is most closely located to the typical condition of this polygon. Considered indicators of soil as environment of living organisms permit to estimate the community's ecological niche.

The quantity characteristics of species ecological niches within researching polygon such as specialization and marginality have been estimated. At first for the characteristics of soil animals' ecological niches have been used phytoindicator scales and ecomorphical analyses of the vegetations structure and also physiognomy types of it. The selection of functional groups of soil animals and applied for them ecomorphical characteristics are present high information values and conformity of indicator scales for the description of real current types of conditions of ecosystems.

Keywords: *ecomorphes, reclamation, soil mesofauna, ecological niche.*

 Тел.: +38097-687-65-94, e-mail: eandrusevich@mail.ru

DOI: 10.15421/041411

*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. Ворошилова, 25, Днепропетровск, 49000, Украина,
Тел.: +38097-687-65-94, e-mail eandrusevich@mail.ru*

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО ЖИВОТНОГО НАСЕЛЕНИЯ ДЕРНОВО-ЛИТОГЕННЫХ ПОЧВ НА КРАСНО-БУРЫХ ГЛИНАХ

Экологическая ниша является ключевым понятием теоретической экологии. Однако для его использования возникают методические трудности, которые могут быть решены с помощью ряда статистических техник, к числу которых относится ОМІ-анализ. Эта процедура дала возможность визуализировать экологическую нишу сообщества почвенных животных дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах. Явление дифференциации экологической ниши требует объяснения структурирования экологического пространства и выявления ключевых факторов, которые оказывают влияние на облик сообществ мезопедобионтов. Важной задачей также является оценить роль экологической специализации животных, выраженной в терминах экоморфической структуры. Применение RLQ-анализа позволило количественно оценить влияние особенностей растительного покрова и эдафических факторов на пространственное распределение почвенной мезофауны. Изученный полигон характеризуется как наличием участков с оптимальными условиями для жизнедеятельности, так и с неблагоприятными. Установлено, что для мезопедобионтов изученный полигон не является однородным по действующим почвенным режимам. Функциональные группы А и В мезофауны представлены в большинстве своем собственно почвенными животными – личинками жесткокрылых. Экоморфический облик данных групп, которые достаточно разнообразны в экологическом плане и характеризуются высокой плотностью животного населения, может быть описан осью 1. Эти функциональные группы концентрируются в пределах пятен 3–4 м в диаметре с наиболее благоприятными условиями для их жизнедеятельности. Такие участки являются маргинальными для данного полигона. Функциональная группа С представлена животными-герпетобионтами, которые способны к миграциям и относительно толерантны к эдафическим факторам. Поэтому центроид данной группы наиболее близко расположен к типичным условиям данного полигона. Рассмотренные в работе показатели почвы как среды обитания живых организмов позволяют оценить экологическую нишу сообщества. Установлены количественные характеристики экологических ниш видов, отмеченных на исследуемом полигоне, – маргинальности и специализации. Впервые для характеристики экологических ниш почвенных животных использованы фитоиндикационные шкалы и экоморфический анализ структуры растительного сообщества, а также физиономические типы растительности. Выделение функциональных групп почвенных животных и наложение на них экоморфических характеристик, показывает высокую информационную ценность и соответствие индикационных шкал для описания реально существующих типов режимов в экосистемах.

Ключевые слова: экоморфы, рекультивация, почвенная мезофауна, экологическая ниша.

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, вул.
Ворошилова, 25, Дніпропетровськ, 49000, Україна,
Тел.: +38097-687-65-94, e-mail eandrusevich@mail.ru*

ЕКОЛОГІЧНИЙ ПРОСТІР ТВАРИННОГО НАСЕЛЕННЯ ДЕРНОВО-ЛІТОГЕННИХ ҐРУНТІВ НА ЧЕРВОНО-БУРИХ ГЛИНАХ

Екологічна ніша є ключовим поняттям теоретичної екології. Однак для його використання виникають методичні труднощі, які можуть бути вирішені за допомогою ряду статистичних технік, до числа яких належить ОМІ-аналіз. Ця процедура дала можливість візуалізувати екологічну нішу угруповання ґрунтових тварин дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах. Явище диференціації екологічної ніші вимагає пояснення структуривання екологічного простору і виявлення ключових факторів, які впливають на

вигляд угруповань мезопедобіонтів. Важливим завданням також є оцінити роль екологічної спеціалізації тварин, вираженої в термінах екоморфичної структури. Застосування RLQ-аналізу дозволило кількісно оцінити вплив особливостей рослинного покриву і едафічних факторів на просторовий розподіл ґрунтової мезофауни. Вивчений полігон характеризується як наявністю ділянок з оптимальними умовами для життєдіяльності, так і з несприятливими. Встановлено, що для мезопедобіонтів вивчений полігон не є однорідним за діючими ґрунтовими режимами. Функціональні групи А і В мезофауни представлені в більшості своїй власне ґрунтовими тваринами – личинками жорсткокрилих. Вигляд даних груп, які досить різноманітні в екологічному плані і характеризуються високою щільністю тваринного населення, визначається віссю 1. Ці групи населяють ділянки, 3–4 м в діаметрі, з найбільш сприятливими умовами для життєдіяльності. Такі ділянки не є типовими для даного полігону. Функціональна група С представлена тваринами-герпетобіонтами, які здатні до міграції і відносно толерантні до едафічних факторів. Тому центроїд даної групи найбільш близько розташований до типових умов даного полігону. Розглянуті в роботі показники ґрунту як середовища існування живих організмів дозволяють оцінити екологічну нішу угруповання. Встановлено кількісні характеристики екологічних ніш видів, відзначених на досліджуваному полігоні – маргінальність і спеціалізація. Вперше для характеристики екологічних ніш ґрунтових тварин використані фітоіндикаційні шкали і екоморфичний аналіз структури рослинного угруповання, а також фізіономічні типи рослинності. Виділення функціональних груп ґрунтових тварин і накладення на них екоморфичних характеристик, показує високу інформаційну цінність та відповідність індикаційних шкал для опису реально існуючих типів режимів в екосистемах.

Ключові слова: екоморфи, рекультивация, ґрунтова мезофауна, екологічна ніша.

ВВЕДЕНИЕ

Факторы окружающей среды, влияющие на распределение видов, обычно пространственно структурированы, поэтому сообщества также имеют пространственную структуру (Dray et al., 2006). Местообитание характеризуется наличием на некоторой территории ресурсов и условий для данного вида, в результате чего становится возможной заселенность этой территории, включая его выживание, размножение и успех в конкурентной борьбе (Hall et al., 1997). Это, так называемый, «экологический стандарт» вида (по Gilyarov, 1965) – потребности каждого вида в определенном комплексе условий среды.

Теоретически различие между местообитанием и не-местообитанием становится очевидным при сравнении композиции свойств окружающей среды участков, где вид встречается с участками, где вид отсутствует. Однако участки, где вид отсутствует, выявить сложно. Вид в данном участке может быть не установлен из-за несовершенства методики учета или отсутствовать по историческим причинам. Не только свойства окружающей среды могут определять местообитание. Важным условием изучения экологического пространства является сбор множественных данных о его свойствах. Неравномерность распределения особей объясняется вариабельностью характеристик среды, наблюдается структурная и функциональная пестрота (Demidov et al., 2013).

Почвенный покров представляет собой непрерывное образование с развитой вертикальной и вдольповерхностной неоднородностью (Samsonova, 2008). Пространственная неоднородность – важнейшее свойство почвы, которое проявляется на различных масштабных уровнях организации педосферы (Medvedev, 2009).

Изначальная неоднородность техноземов и сложный характер динамики почвообразовательного процесса привели к высокому разнообразию экологических условий на участке рекультивации. Формирование мозаичного почвенного покрова возникло в результате особенностей закладки экспериментального участка, на техническом этапе рекультивации, и многолетней сельскохозяйственной рекультивации нарушенных земель (Kunah, Kolyada, 2010; Voloh, Uzbek, 2010; Demidov et al., 2010). Оценка качества почвы требует количественных данных по

каждому индикаторному свойству, связанному с почвенным качеством, и информации о пространственной вариабельности этих индикаторных свойств (Verhagen et al., 1995).

По Дж. Хатчинсону (Hutchinson, 1957) под фундаментальной (потенциальной) экологической нишей понимается весь набор условий, при которых вид может успешно существовать и размножаться, а реализованная экологическая ниша – это положение вида в конкретном сообществе, где его ограничивают сложные биоценоотические отношения. Фундаментальная экологическая ниша характеризует потенциальные возможности вида, а реализованная – ту их часть, которая может осуществиться в данных условиях, при данной доступности ресурса.

Экоморфическая структура сообщества почвенной мезофауны с точки зрения видового богатства характеризует биотоп как совокупность экологических условий потенциальной экологической ниши сообщества (Zhukov, 2009). Представленность широкого спектра экоморф показывает весь комплекс сложившихся экологических режимов. Экоморфическая структура животного населения, в которой учитывается численность, показывает реализованную экологическую нишу сообщества.

Цель работы – количественно оценить экологическую нишу почвенных животных полигона на дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах на основе RLQ- и OMI-анализов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал отобран на участке рекультивации Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета Никопольского марганцеворудного бассейна (Днепропетровская обл., г. Орджоникидзе) в апреле–мае 2012 г. Пробы отобраны в дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах.

Материал отобран по регулярной сетке – 7 трансект по 15 проб в каждой, в сумме 105 проб. Лаг между трансектами и пробами 3 м. В каждой точке были сделаны почвенно-зоологические пробы для сбора почвенной мезофауны, проведено измерение температуры, электропроводности, твердости, структуры, усадки почвы и содержание гумуса (R-таблица). Почвенно-зоологические пробы имели размер 25×25 см.

Измерение твердости почв производилось в полевых условиях с помощью ручного пенетromетра Eijkelkamp на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет ± 8 %. Измерения производились конусом с размером поперечного сечения 2 см². В пределах каждой точки измерения твердости почвы производились в однократной повторности.

Для проведения измерения электропроводности почвы *in situ* использовался сенсор HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, R. I.). Этот сенсор работает совместно с портативным прибором HI 993310. Тестер оценивает общую электропроводность почвы, т.е. объединенную проводимость почвенного воздуха, воды и частиц. Результаты измерений прибора представлены в единицах насыщенности почвенного раствора солями – г/л. Сравнение результатов измерений прибором HI 76305 с данными лабораторных исследований позволили оценить коэффициент перевода единиц как 1 дС/м = 155 мг/л (Pennisi, Iersel, 2002). Почвенную температуру измеряли в период с 13 до 14 часов цифровыми термометрами WT-1 (ПАО «Стеклоприбор», <http://bit.steklopribor.com>, точность – 0,1 °C) на глубине 5–7 см. Измерения электропроводности и температуры сделаны в трехкратной повторности в каждой пробной точке.

Для определения степени усадки пробы отобраны по регулярной сетке. Образцы высушивались до воздушно-сухого состояния, перетирались и просеивались через сито с диаметром отверстий 1 мм (Buligin et al., 2005). В лабораторных условиях задавались уровни влажности путем добавления в образцы дистиллированной воды – 4, 8, 14, 16, 22, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 и 70 %. Сырую почву помещали в металлическую формочку (крышка от алюминиевого бокса),

измерив объем и смазав ее тонким слоем вазелина. Затем почву высушили при температуре 105°C. Объем высушенного образца определяли измерением диаметра и высоты штангенциркулем, взвешивали (Andrusevich, Lagunina, 2013).

Агрегатный состав почвы был определен методом сухого просеивания по Савинову (Dospiehov, 1979). Пробы почвы отобраны из верхнего слоя 0–10 см.

Физиономические типы растительности выделены на основе из спектральной отражательной способности цифровых снимков поверхности растительного покрова, которые условно можно охарактеризовать как: 1 – злаки; 2 – зонтичные; 3 – сложноцветные; 4 – бобовые; 5 – сухостой; 6 – почва.

Фитоиндикационные шкалы растительности приведены по Д. Н. Цыганову (Tsyganov, 1983). Характеристика экоморф растений приведена по А. Л. Бельгарду (Belgard, 1971) и В. В. Тарасову (Tarasov, 2005), Q-таблица представлена экоморфами почвенных животных по А. В. Жукову (Zhukov, 2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эдафические характеристики могут рассматриваться как детерминанты экологического пространства сообщества почвенной мезофауны (табл. 1).

Таблица 1

Детерминанты экологического пространства почвенной мезофауны

Параметры среды	Среднее	Доверительный интервал		CV, %	RLQ ось 1	RLQ ось 2
		– 95 %	+ 95 %			
1	2	3	4	5	6	7
<i>Структура почвы, фракции размером, %</i>						
> 10 мм	23,34	21,21	25,48	47,17	–0,13	0,14
7–10 мм	7,78	7,26	8,30	34,66	–0,44	–0,39
5–7 мм	8,48	7,73	9,24	46,00	–0,48	–0,46
3–5 мм	14,39	13,43	15,35	34,39	–0,40	–0,51
2–3 мм	13,15	12,27	14,02	34,44	–0,08	–0,13
1–2 мм	18,64	17,24	20,04	38,81	0,38	0,30
0,5–1 мм	4,16	3,73	4,59	53,78	0,25	0,08
0,25–0,5 мм	6,27	5,60	6,94	55,42	0,58	0,28
< 0,25 мм	3,65	3,18	4,11	65,88	0,49	0,32
<i>Твердость почвы на глубине, МПа</i>						
0–5 см	3,28	3,08	3,48	31,85	0,44	0,13
5–10 см	4,56	4,22	4,91	39,35	0,69	0,13
10–15 см	5,49	5,10	5,88	36,88	0,61	0,17
15–20 см	6,30	5,85	6,74	36,85	0,58	0,16
20–25 см	6,98	6,46	7,50	38,38	0,65	0,05
25–30 см	7,43	6,84	8,01	40,98	0,58	–0,01
30–35 см	7,86	7,23	8,49	41,45	0,55	0,00
35–40 см	8,11	7,41	8,80	44,20	0,52	0,01
40–45 см	8,36	7,61	9,11	46,42	0,51	0,02
45–50 см	8,56	7,75	9,37	48,77	0,44	0,13
<i>Физические свойства и содержание гумуса</i>						
Электропроводность, дСм/см	0,54	0,51	0,58	31,24	–0,31	0,00

1	2	3	4	5	6	7
Усадка, %	20,81	20,06	21,56	18,63	–0,71	–0,19
Гумус, %	0,73	0,69	0,77	29,29	–0,24	–0,23
Температура 03.05.12	23,63	22,87	24,39	4,18	0,38	0,50
– 20.06.12	32,86	31,28	34,43	6,22	0,01	0,00
– 19.10.12	15,00	14,72	15,28	2,43	0,07	–0,22
<i>Физиономические типы растительности</i>						
Type_1	0,05	0,03	0,08	58,85	0,22	–0,48
Type_2	0,28	0,25	0,31	15,01	0,27	–0,42
Type_3	0,15	0,11	0,20	38,86	–0,09	–0,70
Type_4	0,03	0,02	0,04	47,14	0,13	–0,06
Type_5	0,11	0,09	0,14	29,99	–0,40	–0,12
Type_6	0,37	0,33	0,40	13,13	–0,04	0,74
<i>Фитоиндикационные оценки по Цыганову</i>						
Tm	8,99	8,90	9,09	1,35	0,45	0,53
Kn	9,07	8,99	9,15	1,12	0,13	–0,11
Om	7,17	7,09	7,25	1,44	–0,26	–0,40
Cr	8,70	8,63	8,77	1,03	0,55	0,39
Hd	8,37	8,24	8,50	2,00	0,45	0,47
Tr	8,81	8,57	9,06	3,64	–0,06	0,03
Nt	5,14	5,03	5,24	2,64	–0,31	0,31
Rc	8,55	8,48	8,62	1,09	–0,02	–0,28
Lc	2,35	2,25	2,45	5,40	0,35	0,44
<i>Экоморфы А. Л. Бельгарда</i>						
Hygr	2,43	2,36	2,50	3,77	0,59	0,38
Troph	2,43	2,30	2,55	6,60	–0,39	–0,57
St	0,68	0,65	0,70	4,69	0,20	–0,58
Pr	0,13	0,08	0,19	51,27	–0,11	0,57
Hel	2,43	2,36	2,50	3,77	0,65	0,15

Пространственная изменчивость агрегатного состава – важный индикатор качества почв и интенсивности процесса рекультивации (Vолох, Uzbek, 2010). Анализ полученных данных показывает, что преобладающей фракцией являются агрегаты размером > 10 мм (23,34 %). Несколько уступают по относительной доле фракции 1–2 мм (18,64 %), 3–5 мм (14,49 %) и 2–3 мм (13,15 %). Прочие фракции характеризуются участием в агрегатной структуре на уровне 8,48–3,65 %.

Твердость – мера механической проницаемости почв (Medvedev, 2009). Это свойство формируется под воздействием факторов почвообразования. На рекультивированных землях, которые созданы в результате трансформации природных ландшафтов при добыче полезных ископаемых открытым способом, процессы почвообразования характеризуются значительной пространственной неоднородностью (Shevmanev et al., 2005; Zadorozhnaya, 2012). Среднее значение твердости закономерно увеличивается с глубиной. В верхнем 5-тисантиметровом слое твердость находится на уровне 3,28 МПа и увеличивается до 5,46 МПа на глубине 10–15 см. По литературным данным (Bathke et al., 1992) рост корней растений прекращается при сопротивлении 0,8–5 МПа. Показания пенетromетра

выше 5 МПа свидетельствует об уплотненной почве, которая противодействует росту корней (Faechner et al., 1999). Начиная с глубины 15 см до нижнего предела измерения твердость постепенно увеличивается от 6,30 до 8,56 МПа.

Электропроводность почвы – способность почвы проводить электрический ток. Зависит от влажности, фазового состояния влаги, содержания солей, температуры, плотности, гранулометрического состава почвы (Zhukov et al., 2012). Зафиксировано, что среднее значение электропроводности составляет 0,54 дСм/см (95 % доверительный интервал – 0,51–0,58 дСм/см).

Усадка почв – процесс, при котором объем почвы уменьшается при ее высыхании и дегидратации. Чем выше уровень усадки, тем больше глинистой фракции в механическом составе почвы (Shein, 2005). Установлено, что уровень усадки исследуемого типа технозема составляет 20,81 % (95 % доверительный интервал – 20,06–21,56 %).

Техноземы характеризуются большой гетерогенностью, изменчивыми физико-химическими свойствами и незначительным содержанием элементов питания, особенно азота (Uzbek, Galagan, 2004). Установлено, что дерново-литогенные почвы на красно-бурых глинах характеризуются содержанием гумуса 0,73 % (95 % доверительный интервал – 0,69–0,77 %).

Температура относится к числу важнейших климатических факторов. От нее зависит уровень и интенсивность обмена веществ и других биохимических и физиологических процессов в почве. Средняя температура слоя 5–7 см дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах 3 мая 2012 г. составляла 23,36°C (95 % доверительный интервал – 22,87–24,39 °C). Средняя температура 20 июня 2012 г. равнялась 32,86°C (95 % доверительный интервал – 22,87–23,39 °C), а 19 октября 2012 – 15,00°C (95 % доверительный интервал – 14,72–15,28 °C).

Доступность и гетерогенность ресурсов оказывают влияние на состав и структуру растительного сообщества (Tilman, 1984, 1987; Bondar, Zhukov, 2011). В свою очередь, пространственная изменчивость почвенных ресурсов находится в зависимости от обилия и состава растительного сообщества (Milchunas, Lauenroth 1995; Vinton, Burke 1995). В процессе рекультивации земель, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых, растительность выступает в качестве важного почвообразующего фактора (Shevmanev et al., 2005).

По фитоиндикационным шкалам термоклимат исследуемого экотопа неморальный, континентальность – материковая; омброклимат – субаридный ($P-E = -154,6$ мм/год, P – осадки мм/год, E – испарение мм/год); криоклимат – умеренных зим/мягких зим; влажность – среднестепной тип, экологическая группа – свежестепная; режим общего засоления и трофности почв – довольно богатые почвы; азотное питание – бедные азотом почвы; кислотность почвы – слабокислые/нейтральные почвы; световой режим – открытых/полукрытых пространств.

Экоморфический анализ растительности в ценоморфическом аспекте характеризуется превалированием степантов (68 %). Экологический оптимум гигроморф (по Матвееву, 2003) составляет 2,43 – влажноватый тип режима, трофоморф – также 2,43 и соответствует среднеплодородным почвам, и гелиоморф – 2,43, что показывает на полутеневой тип режима.

Результаты анализа RLQ представлены в таблице 1 и на рис. 1. Установлено, что 94,88 % общей вариации (общей инерции) описывают первых две оси RLQ (79,57 и 15,31 % соответственно). Процедура *randtest* подтвердила значимость результатов RLQ-анализа на p -уровне 0,01.

Оси RLQ – это интегральные оценки взаимосвязи между факторами окружающей среды (Kunah et al., 2013). В данном случае мы учитываем структуру, твердость, усадку, электропроводность и температуру почвы, содержание гумуса, а также структуру растительности с помощью физиономических типов, фитоиндикационной шкалы по Цыганову и экоморфической структуры по Бельгарду.

Используя 3 матрицы, первая из которых отображает точки отбора проб (пространственная компонента с учетом того, что координаты точек отбора фиксировались), вторая – расположение видов почвенной мезофауны, а третья – уровень значимости факторов среды и уровень значимости экоморфических характеристик мезофауны. Получили интегральную оценку взаимосвязи этих трех компонентов (рис. 1).

Факторы окружающей среды, которые структурируют сообщество, имеют сложную интегральную природу и отражаются через измеряемые характеристики. Комплексы связанных характеристик в многомерных техниках выделяются по различным критериям, так как число факторных решений бесконечно. Максимизация описываемой факторами дисперсии или корреляции являются целевыми критериями в многомерном факторном анализе и анализе главных компонент. Очевидно, что такой критерий имеет общий характер и не отражает специфики экологических задач. Критерием максимизации в RLQ-анализе является решение, которое наилучшим образом описывает связь между различными экологическими явлениями – средой, сообществом и его формальными экологическими свойствами (Kunakhet al., 2013).

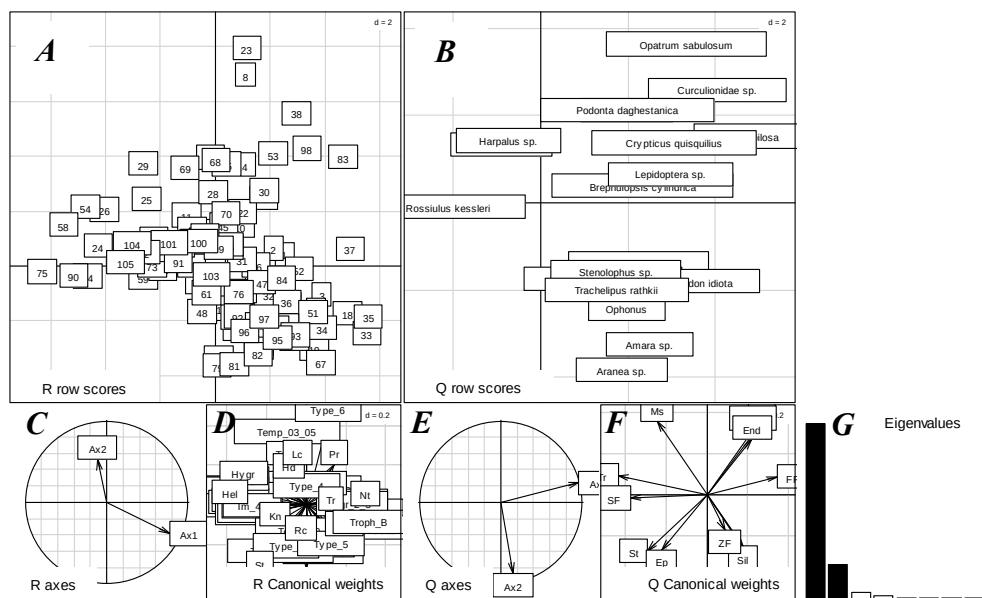


Рис. 1. Результаты анализа RLQ

Условные обозначения: ось абсцисс – RLQ-ось 1, ось ординат – RLQ-ось 2; **A** – веса точек отбора проб (*R*-матрица) по RLQ-осям; **B** – веса видов (*Q*-матрица) по RLQ-осям; **C** – корреляция главных компонент 1 и 2, полученных на основе факторного анализа переменных среды и RLQ-осей; **D** – корреляция переменных среды и RLQ-осей; **E** – корреляция главных компонент 1 и 2, полученных на основе факторного анализа экоморф и RLQ-осей; **F** – корреляция экоморф и RLQ-осей; **G** – гистограмма собственных чисел.

Ось 1, выделенная в результате RLQ-анализа, характеризуется высокой отрицательной корреляцией с содержанием в структуре почвы агрегатов размером 7–10 мм, 5–7 мм и 3–5 мм, а положительно коррелирует с наличием в структуре агрегатов размером 1–2 мм, 0,25–0,5 мм и < 0,25 мм. Также ось 1 сильно положительно коррелирует с твердостью почвы на всех глубинах. Невысокая отрицательная корреляция оси 1 наблюдается с электропроводностью, которая, возможно, в данном случае маркирует высокую минерализованность почвенного раствора. Зафиксирована высокая отрицательная корреляция с усадкой почвы,

которая свидетельствует о преобладании глинистой фракции в механическом составе исследованной почвы. Корреляция с содержанием гумуса слабо выражена, что можно объяснить низким уровнем его содержания и поэтому невозможности в большой степени влиять на распределение почвенных животных. Отмечено, что ось 1 коррелирует лишь с температурой, измеренной 03.05.2012 г., в момент проведения сбора почвенно-зоологических проб. Корреляция с физиономическими типами растительности показывает положительное влияние проективного покрытия живых растений, и отрицательная – с проективным покрытием мортмассы. Отмечена корреляция некоторых оценок фитоиндикационных шкал по Цыганову – положительная с термоклиматом, криоклиматом, влажностью, световым режимом и отрицательная с азотным питанием.

Ось 2 находится в тесной взаимосвязи со следующими размерами агрегатов: отрицательной – 7–10 мм, 5–7 мм, 3–5 мм, и положительно 1 – 1–2 мм, 0,25–0,5 мм, < 0,25 мм. Также положительно коррелирует с температурой почвы 03.05.2012. Корреляция с физиономическими типами растительности отражает положительное влияние отсутствия проективного покрытия.

Совместное измерение эдафических и растительных характеристик и особенностей структуры животного населения позволили оценить свойства экологической ниши почвенной мезофауны (табл. 2).

Таблица 2

Анализ маргинальности видов сообщества мезофауны

Виды	Сокращение	Инерция	ОМІ	Tol	Rtol	omi	tol	rtol	p-уровень
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Amara aenea</i>	Amara.sp.	57,59	13,75	6,15	37,69	23,90	10,70	65,50	0.02
<i>Anoxia pilosa</i>	Anoxia.pilosa	51,99	8,50	6,06	37,44	16,30	11,60	72,00	0.19
<i>Aranea sp. sp.</i>	Aranea.sp.	41,04	3,67	5,78	31,59	9,00	14,10	77,00	0.01
<i>Brephulopsis cylindrica</i>	Brephulopsis cylindrical	43,96	0,38	4,23	39,35	0,90	9,60	89,50	0.13
<i>Chondrula tridens</i>	Chondrula.tridens	42,27	0,24	4,11	37,92	0,60	9,70	89,70	0.26
<i>Crypticus quisquilius</i>	Crypticus. quisquilius	38,75	9,53	1,23	27,99	24,60	3,20	72,20	0.08
<i>Cryptops anomalans + parisi</i>	Scolopendra	40,36	6,58	1,89	31,89	16,30	4,70	79,00	0.14
<i>Curculionidae sp.</i>	Curculionidae.sp.	46,61	14,15	2,97	29,49	30,40	6,40	63,30	0.02
<i>Harpalus sp.</i>	Harpalus.sp.	37,23	4,48	3,65	29,10	12,00	9,80	78,20	0.02
<i>Lepidoptera sp.</i>	Lepidoptera.sp.	31,43	6,14	0,94	24,35	19,50	3,00	77,50	0.40
<i>Monacha cartusiana</i>	Monacha cartusiana	44,51	0,63	6,47	37,41	1,40	14,50	84,00	0.03
<i>Oodescelis melas + polita</i>	Oodescelis	37,40	7,96	1,05	28,39	21,30	2,80	75,90	0.15
<i>Opatrum sabulosum</i>	Opatrum sabulosum	48,82	1,17	6,80	40,84	2,40	13,90	83,70	0.01
<i>Ophonus puncticollis + rufibarbis</i>	Ophonus	41,89	9,61	1,04	31,23	23,00	2,50	74,60	0.06
<i>Pentodon idiota</i>	Pentodon idiota	36,73	23,42	2,37	10,94	63,80	6,50	29,80	0.09
<i>Podonta daghestanica</i>	Podonta daghestanica	36,59	3,29	1,94	31,36	9,00	5,30	85,70	0.63

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Rossiulus kessleri</i>	<i>Rossiulus.kessleri</i>	42,43	1,73	6,23	34,47	4,10	14,70	81,20	0.01
<i>Stenolophus sp.</i>	<i>Stenolophus.sp.</i>	41,01	5,82	0,65	34,55	14,20	1,60	84,20	0.42
<i>Trachelipus rathkii</i>	<i>Trachelipus.rathkii</i>	38,87	6,16	3,07	29,64	15,80	7,90	76,30	0.01
<i>Amara aenea</i>	<i>Amara.sp.</i>	57,59	13,75	6,15	37,69	23,90	10,70	65,50	0.02
ОМІ		–	6,69	–	–	–	–	–	0,01

Условные обозначения: ОМІ – индекс средней удаленности (маргинальности) для каждого вида; Tol – толерантность, Rtol – остаточная толерантность; курсивом представлены данные индексов в % от суммарной вариабельности; *p*-уровень по методу Монте-Карло после 25 итераций.

Общая инерция, которая может быть вычислена в результате ОМІ-анализа, пропорциональна средней маргинальности видов сообщества и представляет собой количественную оценку влияния факторов окружающей среды на сепарацию видов (Kunah et al., 2013). Маргинальность – это степень смещения центроида экологической ниши вида от типичных условий представленного полигона.

В результате проведенного анализа установлено, что общая инерция составляет 2,33. Первая ось, полученная в результате ОМІ-анализа, описывает 47,01 %, а вторая – 19,30 % инерции. Таким образом, первые две оси описывают 66,31 % инерции, что вполне достаточно, для того, чтобы описание дифференциации экологических ниш мезофауны на изучаемом полигоне проводить в пространстве первых двух осей. Для среднего значения маргинальности сообщества (ОМІ = 6,69) уровень значимости составляет $p = 0,01$, что свидетельствует о важной роли выбранных переменных среды для структурирования сообщества почвенной мезофауны.

Маргинальность, которая статистически достоверно отличается от случайной альтернативы, характерна для 4 видов из 20, для которых проведен ОМІ-анализ. Таким образом, для большинства видов изучаемого полигона типичные эдафические условия совпадают с центроидом их экологической ниши.

Конфигурация экологических ниш представлена на рисунке 2.

RLQ-анализ позволяет классифицировать животных по характеру их экологической структуры и связи с факторами окружающей среды. Кластерный анализ позволил выделить три комплекса видов, которые формируют функциональные группы А, В и С (рис. 3).

Расположение этих функциональных групп в пространстве RLQ осей представлено на рис. 4.

Функциональная группа А включает в себя мезофильных степантов (*Aranea sp.*, *Amara sp.*), ксерофильных степантов (*Ophonus puncticollis*, *Ophonus rufibarbis*, *Stenolophus sp.*, *Pentodon idiota*, *Chondrula tridens*, *Monacha cartusiana*, *Lepidoptera sp.*) и мезофильных сальвантов (*Trachelipus rathkii*, *Amara aenea*). Данная функциональная группа чувствительна к вертикальной дифференциации почвенного профиля (маркер – ось 2). Для трофоценоморфической структуры характерно преобладание мегаценоотрофоморф, для трофоморфической – фитофагов, и топоморфической – эндогейных форм.

Функциональная группа С в большинстве представлена ксерофильными стерантами (*Cryptops parisi*, *Cryptops anomalans*, *Rossiulus kessleri*, *Harpalus griseus*), мезофильными степантами (*Harpalus latus*, *Harpalus rufipes*). Эта группа в аспекте трофоценоморф состоит преимущественно из мезоценоотрофных форм, а с точки зрения трофоморф – сапрофагов. Основной облик сообщества определяется осью 1.

Третья функциональная группа В состоит из ксерофильных степантов (*Anoxia pilosa*, *Crypticus quisquilius*, *Oodescelis melas*, *Oodescelis polita*, *Opatrum sabulosum*,

Podonta daghestanica) и мезофильными степантами (*Brephulopsis cylindrica*). Группа С чувствительна к вертикальной дифференциации почвенного профиля (маркер – ось 2) и характеризуется превалированием ультрамегаценотрофоморф в структуре ценотрофоморф и зоофагов в структуре трофоморф.

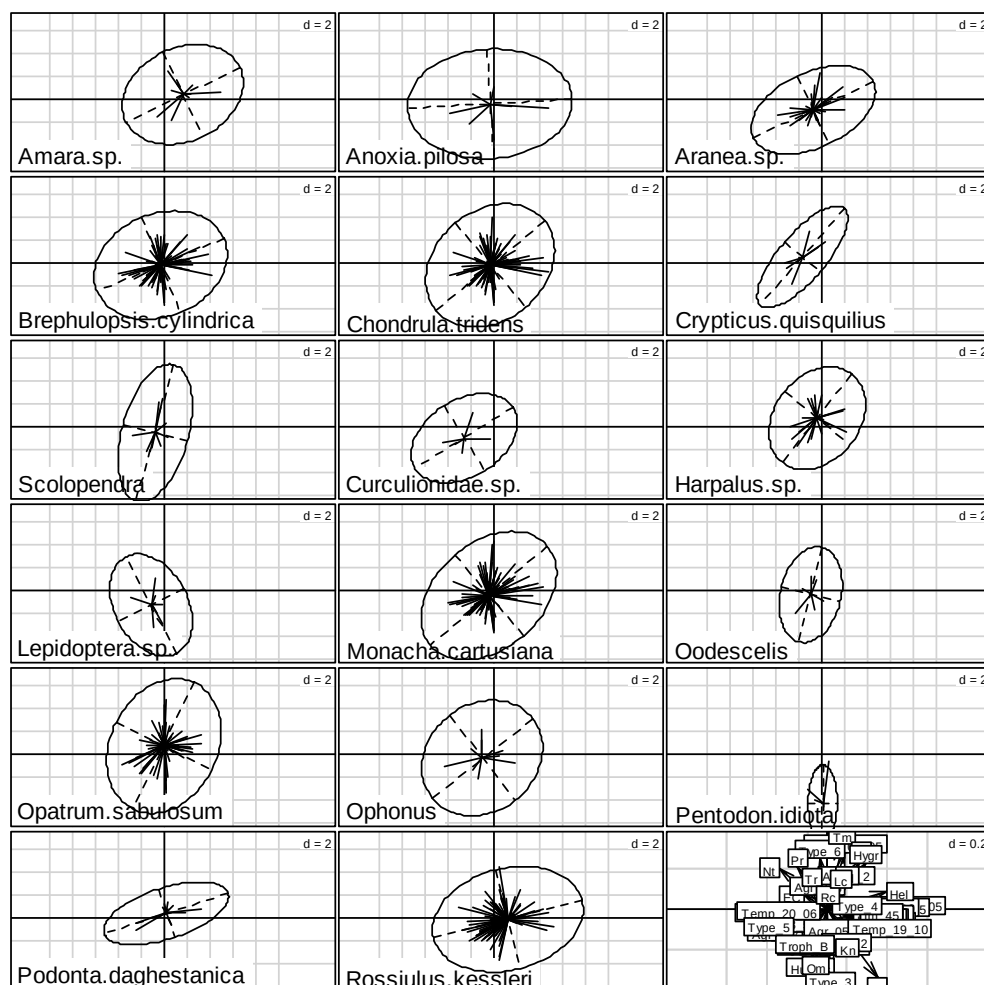


Рис. 2. Экологические ниши видов почвенной мезофауны.

Условные обозначения: Координатные оси заданы компонентами маргинальности; начало координат – нулевая маргинальность. Эллипс обозначает инерцию экологической ниши. Лучи связывают центроид экологической ниши с сайтами встречи вида в пространстве маргинальности сообщества. В правом нижнем углу – нормированные веса экологических переменных; сокращение названия видов – см. табл. 2.

Экологическая специализация – приспособление организма или группы организмов к узким условиям существования. Экологическая специализация в контексте конкретных условий принимает форму функциональных группировок. Экоморфический анализ структуры животного населения позволяет установить природу полученных функциональных групп с точки зрения условий данного биотопа (рис. 5).

Важным инструментом описания экологической структуры животного населения является её отображение в географическом пространстве.

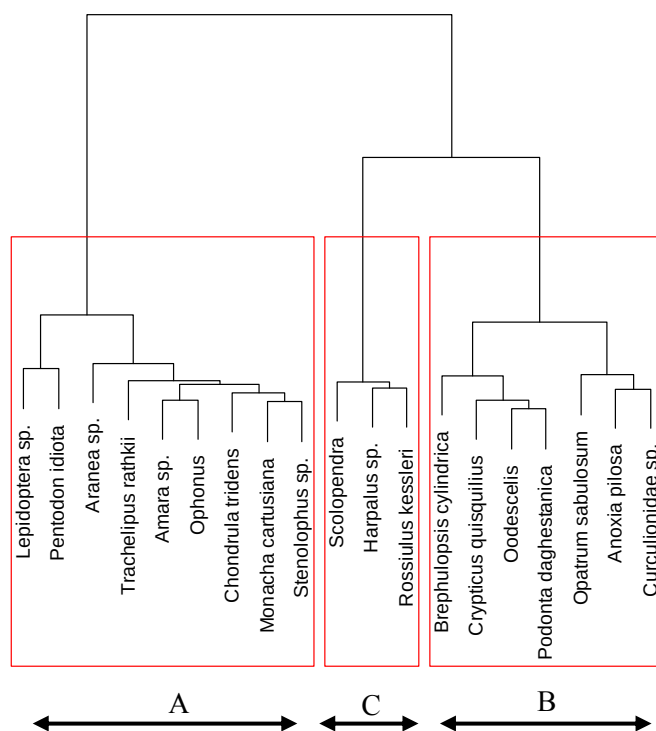


Рис. 3. Кластерный анализ структуры животного населения мезопедобонтов

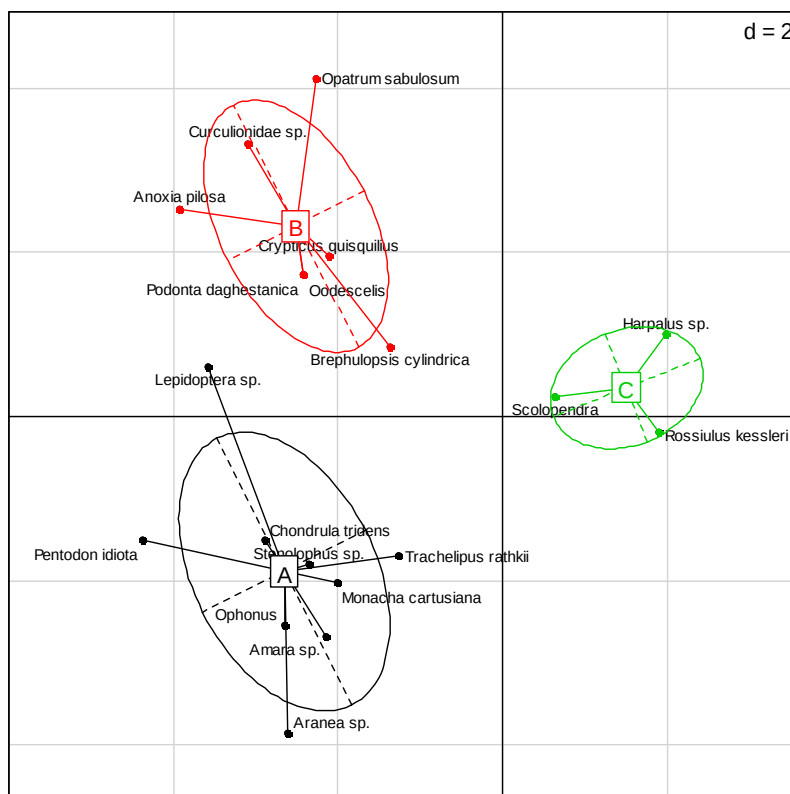


Рис. 4. Расположение функциональных групп в пространстве RLQ-осей

На рисунке 5 показано относительно независимые тренды пространственной изменчивости животного населения дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах. На рисунке 5 (А) представлено пространственное распределение значений RLQ-оси 1: на карте четко выделяются области овальной формы размером 3-4 м в диаметре, в пределах которых плотность представителей функциональной группы С максимальна. Указанные области разделены участками с закономерно высоким обилием функциональных групп А и В. На рисунке 5 (В) продемонстрировано пространственное распределение почвенных животных относительно оси 2. Области высоких значений показывают высокое обилие представителей функциональной группы В, низких – функциональной группы А. Группа С относительно толерантна к оси 2.

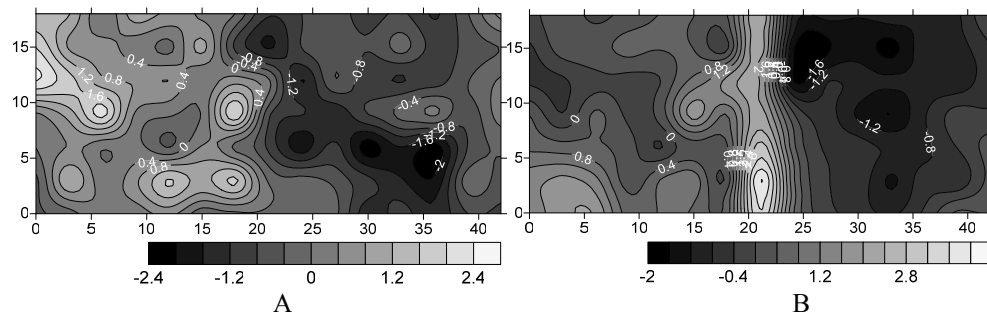


Рис. 5. Пространственная изменчивость RLQ-осей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экологическая ниша является ключевым понятием теоретической экологии. Однако для его использования возникают методические трудности, которые могут быть решены с помощью ряда статистических техник, к числу которых относится ОМІ-анализ. Эта процедура дала возможность визуализировать экологическую нишу сообщества почвенных животных дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах. Явление дифференциации экологической ниши требует объяснения структурирования экологического пространства и выявления ключевых факторов, которые оказывают влияние на облик сообществ мезопедобионтов. Важной задачей также является оценить роль экологической специализации животных, выраженной в терминах экоморфической структуры. Применение RLQ-анализа позволило количественно оценить влияние особенностей растительного покрова и эдафических факторов на пространственное распределение почвенной мезофауны.

Изученный полигон характеризуется как наличием участков с оптимальными условиями для жизнедеятельности, так и с неблагоприятными. Установлено, что для мезопедобионтов изученный полигон не является однородным по действующим почвенным режимам.

Функциональные группы А и В мезофауны представлены в большинстве своем собственно почвенными животными – личинками жесткокрылых. Облик данных групп, которые достаточно разнообразны в экологическом плане и характеризуются высокой плотностью животного населения, определяется осью 1. Эти группы населяют участки, 3–4 м в диаметре, с наиболее благоприятными условиями для жизнедеятельности. Такие участки не являются типичными для данного полигона. Функциональная группа С представлена животными-герпетобионтами, которые способны к миграциям и относительно толерантны к эдафическим факторам. Поэтому центроид данной группы наиболее близко расположен к типичным условиям данного полигона.

Рассмотренные в работе показатели почвы как среды обитания живых организмов позволяют оценить экологическую нишу сообщества. Установлены количественные характеристики экологических ниш видов, отмеченных на исследуемом полигоне, – маргинальности и специализации. Впервые для характеристики экологических ниш почвенных животных использованы фитоиндикационные шкалы и экоморфический анализ структуры растительного сообщества, а также физиономические типы растительности.

Выделение функциональных групп почвенных животных и наложение на них экоморфических характеристик, показывает высокую информационную ценность и соответствие индикационных шкал для описания реально существующих типов режимов в экосистемах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Andrusevych, E. V., Lagunina, V. G., 2013.** Harakteristika usadki dernovo-litogennyih pochv n a lessah po profilyu [The shrink characteristic of the sod-lithogenic soil on the loess loam in the profile]. Materials of the International Scientific Conference, Donetsk. 101–103 (in Russian).
- Bathke, G. R., Cassel, D. K., Hargrove, W. L., Porter, P. M., 1992.** Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat. *Soil Science*. 154, 316–328.
- Belgard, A. L., 1971.** Stepnoe lesovedenie [Steppe forestry]. *Lesnaya promyshlennost*, Moscow (in Russian).
- Bondar, G. A., Zhukov, A. V., 2011.** Ekologicheskaya struktura rastitelnogo pokrova, sformirovannogo v rezultate samozarastaniya dernovo-litogennyih pochv na lessovidnyih suglinkah [Ecological structure of vegetation, formed as a result of self-overgrowing sod-lithogenic soil on loess loam]. *Bulletin of the Dnepropetrovsk State Agrarian University*. 54–62 (in Russian).
- Buligin, S. Yu., Oprishko, O. O., Gaybura, N. A., Bidolakh, D. I., 2005.** Vznachennya umistu gumusu v grunti nekontaktnimi metodami [Determination of the contents of humus in the soil non-contact methods]. *Journal of Agricultural Science*. 34–37 (in Ukrainian).
- Demidov, A. A., Kobets, A. S., Gritsan, Yu. I., Zhukov, A. V., 2013.** Prostranstvennaya agroekologiya i rekultivatsiya zemel [Spatial agroecology and reclamation]. *Svidler A. L., Dnipropetrovsk* (in Russian).
- Dospekhov, B. A., 1979.** Metodika opyitnogo dela [Methodology of experimental work]. *Kolos*, Moscow, (in Russian).
- Dray, S., Legendre, P., Peres-Neto, P., 2006.** Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbours matrices (PCNM). *Ecological Modelling*. 196, 483–493.
- Faechner, T., Pyrcz, M. J., Deutsch, C. V., 2000.** Prediction of Yield Response to Soil Remediation. *Geoderma*. 97, 21–38.
- Gilyarov, M.S., 1965.** Zoologicheskii metod diagnostiki pochv [Zoological method of diagnosis of soil]. *Moscow, Nauka* (in Russian).
- Hall, L., Krausman, P., Morrison, M., 1997.** The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*. 25, 173–182.
- Hutchinson, G. E., 1957.** Concluding remarks. *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*. 22, 415–427.
- Kunakh, O. N., Kolyada, V. V., 2010.** Otobrazhenie tehnozemov v geograficheskom i ekologicheskom prostranstvah [Displaying of the tehnozem in the geographical and ecological space]. *Bulletin of the Dnepropetrovsk State Agrarian University*. 56–60 (in Russian).
- Kunakh, O. N., Zhukov, A. V., Balyuk, Yu. A., 2013.** Prostranstvennaya organizatsiya soobschestva pochvennyih mezopedobiontov v usloviyah rekreatsionnoy nagruzki v lesoparkovom nasazhdenii [Spatial organization of soil mesopedobionts under load recreational park plantations]. *Biological Bulletin of The Melitopol State Pedagogical University*. 274–286 (in Russian).
- Matveyev, N. M., 2003.** Optimizatsiya sistemyi ekomorf rasteniy A. L. Belgarda v tselyah fitoindikatsii ekotopa i biotopa [The System Optimization of the A. L. Belgard's ecomorphs of plants in order phytoindication ecotope and habitat]. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*. 105–113 (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2009.** Tverdost pochvyi [The soil hardness]. *Gorodskaya tipografiya, Kharkiv* (in Russian).
- Milchunas, D. G., Lauenroth, W. K., 1995.** Inertia in plant community structure: state changes after cessation of nutrient-enrichment stress. *Ecological Applications*. 5, 452–458.
- Pennisi, B. V., M. van Iersel, 2002.** 3 ways

to measure medium EC. *GMP*. 22(1), 46–48.

Samsonova, V. P., 2008. Prostranstvennaya izmenchivost pochvennykh svoystv: Na primere dernovo-podzolistykh pochv [Spatial variability of soil properties: the example of sod-podzolic soils]. Izdatelstvo LKI, Moscow. (in Russian).

Shein, Ye. V., 2005. Kurs fiziki pochv [Rates of soil physics]. Izdatelstvo Moskovskogo Universiteta, Moscow (in Russian).

Shemavnev, V. I., Gordiyenko, N. A., Dyrda, V. I., Zabaluyev, V. A., 2005. Ustoychivoe razvitie slozhnykh ekotekhnosistem [Sustainable development of the complex ekotekhnosystems]. Avantazh, Dnipropetrovsk (in Russian).

Tarasov, V. V., 2005. Flora Dnipropetrovskoyi ta Zaporizkoyi oblastey. Sudinns roslini. Biologoekologichna charakteristika vidiv [Flora of Dnipropetrovsk and Zaporizhzhya regions. Vascular plants. Biologoekological characteristic species]. Vidavnistvo DNU, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).

Tilman, D., 1984. Plant dominance along an experimental nutrient gradient. *Ecology*. 65, 1445–1453.

Tilman, D., 1987. Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecological Monographs*. 57, 189–214.

Tsyganov, D. N., 1983. Fitoindikatsiya ekologicheskikh faktorov v podzone hvoynno-shirokolistvennykh lesiv [Phytoindication environmental factors in the subzone of mixed coniferous-deciduous forests]. Nauka, Moscow (in Russian).

Uzbek, I. Kh., Galagan, T. I., 2004. Fiziko-himichni vlastivosti edafotopiv tehnogennih landshaftiv i yih ekologo-ekonomichne

znachennya [Physical and chemical properties of the edafotops of techogenic landscapes and their ecological and economic importance]. *Eurasian Soil Science*. 102–106 (in Ukrainian).

Verhagen, A., Booltink, H. W. G., Bouma, J., 1995. Site-specific management: Balancing production and environmental requirements at farm level. *Agric. Syst.* 49, 369–384.

Vinton, M. A., Burke, I. C., 1995. Interactions between individual plant species and soil nutrient status in short-grass steppe. *Ecology*. 76, 1116–1133.

Volokh, P. V., Uzbek, I. Kh., 2010. Suchasniy Gruntogenez na rekultivovanih ltozemah zoni stepu Ukrayini [Modern forming process on reclaimed soils in the Steppe Zone of Ukraine]. *Bulletin of the Dnepropetrovsk State Agrarian University*. 39–47 (in Ukrainian).

Zadorozhnaya, G. A., 2012. Prostorova organizatsiya dernovo-ltozennih gruntiv na siro-zelenih glinah [Spatial variability of hardness of the sod-lithogenic soils on the gray-green clay]. *Biological Bulletin of The Melitopol State Pedagogical University*. 48–57 (in Ukrainian).

Zhukov, A. V., Zadorozhnaya G. A., Andrushevich Ye. V., 2012. Optimalnaya strategiya otbora pochvennykh obraztsiv na osnovanii daniy ob elektricheskoy provodimosti tehozemov [The optimal strategy for soil sampling on the basis of data on the electrical conductivity of tehozem]. *Biological Bulletin of The Melitopol State Pedagogical University*. 64–80 (in Russian).

Zhukov, O. V., 2009. Ekomorfichnyi analiz konsortsiy gruntovih tvarin [Ekomorphical analysis of the soil animals consortium]. Svidler A. L., Dnipropetrovsk (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 28.03.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. О. В. Мацюра

TO AUTHORS' ATTENTION !

When preparing the article for sending to the editorial board, stick to the following rules:

1. Send at the address of the editorial board two printed copies of the article, at the e-mail address – electronic version.

The article should be checked carefully, signed by all authors and attended with written reference, signed by Doctor of Sciences of appropriate specialization and expert conclusion about the possibility of open publication of the article.

The size of the article is 10 pages of typescript at the most (one page in the journal format contains about 4500 signs, including the spaces).

The size of the illustrations and tables should be 30 % of the article size at the most.

All text materials should be given in 1,5 intervals. From each edge of the page 2 cm. should be left, shrift – Times New Roman 12 points, indention – 0,8 cm.

When setting the type it is necessary to distinguish between hyphen and dash and to use double angle brackets.

It is obligatory to set a space between initials and a surname. Text materials should be made in the text editor MS Word 2003, 2007, as a text in RTF format (*.rtf) or a document Word (*.doc).

Mathematical formulae and equations should be made in equation editor Microsoft Equation, chemical – in the editor ISIS Draw.

3. Use the units of International Measurement System.

4. The structure of the article:

- UDC index in the upper left corner of the page;
- initials and surnames of all authors (it is desirable 4 persons at the most);
- the name and the address of the organization in which the research was conducted (in Ukrainian, Russian and English), e-mail address, telephone number for hot link with the author;
- the title of the article in Ukrainian, Russian and English, which briefly informs about the substance of it and content 13 words at the most;
- the annotation is expanded in English (400-450 words), it should contain the information about the aim, methods, data, scientific novelty, practical importance, key words (6 – 8 words); the annotation is reduced in Ukrainian and Russian, where the results, main conclusions and key words (6 – 8 words) are given;
- the body text of the article should content the following parts: Introduction; Data and methods of the research; Results and their discussion; Conclusions; References.

Tables should be numerated according to their mentioning in the text. Give a brief title at the top of each table. Statistical and other detailed information is given as a note below. Table data should be made in the table editor MS Word 2003, 2007.

Number illustrations according to their discussion in the text. Point at the foot of the illustration its title. The illustrations in the article should have the separate electronic copy. Diagrams and graphic charts should be made in Microsoft Excel, Statistica program packages, schemes – in Visio program package. Save them in the format of these programs as separate files (e.g., petrov_ris1).

The best file formats for scanning the images are TIFF, JPEG, EMF. All elements of text in the images (graphic charts, diagrams, schemes) if it is possible should have a font Times New Roman or Times New Roman Cyr (in a particular instance Courier). Keep each image in a separate object. The images after scanning when printing should be clear, as well as original one.

- gratitude as appropriate is given in the end of the article before the list of references;
- list of used literature. References to literature should be given in the semicircular brackets with the name of quoted author (or the title of the source if there are more than three authors) and the publication date. In the list of the references each Ukrainian-language and Russian-language source should be given in the original language firstly, than translated in English.
- who (from editorial board) recommends the article for publication.

5. Separately the electronic data about the authors which content the information about the surname, name and middle name in full, academic degree, academic rank, workplace (full and abbreviated name of organization), post, town, country, contact phone number and e-mail are given in Ukrainian, Russian and English.

6. Working at the revision an author should take into account all the notes, retype and send all the materials to the address of the colleague of editors up to the date, noted by an editor. Articles that come after the revision later than in 3 months will be considered as new ones.

Sent materials are not returned back. The editorial board preserves a right to correct and abridge the text or send the script back for revision in the case of nonobservance of the above rules.

Authors take the responsibility for the content of the materials.

ДО УВАГИ АВТОРІВ !

При оформленні статті до надсилання в редакцію просимо дотримуватися таких правил:

1. Надіслати на адресу редакційної колегії два роздрукованих екземпляри статті, на електронну адресу – електронну версію.

Стаття має бути ретельно перевірена, підписана всіма авторами і супроводжуватися письмовою рекомендацією, підписаною доктором наук відповідного профілю та експертним висновком про можливість відкритої публікації поданої статті.

Обсяг статті – не більше 10 сторінок машинопису (одна сторінка у форматі журналу містить до 4500 знаків, включаючи пропуски).

Обсяг ілюстрацій і таблиць не повинен перевищувати 30 % обсягу статті.

2. Усі текстові матеріали роздрукувати через 1,5 інтервала, залишаючи з кожного краю сторінки відступи 2 см, шрифт – Times New Roman 12 пунктів, абзацний відступ – 0,8 см. При наборі статті необхідно розрізняти дефіс і тире, а також застосовувати поліграфічні «ялинки». Між ініціалами та прізвищем обов'язково залишати пропуск. Текстові матеріали підготувати в редакторі MS Word 2003, 2007 як текст у форматі RTF (*.rtf) або документ Word (*.doc). Математичні формули і рівняння готуйте в редакторі рівнянь Microsoft Equation, а хімічні – у редакторі ISIS Draw.

3. Використовуйте одиниці Міжнародної системи вимірювань.

4. Структура статті:

- індекс УДК у верхньому лівому куті сторінки;
- ініціали та прізвища усіх авторів (бажано не більше 4 особи);
- назва і адреса організації, у якій виконувалися дослідження, подати українською, російською та англійською мовами, а також указати *e-mail*, телефон для оперативного зв'язку з автором;
- назва статті українською, російською та англійською мовами, яка повинна коротко інформувати про її зміст і містити не більше 13 слів;
- анотація: розширена – англійською мовою (400–450 слів), повинна містити інформацію про мету, методику, результати, наукову новизну, практичну значимість, ключові слова (6–8 слів); скорочені – українською та російською мовами, в яких коротко описують результати і головні висновки проведених досліджень, ключові слова (6–8 слів);
- основний текст статті повинен містити такі розділи: Вступ; Матеріали та методи досліджень; Результати та їх обговорення; Висновки; Список використаної літератури.

Таблиці повинні бути пронумеровані відповідно до змісту статті. Дати назву до кожної таблиці. Статистична та інша деталізація наводяться під таблицею. Табличні матеріали підготувати у табличному редакторі Word 2003, 2007.

Рисунки нумерують у порядку їх обговорення в тексті. Унизу рисунка указати його назву. Рисунки до статті повинні мати окрему копію в електронному вигляді. Діаграми та графіки слід виконувати у пакетах Excel, Statistica, схеми – у пакеті Visio та зберігати у форматах цих програм окремими файлами (наприклад, petrov_ris1). Найкращими для сканованих зображень є формати файлів TIFF, JPEG, EMF. Усі елементи тексту у зображеннях (графіках, діаграмах, схемах), якщо це можливо, повинні мати гарнітуру Times New Roman або Times New Roman Cyr (в окремих випадках Courier). Кожне зображення зберігайте в окремому об'єкті. Зображення після сканування при роздрукуванні повинно бути чітким, не гіршим за чіткість основного тексту.

- подяки при необхідності подаються наприкінці статті перед списком використаної літератури;
- список використаної літератури. Посилання на літературні джерела слід подавати в напівкруглих дужках із зазначенням прізвища цитованого автора (або назви джерела, якщо авторів більш ніж три) та року видання. У списку використаних джерел кожне україномовне чи російське

комовне джерело слід подавати спочатку мовою оригіналу, а потім у перекладі, англійською мовою;

- ким з членів редакційної колегії рекомендовано статтю до публікації.

5. Окремо подаються відомості про авторів в електронному вигляді, які містять інформацію про прізвище, ім'я та по батькові повністю, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи (повна та скорочена назва організації), посада, місто, країна, контактні телефони та електронна пошта) українською, російською та англійською мовами.

6. При поверненні статті на доопрацювання автор зобов'язаний урахувати всі зауваження редактора і надіслати виправлені та передруковані матеріали на адресу редакційної колегії в указаний термін. Статті, повернуті після доопрацювання пізніше ніж через 3 місяці, розглядаються як нові надходження.

Подані матеріали не повертаються. Редакція зберігає за собою право виправляти та скорочувати текст, а також повертати рукопис на доопрацювання у разі недотримання наведених вище правил.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів несуть автори.

Науковий журнал

ҐРУНТОЗНАВСТВО
2014. Т. 15, № 1–2

Українською, російською та англійською мовами

Засновники:

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. О. ГОНЧАРА,
ТОВ «АГЕНТСТВО «ТЕЛЕПРЕСІНФОРМ»

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 5374 від 07.08.01 р.

Літературне редагування та коректура – К. О. Сухойван
Художньо-технічне оформлення та комп'ютерна верстка – В. А. Горбань

Підписано до друку 16.04.2014 р. Формат 70×108 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 14.
Замовлення № . Тираж 200 прим.
