

OLES HONCHAR DNIPROPETROVSK NATIONAL UNIVERSITY
(UKRAINE)

«TELEPRESINFORM» AGENCY (UKRAINE)
CORDOBA UNIVERSITY (SPAIN)
SCIENTIFIC COUNCIL FOR SOIL SCIENCE ISSUES
OF NAS OF UKRAINE (UKRAINE)

WITH THE ASSISTANCE OF:
DNIPROPETROVSK REGIONAL NATURAL CONVERSATION SOCIETY
RESEARCH AND TRAINING CENTER OF O. HONCHAR DNU –
A. L. BELGARD PRYSAMARYA BIOSPHERIC STATION

GRUNTOZNAVSTVO

SOIL SCIENCE

ґРҮНТОЗНАВСТВО

Vol. 14
no. 3–4 (23)

Scientific Journal
Founded in 2001

www.ussj.cv.ua

Kyiv – Dnipropetrovsk
2013

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; G. V. Dobrovolsky; 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; 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; G. V. Dobrovolsky; F. Gurbuz; N. R. Korpeyev; I. V. Kovda; E. Nevo; M. S. Rozanova; S. O. Shoba; Gu Siyu; S. Skiba; P. C. Srivastava.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **А. П. Травлєєв** (голов. редактор); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. М. Ресіо Есхејо** (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); акад. РАН, д-р біол. наук **Г. В. Добровольський** (Росія); д-р біол. наук **Н. В. Займенко**; 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. Цвєткова**; канд. фіз.-мат. наук **В. С. Чернишенко**; 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 Есхејо** (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); акад. РАН, д-р біол. наук **Г. В. Добровольський** (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 **E. Nevo** (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*

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:* ecologrunt@yahoo.com

© Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, 2013
© ТОВ «Агентство «Телепресінформ», 2013

TABLE OF CONTENTS

SOIL PHYSICS

<i>Medvedev V. V., Bihun O. M.</i> About optimum, admissible and inadmissible soil bulk density ploughed up	6
---	---

CHEMISTRY OF SOILS

<i>Degtyarev V. V., Panasenko O. S.</i> The qualitative composition of colloidal form of humus in waterproof structural aggregates Left-Bank typical chernozem Forest-Steppe of Ukraine	18
<i>Krohin S. V., Morgunova O. I.</i> Alkaline hydrolyzed nitrogen on virgin and agrogene soils of the forest-steppe and steppe regions of Ukraine	28
<i>Silich I. A.</i> The content of mobile forms of heavy metals in recreation edaphotops and industrial areas of Kryvorizhya	35

RECLAMATION OF DISTURBED SOILS

<i>Bunio L. V., Tsvilynjuk O. M., Karpyn O. L., Terek O. I.</i> Enzymatic activity of oil-contaminated soil in the root zone of <i>Carex hirta</i> L. plants	43
--	----

CLASSIFICATION AND EVALUATION OF SOILS

<i>Kacprzak A., Salamon P.</i> Properties and classification of soils developed from aeolian and flysch materials in the Wieliczka Foothills (Southern Poland)	52
<i>Smaga I. S.</i> Methodological foundations of soil estimation and its improvement	63

SOIL ZOOLOGY

<i>Kunah O. N., Zhukov A. V., Baljuk Ju. A.</i> The spatial organization of the urbanozem mesopedobi-onts	76
---	----

FOREST SOIL SCIENCE

<i>Maltsev Eu. I., Nehrulya D. M.</i> Algal flora of forest floor in plantings of park-monument landscape art «Forest Nursery»	98
--	----

REMOTE METHODS OF SOIL INVESTIGATION

<i>Chornyy S. G., Abramov D. O.</i> Determination of soil line parameters of Right-Bank Ukraine chernozems by means of «Landsat-7» spectral satellite images	106
--	-----

DISCUSSIONS

<i>Pol'chyna S. M., Nikorych V. A., Szymański W.</i> Proposals to improve designation system of Illuvial soil horizons	114
--	-----

REVIEWS

<i>Travleyev A. P., Gorban V. A.</i> Lisetskii F. N., Svetlitchnyi A. A., Chornyy S. G. Recent developments in erosion science. – Belgorod : Konstanta, 2012. – 456 p.	120
---	-----

<i>Ivashov A. V., Demidov A. A., Kobets A.S., Gritsan Yu. I., Zhukov A. V.</i> Spatial agroecology and land recultivation. – Dnipropetrovsk, 2013. – 560 p.	125
--	-----

TO THE AUTHORS' ATTENTION	130
--	-----

З М І С Т

ФІЗИКА ҐРУНТІВ

<i>Медведев В. В., Бигун О. Н.</i> Об оптимальной, допустимой и недопустимой плотности сложения распахиваемых почв	6
---	---

ХІМІЯ ҐРУНТІВ

<i>Дегтярьов В. В., Панасенко О. С.</i> Якісний склад колоїдних форм гумусу у водотривких структурних агрегатах чорнозему типового Лівобережного Лісостепу України	18
<i>Крохін С. В., Моргунова О. І.</i> Лужногідролізований азот в цілинних і агрогенних ґрунтах лісостепу і степу України	28
<i>Сіліч І. О.</i> Вміст рухомих форм важких металів в едафотобах рекреаційних та промислових зон Криворіжжя	35

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ҐРУНТІВ

<i>Буньо Л. В., Цвілинюк О. М., Карпин О. Л., Терек О. І.</i> Ферментативна активність нафтозабрудненого ґрунту в кореневій зоні рослин <i>Carex hirta</i> L.	43
---	----

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОЦІНКА ҐРУНТІВ

<i>Kasprzak A., Salamon P.</i> Properties and classification of soils developed from aeolian and flysch materials in the Wieliczka Foothills (Southern Poland)	52
<i>Смага І. С.</i> Методологічні основи бонітетної оцінки ґрунтів та їх удосконалення	63

ҐРУНТОВА ЗООЛОГІЯ

<i>Кунах О. Н., Жуков А. В., Балюк Ю. А.</i> Пространственная организация сообщества мезопедо-бионтов урботехнозема.....	76
---	----

ЛІСОВЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

<i>Мальцев Є. І., Негруля Д. М.</i> Альгофлора лісової підстилки насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Лісопитомник»	98
--	----

ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ

- Черный С. Г., Абрамов Д. А.* Определение параметров линии почв
черноземов Правобережной Украины с помощью спектральных
спутниковых снимков «Ландсат-7» 106

ДИСКУСІЇ

- Польчина С. М., Нікорич В. А., Шиманський В.* Пропозиції щодо удосконалення
системи індексації ілювіальних ґрунтових горизонтів 114

РЕЦЕНЗІЇ

- Травлев А. П., Горбань В. А.* Лисецкий Ф. Н. Современные проблемы
эрозиоведения / Ф. Н. Лисецкий, А. А. Светличный, С. Г. Черный. –
Белгород : Константа, 2012. – 456 с. 120
- Ивашов А. В.* Демидов А. А. Пространственная агроэкология
и рекультивация земель / А. А. Демидов, А. С. Кобец,
Ю. И. Грицан, А. В. Жуков. – Д., 2013. – 369 с. 125

- ДО УВАГИ АВТОРІВ** 131

PHYSICS OF SOILS



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

O. M. Bihun

UDK 631.43

*National Scientific Centre «O. N. Sokolovsky Institute
for Soil Science and Agrochemistry»,
Kharkov, Ukraine,
e-mail: vvmmedvedev@ukr.net*

ABOUT OPTIMUM, ADMISSIBLE AND INADMISSIBLE SOIL BULK DENSITY PLOUGHED UP

Abstract. On the basis of processing of soil properties database (all about 2000 sections), experimental field and laboratory modelling researches dynamics of bulk density soil ploughed up of Ukraine is described. Within the limits of scope of fluctuations key parameters of the most friable, modal (the most probable value), optimum (in relation to grain cultures), admissible (at which in soil is kept not less than 15 % of air) and inadmissible (at the critical contents of air less than 15 %, causing negative transformations in soil formation processes and development of roots), and also conditionally maximal (after 10 passes of heavy tractor T-150K) are installed.

The modal level of compaction is differentiated for all gradation of texture, that installs characteristic, equilibrium compaction inherent in the genetic status of soil. Between admissible and inadmissible levels form compaction, suitable for cultivation of agricultural crops and which should be maintained during their vegetation. For the majority of soil light texture of Polesye the bulk density should be in a range of 1,35–1,65 gr/cm³, loamy soils of Forest-Steppe and heavy loamy/light clay soils of Forest-Steppe and Steppe accordingly 1,10–1,35 and 1,15–1,40 gr/cm³.

The specified zonal parameters of compaction are recommended to be used as soil-saving specifications and to not suppose unduly friable and overcompacted condition. Measurements of soil penetration resistance by means of penetrometer with automatic record of results can be used for the control of soil bulk density in field conditions. Regions where soil tillage and a choice of machine-tractor units (MTU) should be carried out with extra care are revealed. It mainly soils of West-Forest-Steppe provinces and soils ploughed up of Predkarpatja and Zakarpatja, heavy loamy and light clay soils of east left-bank Forest-Steppe and Steppe, and also soils of Steppe Crimea.

To save soils from overcompaction is possible, not supposing on fields MTU with specific pressure of their running system above state standard, especially during the spring period, and also minimizing number of passes of technical equipment at cultivation of crops, or resorting to doubling their wheels.

Keywords: *optimum, modal equilibrium, admissible, inadmissible bulk density.*

© V. V. Medvedev, O. M. Bihun, 2013

УДК 631.43

В. В. Медведєв

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

О. М. Бігун

*Національний науковий центр «Інститут
грунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського»,
м. Харків, Україна,
e-mail: vvmedvedev@ukr.net*

ПРО ОПТИМАЛЬНУ, ПРИПУСТИМУ І НЕПРИПУСТИМУ ЩІЛЬНІСТЬ БУДОВИ ОРНИХ ҐРУНТІВ

На прикладі найпоширеніших зональних ґрунтів Полісся, Лісостепу й Степу розглянуто динаміку щільності будови орних ґрунтів. Установлено параметри, що відповідають максимально пухкому, модальному рівноважному, оптимальному (за вирощування зернових колосових культур), гранично припустимому й неприпустимому стану ущільнення. Використовуючи відомий критерій мінімального вмісту повітря в ґрунті, обґрунтовано величину ущільнення, що характеризує перехід від гранично припустимого до неприпустимого стану. Останні параметри рекомендується використовувати як нові ґрунтоохоронні нормативи. Дано перелік заходів, застосування яких усуває можливість формування в ґрунті неприпустимого рівня ущільнення.

Ключові слова: *оптимальна, модальна рівноважна, припустима, неприпустима щільність будови.*

УДК 631.43

В. В. Медведєв

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

О. Н. Бигун

*Національний науковий центр «Інститут
почвоєдіння і агрохімії ім. А. Н. Соколовського»,
г. Харків, Україна,
e-mail: vvmedvedev@ukr.net*

ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ, ДОПУСТИМОЙ И НЕДОПУСТИМОЙ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ РАСПАХИВАЕМЫХ ПОЧВ

На примере наиболее распространенных зональных почв Полесья, Лесостепи и Степи рассмотрена динамика плотности сложения распахиваемых почв. Установлены параметры, соответствующие максимально рыхлому, модальному, равновесному, оптимальному (при возделывании зерновых культур), предельно допустимому и недопустимому состоянию уплотнения. Используя известный критерий минимального содержания воздуха в почве, обоснована величина уплотнения, характеризующая переход от предельно допустимого к недопустимому состоянию. Последние параметры рекомендуется использовать в качестве новых почвоохранных нормативов. Дан перечень мер, применение которых устраняет возможность формирования в почве недопустимого уровня уплотнения.

Ключевые слова: *оптимальная, модальная равновесная, допустимая, недопустимая плотность сложения.*

ВВЕДЕНИЕ

Плотность сложения почвы – отношение массы почвы к ее объему с порами – важная агрофизическая характеристика почвы, которая широко используется, прежде всего, в сельскохозяйственной практике для обоснования интенсивности рыхления почвы либо минимализации обработки. Диапазон ее колебаний в почвах очень широк – от 0,15–0,20 г/см³ в торфяной почве до 1,98 г/см³ в иллювиальном горизонте подзолисто-глеевой почвы либо даже до 2,04 г/см³ в лессовидном суглинке в условиях искусственного давления в 100 атм (Медведєв, 2004). В распахиваемых почвах Украины диапазон колебаний существенно уже, однако в последние годы

проявилась тенденция нарастания равновесной плотности по сравнению с природными аналогами почв и ее постепенного проникновения вглубь профиля. Агропроизводственные и экологически неблагоприятные следствия этого очевидны – уменьшение объема корнеобитаемой зоны, ухудшение водного режима и поступления элементов питания в растения, устойчивости против эрозии и, в конечном итоге, снижение урожая (Медведев, 2013).

В зависимости, главным образом, от грансостава каждая распахиваемая почва имеет свой характерный диапазон колебаний и ключевые параметры – максимально рыхлая, оптимальная (для определенной группы растений), модальная равновесная (наиболее вероятная, та, что чаще всего встречается и является характерной для генетического статуса почвы), максимально плотная. В существующих рекомендациях, направленных на ограничение переуплотнения почв, основное внимание уделяется снижению удельного давления ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву и числу их проходов по полям. Вместе с тем модальная равновесная и оптимальная плотность как ключевые параметры и, главное, их соотношения, которые определяют необходимость обработки и ее способа, остаются недостаточно известными. Кроме того, такой уровень плотности как предельно допустимая и недопустимая, которые могли бы быть принципиально новыми нормативами, пока не используются. Цель статьи состоит в определении ключевых параметров плотности сложения, их дифференциации в зависимости от грансостава и использовании в качестве новых зональных почвоохранных нормативов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В статье использованы данные плотности сложения, определенные методом режущего кольца (преимущественно объемом 100 см³ в 4-кратной повторности) и собранные в базе данных (База данных «Свойства почв Украины» ..., 2012). К моменту написания статьи в базе данных накоплена информация о плотности 726 разрезов распахиваемых почв всех природных зон Украины. Так как плотность в основном была получена спустя 1,5–2,0 месяца после последней обработки, ее мы приняли в качестве равновесной, которая соответствовала модальной, то есть, наиболее вероятной для определенного типа почвы и ее гранулометрического состава. Эти данные были использованы для получения характерных, отвечающих генетическому статусу почвы величин плотности для всех градаций гранулометрического состава.

Параметры оптимальной плотности брали из книги (Медведев, 2004), в которой были обобщены данные 80 модельных опытов, проведенных нами и другими авторами. Из собранных данных выбирали параметры, относящиеся к зерновым колосовым культурам.

Параметры наиболее рыхлого и максимально плотного сложения получены соответственно непосредственно после основной обработки и после нескольких проходов трактора Т-150К. Разумеется, последние параметры максимальными можно считать лишь условно.

Параметры допустимого уплотнения – это расчетные параметры, исходя из требования о том, чтобы содержание воздуха в почве не должно быть ниже 15 %. Допустимым интервалом плотности был диапазон параметров между оптимальным и предельно допустимым уплотнением. Параметры плотности, превышающие последнюю величину, приняты в качестве недопустимых.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вначале рассмотрим систематизированные по градациям грансостава данные равновесной плотности сложения (табл. 1). Как и ожидалось, наибольшая величина плотности оказалась у песчаной, а наименьшая – у суглинистой и глинистой почв.

Таблица 1

Модальная равновесная плотность сложения почв по классам грансостава

1 ¹⁾	2	3	4	5	6	7	8	9
1,62/10 ²⁾	1,60/57	1,51/172	1,35/229	1,33/691	1,30/530	1,27/446	1,28/309	1,27/27

¹⁾ Классы грансостава: 1 – песчаный; 2 – глинисто-песчаный; 3 – супесчаный; 4 – легкосуглинистый; 5 – среднесуглинистый; 6 – тяжелосуглинистый; 7 – легкоглинистый; 8 – среднеглинистый; 9 – тяжелоглинистый.

²⁾ Над чертой – модальная равновесная плотность сложения, г/см³; под чертой – число дат, использованных в расчете.

Причина столь явных отличий – в различной оструктуренности вследствие, как правило, повышенной гумусированности глинистых почв, содержащих больше тонкодисперсных минеральных и органических частиц. Такая плотность обычно складывается в почве через 0,5–2,0 месяца после обработки и поддерживается практически в течение всего вегетационного периода. Если экстраполировать равновесную плотность, показанную в таблице, на почвенный покров, то окажется что доминирующие в Полесье дерново-подзолистые почвы наиболее легкого грансостава укладываются в диапазон плотности 1,50–1,55 г/см³, доминирующие в Лесостепи черноземы типичные, оподзоленные и темно-серые почвы легко-, средне- и тяжелосуглинистого грансостава – диапазон 1,10–1,30 г/см³. Несколько более тяжелые черноземы южные, темно-каштановые и каштановые почвы Степи – почти такой же диапазон – 1,20–1,35 г/см³. Средние данные модальной равновесной плотности, полученные в результате обобщения упомянутой базы, демонстрируются в табл. 2.

Таблица 2

Средняя модальная равновесная плотность сложения пахотного и подпахотного слоев основных почв Полесья, Лесостепи и Степи

Почвы, природная зона	Слой почвы, см	
	0–20	30–40
Дерново-подзолистые неоглеенные и слабооглеенные песчаные, глинисто-песчаные и супесчаные (Полесье)	1,49/41	1,62/21
Черноземы типичные, оподзоленные, темно-серые легко-, средне- и тяжелосуглинистые (Лесостепь)	1,25/127	1,32/90
Черноземы южные, темно-каштановые и каштановые тяжелосуглинистые и легкоглинистые (Степь)	1,17/38	1,37/14

Примечание. Над чертой – средняя модальная равновесная плотность сложения почвы, г/см³; под чертой – число дат, использованных в расчете.

На рис. 1 демонстрируется зависимость воздухосодержания в почве от ее плотности сложения и влажности. Оказалось, что для всех исследованных почв это линейная зависимость с достаточно высоким коэффициентом детерминации. Зависимость между плотностью и содержанием воздуха позволяет установить уровень уплотнения, названный нами допустимым.

Напомним, что под допустимым уплотнением подразумевается такая величина, при которой в почве сохраняется достаточное количество воздуха и почва продолжает нормально осуществлять свои экологические и продуктивные функции. С. И. Долгов (1969) и многие другие исследователи установили, что при снижении содержания в почве воздуха до 10–15 % резко уменьшается продуцирование углекислоты, биологическая активность, нитрификация, ухудшается поглощение корнями растений элементов питания.

Используя концепцию допустимого уплотнения, мы рассчитали его величину для чернозема типичного тяжелосуглинистого. Она оказалась равной 1,29 г/см³, причем почти полностью совпала с величиной, установленной В. П. Гордиенко (1998)

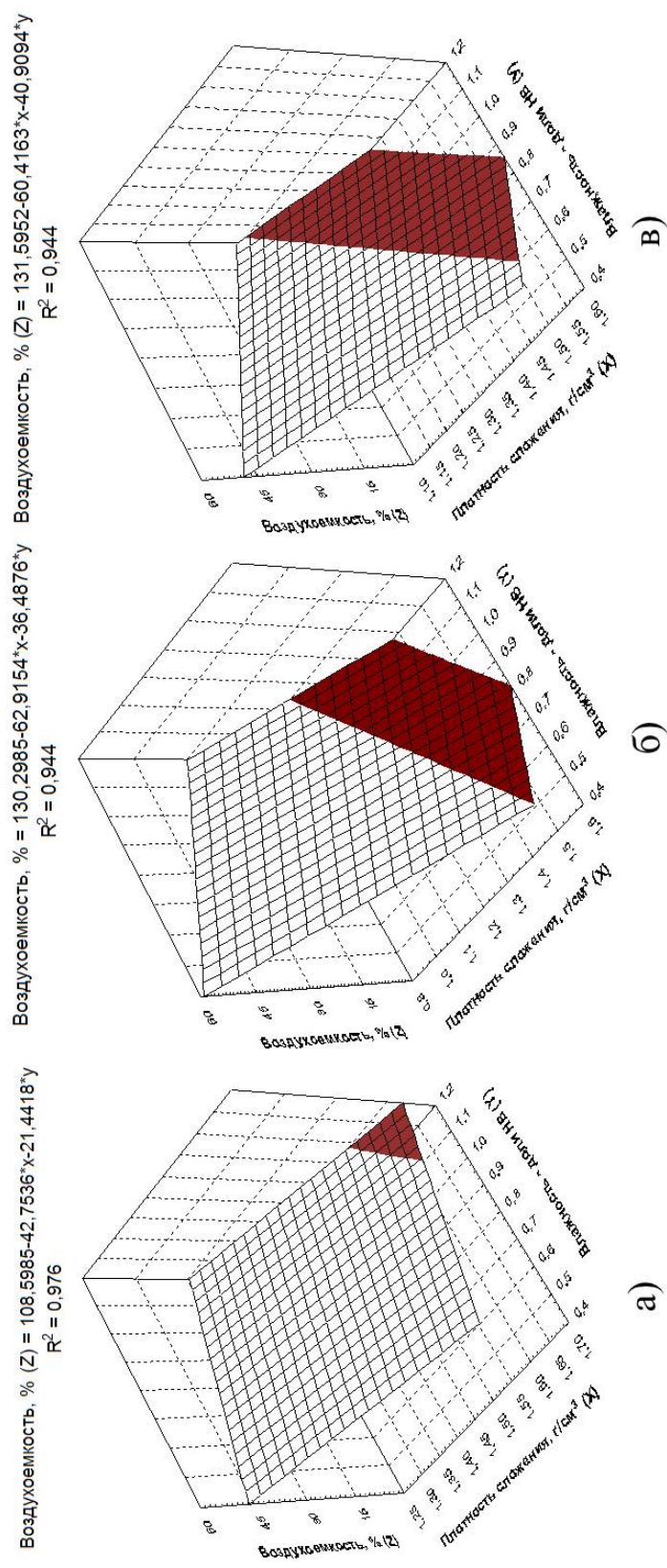


Рис. 1. Воздухоёмкость пахотного слоя почвы в зависимости от плотности сложения и влажности:

- а) дерново-подзолистая супесчаная почва; б) чернозем типичный; в) каштановая среднесолонцеватая среднесуглинистая почва (затененная часть – величина воздухоудержания в 15 %, образуемая в почве при предельно допустимой плотности и влажности, при которой почва чаще всего обрабатывается)

для аналогичной почвы. Однако, как увидим далее, величины допустимого уплотнения различных почв сильно меняются в почвах с различным грансоставом и пористостью. Причин можно назвать, по крайней мере, несколько.

Во-первых, соотношения между твердой фазой, водой и воздухом в различных почвах могут складываться самым неожиданным образом. Так, в почвах с высокой пористостью допустимая плотность ниже, чем в почвах, имеющих пониженную вместимость для воды и воздуха, причем различия могут быть ощутимыми. Например, в почве при наименьшей влагоемкости 32 % и содержании воздуха 15 % допустимая плотность равна $1,20 \text{ г/см}^3$, а в почве при НВ, равном 25 % и том же содержании воздуха – соответственно $1,34 \text{ г/см}^3$.

Во-вторых, растения в зависимости от строения корней и физиологических особенностей предъявляют различные требования к аэрации. Резко различаются по этому показателю, например, древесные растения и травы, зерновые культуры, корне- и клубнеплоды.

Полагаем, что допустимую плотность следует дифференцировать не только в зависимости от генетических особенностей почв и растительности, которая на них произрастает, но также и от фазы развития культуры (ограничения для прорастающих семян и уже сформировавшейся, хорошо функционирующей корневой системы должны быть различны), способа обработки (предпосевной и основной) и, вероятно, многих других факторов. Уплотнение не должно ухудшать последующее крошение почвы, поступление питательных веществ в корни растений, качество сева, не должно препятствовать быстрому восстановлению исходных присущих данной почве параметров структуры и строения, не должно существенно повышать энергоемкость последующей обработки.

Итак, мы приходим к выводу о необходимости использовать целый ряд почвенных, эдафических и технологических критериев для обоснования допустимого уплотнения почв.

Используя наиболее распространенный критерий (аэрацию при наименьшей влагоемкости) и различные величины НВ (являющейся производной, главным образом, от гранулометрического состава и содержания гумуса) найдем по формуле С. И. Долгова (1969) искомую величину допустимого уплотнения почв (табл. 3). Она оказалась близкой к тем величинам, что рассчитаны С. Ф. Неговеловым (1985) для соответствующих почв Северного Кавказа.

Таблица 3

Допустимая плотность пахотного слоя различных почв

Критерии	НВ, %	Почва	Грансостав	Содержание гумуса, %	Допустимая плотность почвы. г/см ³
Аэрация (15 %) при НВ	36	Черноземы оподзоленные, типичные, обыкновенные, лугово-черноземные	Тяжело- и средне- суглинистые	4,5–5,5	1,15
	34				1,18
	32				1,22
	30				1,25
	28	Темно-серые, серые, темно-каштановые, каштановые		3,5–4,5	1,29
	26				1,33
	24				1,38
	22				1,42
	20	Светло-серые, дерново-подзолистые	Легкосуглинистые	2,5–3,5	1,47
	18				1,52
	16	Дерново-подзолистые	Супесчаные и глинисто-песчаные	1,0–2,5	1,58
	14				1,64
	12				1,71

Как видим, допустимая плотность почв закономерно увеличивается с уменьшением содержания гумуса, облегчением грансостава и снижением наименьшей влагоемкости. Вероятно, точно также закономерно изменяется допустимая плотность, если в качестве критерия взять иные почвенные показатели – крошение, различные виды сопротивлений, водопроницаемость. Испытанные нами критерии (Medvedev, 1995) почти согласованно подтверждают, что при превышении допустимой плотности растет содержание глыбистых комков при обработке, затраты энергии на ее проведение, ухудшается восприятие почвой влаги, возникают условия для эрозии на склонах.

Полученные параметры допустимого уплотнения нуждаются в дальнейшей дифференциации в зависимости от целого ряда факторов. Например, от произрастающей растительности и фазы ее развития. С. Ф. Неговелов (1985) для тяжелосуглинистого чернозема Краснодарского края при его использовании под яблоню (сорт Ренет Симиренко) допустимую плотность устанавливает на уровне $1,41 \text{ г/см}^3$, а минимальную воздухоемкость – 8 %. Вообще, садовые, лесные культуры и многолетние травы не нуждаются в столь жестком ограничении плотности почв, в то время как полевые культуры, особенно мелкосеменные зерновые колосовые культуры, как раз в таком ограничении нуждаются. По нашим данным (Медведев, 1988), для успешного прорастания и полноценного развития корневых систем таких культур допустимую плотность следует снижать, по крайней мере, на 20 %.

Необходимо снижать допустимую плотность весной, когда почва особенно восприимчива к уплотнению. Напротив, осенью, перед зимним периодом, в течение которого почва обычно разуплотняется, можно повысить допустимую плотность. При этом важно заметить, что, если, например, чернозем типичный тяжелосуглинистый в зиму войдет в переуплотненном состоянии (выше примерно $1,40\text{--}1,45 \text{ г/см}^3$), то к весне он не разуплотняется, для этого понадобится не менее 3-х и даже более лет (Медведев, 1988).

Наконец, не следует допускать проникновения уплотнения вглубь почвы, ибо глубже пахотного слоя почва разуплотняется медленнее или не разуплотняется вовсе. Здесь проявляется тенденция аккумуляции уплотнения, чего допускать нельзя.

Таким образом, реализация концепции допустимого уплотнения позволяет существенно смягчить довольно жесткие требования растений к плотности сложения. Важным становится не только формирование оптимальной модели почв, но и требование не превышать величин допустимого уплотнения. Разница между оптимальной и допустимой плотностью, которая регулируется грансоставом и содержанием гумуса в почве, образует некоторый «люфт», упрощающий, как кажется, формирование оптимальных параметров в производственных условиях.

Используя полученные уравнения и ранее высказанное условие о минимальной величине воздухоудержания в 15 %, не вызывающей негативные следствия для почвообразовательных процессов и корней растений, были установлены искомые величины предельно допустимого уплотнения для почв различного грансостава. Сопоставляя ранее полученные величины оптимального уплотнения с допустимыми, установим реальный диапазон плотности сложения, при котором почву следует обрабатывать (табл. 4). При этом нижний предел диапазона будет соответствовать оптимальной плотности, верхний – предельно допустимой, превышать которую не следует ни при каких условиях. Именно эти величины плотности необходимо признать в качестве стандартов для обработки почв в Украине.

Оценивая установленный диапазон, следует подчеркнуть, что он представляет собой очень широкий размах значений плотности, позволяющий не допустить его превышения, что было бы крайне нежелательно. Особую осторожность следует соблюдать на черноземах суглинистого грансостава, почвах, имеющих вследствие достаточно выраженной структурности и гумусированности низкую равновесную плотность перед обработкой и способных, поэтому переуплотняться (особенно

весной) даже под действием неэнергонасыщенных машинно-тракторных агрегатов (Медведев, 2013). Это преимущественно почвы западно-лесостепных провинций и распахиваемые почвы Предкарпатья и Закарпатья, тяжелосуглинистые и легкосуглинистые почвы восточной левобережной Лесостепи и Степи, а также почвы степного Крыма (рис. 2). Из этой карты следует, что таких почв в Украине около 15,5 %, или 4,7 млн га. Заметим, что данный прогноз был сделан на основании интегрирования информации о грансоставе, исходной равновесной плотности обрабатываемого слоя и влажности почв во время обработки.

Таблица 4

Диапазон допустимой и параметры недопустимой плотности сложения почв, г/см³, для возделывания полевых культур на распахиваемых почвах Украины

Категории уплотнения распахиваемых почв	Песчаные, глинисто-песчаные и супесчаные (преимущественно почвы Полесья)	Легко-, средне и тяжело-суглинистые (преимущественно почвы Лесостепи)	Тяжело-суглинистые и легкосуглинистые (преимущественно почвы Степи)
Диапазон допустимой плотности	1,35–1,65	1,10–1,35	1,15–1,40
Параметры недопустимой плотности	<1,00; >1,65	<1,00; >1,35	<1,00; >1,40

Отметим также, что недопустимый уровень уплотнения для почв Полесья в 1,65 г/см³ и выше, а для почв Лесостепи и Степи, соответственно, 1,35 и 1,40 г/см³ – параметры, которые легко достигаются уже после 4-х проходов ходовой системы колесного трактора Т-150К по одному и тому же следу, причем даже на почве легкого грансостава, не говоря уже о черноземной суглинистой почве. Более того, почва, достигшая этого уровня уплотнения, способна его сохранять достаточно продолжительное время без видимых признаков разуплотнения (Медведев, 2013). По этой причине крайне важно не допускать предельной плотности сложения, для чего была бы полезной соответствующая ее стандартизация, широкая пропаганда (наряду со стандартом допустимого давления ходовой системы на почву) и производство приборов для ее экспрессного измерения. К сожалению, общепринятый метод режущего кольца мало пригоден для этих целей. Более удобен, видимо, косвенный метод с помощью твердомера, приемлемых конструкций которого сейчас в мире используется достаточно много (Медведев, 2009). Более того, между плотностью сложения и твердостью устанавливается ясная зависимость (рис. 3), что открывает вполне реальные перспективы для контроля сложения почв в полевых условиях и недопущения переуплотнения.

Таблица 4

Площади пахотных почв Украины с превышением предельных значений равновесной плотности сложения

Природная зона	Площадь почв	
	%	млн га
Полесье	2,21	0,66
Лесостепь	10,38	3,11
Степь	5,07	1,52

Примечание. Площадь пашни принята равной 30 млн га.

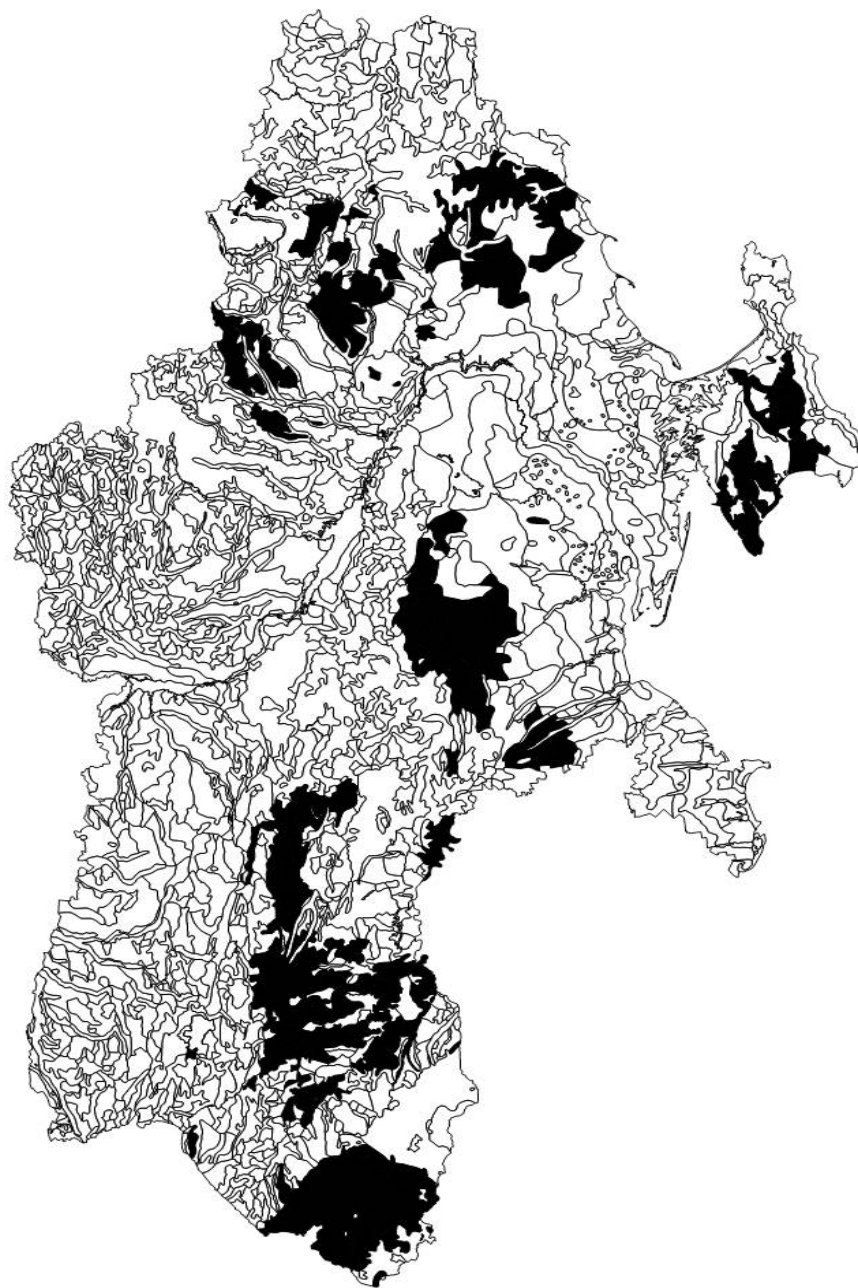


Рис. 2. Синтезированная карта прогноза переуплотнения почв при обработке
(темным цветом на карте обозначены контуры с наиболее высокой опасностью переуплотнения почв)

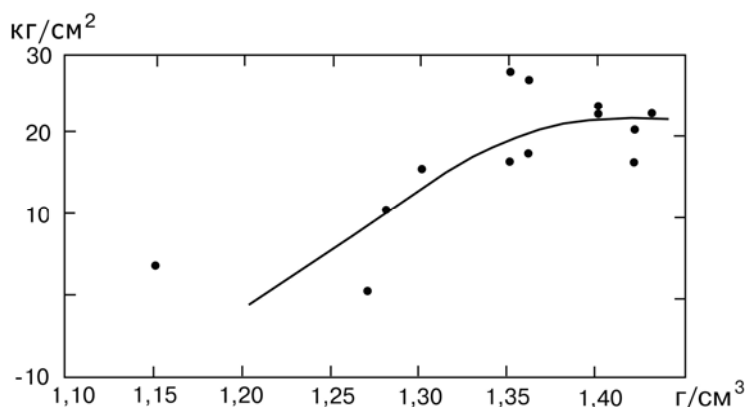


Рис. 3. Зависимость (аппроксимированная кривая) между плотностью слоения (г/см³) и твердостью (кг/см²) чернозема типичного тяжелосуглинистого

В табл. 3 демонстрируются параметры недопустимой плотности слоения, которые крайне нежелательны при возделывании практически всех возделываемых в Украине сельскохозяйственных культур. Также следует обратить внимание на излишне рыхлую почву, ибо вред от нее для растущих корней чрезвычайно велик. В излишне рыхлой почве ускоренно формируются утолщенные, но физиологически мало работоспособные корни. Во время оседания рыхлой почвы корневые волоски травмируются, и опять-таки уменьшается их активность. В практической деятельности не очень обращают внимание на этот факт, ибо считается, что процесс достижения почвой равновесного состояния уплотнения – достаточно быстрый процесс. В действительности лишь в почве легкого грансостава – уравнивание почвы – дело нескольких дней. В почве же тяжелого грансостава – значительно дольше и в отсутствие атмосферных осадков – даже до 2-х месяцев. Именно по этой причине прикатывание почвы – важный агроприем, особенно при отсутствии влаги и для мелких семян, прорастание которых в рыхлой почве может не произойти вовсе (Медведев, 2004).

Разумеется, также важно не допустить переуплотнения почвы, но эта сторона негативного действия на рост и развитие растений, особенно после появления высокопроизводительной, но тяжеловесной техники получила широкую известность.

Достаточно продолжительное время, в течение которого мы исследовали переуплотнение распахиваемых почв, позволяет сформулировать обязательные правила, исключающие или, по крайней мере, существенно снижающие остроту этой проблемы. Основное условие – это соблюдение принятого в Украине стандарта допустимого удельного давления ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву (Техніка сільськогосподарська мобільна ..., 2007) и совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур, предусматривающий тщательный контроль движения машинно-тракторных агрегатов и максимальное сокращение числа их проходов по полям. Наши наблюдения, выполненные в хозяйствах высокой культуры земледелия в Харьковской и Тернопольской областях, показали, что там, где названные условия соблюдаются (не используются колесные тракторы типа Т-150К весной, не допускается бесконтрольное передвижение техники по полям во время посевных и уборочных работ и активно используются разнообразные агроприемы, содействующие разуплотнению почвы), плотность слоения не достигает отмеченных в таблице 3 предельных зональных величин (Медведев, 2004).

Важный резерв недопущения переуплотнения почв – сдвигание колес, что находит широкое применение на американском и европейском континентах.

Сдваивание колес Т-150К снижает удельное давление на чернозем типичный тяжелосуглинистый или подобную почву с таким же грансоставом до допустимых величин (Пашенко, 2007; Dumas, 1972; Nakansson, 2005).

ВЫВОДЫ

Главным образом, в зависимости от гранулометрического состава в распахиваемых почвах формируется специфическая динамика плотности сложения почв – от максимально рыхлого до предельно уплотненного состояния. В пределах размаха колебаний плотности выявлены ее ключевые значения: оптимальная, модальная, допустимая и недопустимая. Диапазон допустимой плотности, дифференцированный для почв Полесья, Лесостепи и Степи, предлагается использовать в качестве нового стандарта. Поддержание необходимой плотности сложения обеспечивается за счет использования техники с допустимым удельным давлением на почву и маршрутизации ее движения по полям, что доказано в практике отечественного и зарубежного земледелия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- База данных «Свойства почв Украины» (структура и порядок использования) / Т. Н. Лактионова, В. В. Медведев, К. В. Савченко и др. – Х. : ЦТ № 1, 2012. – 150 с.
- “Database «Soil Properties of the Ukraine» (structure and the order of use)”, 2012, Laktionova, T. N., Medvedev, V. V., Savchenko K. V., and others, Kharkiv, 1-st Central Publishing printing house, 150 p.
- Гордієнко В. П. Прогресивні системи обробітку ґрунту / В. П. Гордієнко, А. М. Малієнко, Н. Х. Грабак. – Сімферополь, 1998. – 279 с.
- Gordienko, V. P., Malienko, A. M., Grabak, N. H., 1998, “Progressive tillage systems”, Simferopol, 279 p.
- Долгов С. И. О некоторых закономерностях зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от плотности почвы / С. И. Долгов, С. А. Модина // Теоретические вопросы обработки почвы. – Л. : Гидрометеиздат, 1969. – С. 54-64.
- Dolgov, S. I., Modina, S. A., 1969, “About some laws of dependence of productivity of agricultural crops from bulk density”, Theoretical questions of soil tillage, Leningrad, Hydrometeoizdat, pp. 54–64.
- Медведев В. В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В. В. Медведев. – М. : Агропромиздат, 1988. – 160 с.
- Medvedev, V. V., 1988, “Optimization of agrophysical properties of chernozems”, Moscow, Agropromizdat, 160 p.
- Медведев В. В. Плотность сложения почв. Генетический, экологический и агрономический аспект / В. В. Медведев, Т. Е. Лындина, Т. Н. Лактионова. – Х. : Изд-во 13 типография, 2004. – 244 с.
- Medvedev, V. V., Lyndina, T. E., Laktionova, T. N., 2004, “Soil bulk density. Genetic, ecological and agronomical aspects”, Kharkiv, 13 Central Publishing printing house, 244 p.
- Медведев В. В. Твердость почвы / В. В. Медведев. – Х. : Изд-во 13 типография, 2009. – 151 с.
- Medvedev, V. V., 2009, “Soil penetration resistance”, Kharkiv, 13 Publishing printing house, 151 p.
- Медведев В. В. Физическая деградация черноземов. Диагностика. Причины. Следствия. Предупреждение / В. В. Медведев. – Х. : Изд-во Городская типография, 2013. – 324 с.
- Medvedev, V. V., 2013, “Chernozems physical degradation. Diagnostics. The reasons. Consequences. The prevention”, Kharkiv, City Publishing printing house, 324 p.
- Неговелов С. Ф. Почвы и сады / С. Ф. Неговелов, В. Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону : Изд-во Ростовского университета, 1985. – 192 с.
- Negovelov, S. F., Valkov, V. F., 1985, “Soils and gardens”, Rostov-na-Donu, Rostov university publishing printing house, 192 p.
- Пашенко В. Ф. Пример усовершенствованной почвосберегающей технологии возделывания сахарной свеклы на основе отечественных машинно-тракторных агрегатов / В. Ф. Пашенко // Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. – Х. : Изд-во 13 типография, 2007. – С. 289-300.
- Paschenko, V. Ph., 2007, “Example of advanced soil-saving technologies of cultivation of a sugar beet on the basis of domestic machine-tractor units”, Soil-technological division into districts of arable lands of Ukraine, Kharkiv, 13 Publishing printing house, pp. 289–300.
- Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на ґрунт. ДСТУ 4521:2006. – К. : Держспоживстандарт

України, 2007. – 8 с. – (Національний стандарт України).

Technics agricultural mobile. Rates of action of running systems on soil. State Standard of Ukraine 4521:2006, Kyiv, State Consumers Standards of Ukraine, 2007, 8 p. (National standards of Ukraine).

Dumas, W. T., Komurer, F. A., Smith, K. A., 1972, “Controlling traffic increases cotton yields”, *Highlights of Agricultural Research*, 19, no 2, p. 16.

Hakansson, I., 2005, “Machinery-induced compaction of arable soils. Incidence-

consequences-counter measures”, *Reports of Soils Sciences Department*, no. 109, Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, 153 p.

Medvedev, V. V., Cybulko, W. G., 1995, “Soil criteria for assessing the maximum permissible ground pressure of agricultural vehicles on chernozem soil”, *Soil and Tillage Research*, 36, pp. 153–164.

Tijink, F. G. J., van der Linden, J. P., 2001, “Engineering approaches to prevent subsoil compaction in cropping system with sugar beet”, *Advances in Geoecology*, 32, pp. 442–452.

Стаття надійшла в редакцію: 17.09.2013

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

CHEMISTRY OF SOILS



V. V. Degtyarev Dr. Sci. (Agri.), Professor
O. S. Panasenko

UDK 631.445.41:631.434
(477.52.6)

*V. V. Dokuchayev Kharkiv
National Agrarian University,
Kharkov, Ukraine,
e-mail: zhernova2007@rambler.ru*

THE QUALITATIVE COMPOSITION OF COLLOIDAL FORM OF HUMUS IN WATERPROOF STRUCTURAL AGGREGATES LEFT-BANK TYPICAL CHERNOZEM FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Abstract. The studying of soil aggregates formation, as a part of more than a general problem of the interaction of organic and mineral components of the soil, has significant theoretical and practical interest. During the research of colloidal humus forms of typical chernozem water resistant structural units, while preparing samples for analysis, very small organic particles were observed, they were placed on the surface of the solution during the extraction of active humus from the soil. Studies have shown that the soil mass contains organic residues – detritus. Detritus villi of typical chernozem soil samples selected from different areas of intensive agricultural use are different in sizes and shapes.

Revealed regularities of structural formation (aggregation of elementary soil particles) in different type of use of typical chernozem in forrest-steppe of Ukraine. After removing of the active humus from soil samples revealed that the quantity and quality of detritus varies in the composition of the passive humus. Structural units of virgin soil and soil under forest belts contain elongated detritus fragments which possibly can participate in the formation of micro aggregates with the subsequent formation of macro aggregates. In structural units of tillage passive humus detritus has short and small fragments, which do not allow to form agronomically valuable structural units.

Formation of the structural unit is possible to imagine like this: humic substances saturate a piece of clay, followed by polycondensation and polymerization, there by envelop clay particles- forming organo-mineral smallest elementary unit, further, with the participation of divalent cations, first of all Ca^{2+} , connecting these smallest units and the formation of micro aggregates, the humic substances actually cover with foil the mineral particles and the same time are absorbed by detritus; detritus with adsorbed humic substances on it begins to be aggregated. When its humic substances are connected through the carboxyl and amino groups and divalent cations with micro aggregates then the macro aggregates are formed. Detritus acts as a basis for sustainability of macro aggregates of chernozem soils. Detritus villi can, in turn, connect several micro aggregates, using adsorbed actually humus substances in structural macroaggregates.

Keywords: *colloidal forms of humus, typical chernozem, the organic portion of the soil, structural unit, actually humus substances, detritus.*

© V. V. Degtyarev, O. S. Panasenko, 2013

УДК 631.445.41:631.434
(477.52.6)

В. В. Дегтярев д-р с.-х. наук, проф.
О. С. Панасенко
*Харьковской национальный аграрный университет
им. В. В. Докучаева, г. Харьков, Украина,
e-mail: zhernova2007@rambler.ru*

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ КОЛЛОИДНЫХ ФОРМ ГУМУСА В ВОДОУСТОЙЧИВЫХ СТРУКТУРНЫХ АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Установлены закономерности структурообразования (агрегирование элементарных частиц почвы) в разных по типу использования черноземах типичных Лесостепи Украины. После отделения активного гумуса из образцов почвы установлено, что в составе пассивного гумуса количество и качество детрита разное. Структурные агрегаты целинных почв и почвы под лесополосой содержат фрагменты детрита удлиненной формы, которые могут принимать участие в формировании микроагрегатов с последующим образованием из них макроагрегатов. А в структурных агрегатах почвы пашни детрит пассивного гумуса имеет короткие и мелкие фрагменты. Детрит выступает основой для стойкости макроагрегатов черноземных почв. Ворсинки детрита способны соединять несколько микроагрегатов, с помощью адсорбируемых собственно гумусовых веществ, в структурные макроагрегаты.

Ключевые слова: коллоидные формы гумуса, чернозем типичный, органическая часть почвы, структурный агрегат, собственно гумусовые вещества, детрит.

УДК 631.445.41:631.434
(477.52.6)

В. В. Дегтярьов д-р с.-г. наук, проф.
О. С. Панасенко
*Харківський національний аграрний університет
ім. В. В. Докучаєва, м. Харків, Україна,
e-mail: zhernova2007@rambler.ru*

ЯКІСНИЙ СКЛАД КОЛОЇДНИХ ФОРМ ГУМУСУ У ВОДОТРИВКИХ СТРУКТУРНИХ АГРЕГАТАХ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Виявлено закономірності структуроутворення (агрегування елементарних часточок ґрунту) у різних за типом використання черноземах типових Лісостепу України. Після вилучення активного гумусу зі зразків ґрунту встановлено, що у складі пасивного гумусу кількість і якість детриту різні. Структурні агрегати цілинних ґрунтів і ґрунту під лісостепом містять фрагменти детриту видовженої форми, які можуть брати участь у формуванні мікроагрегатів з подальшим утворенням з них макроагрегатів. А у структурних агрегатах ґрунту ріллі детрит пасивного гумусу має короткі і мілкі фрагменти. Детрит виступає основою для стійкості макроагрегатів черноземних ґрунтів. Ворсинки детриту здатні з'єднувати декілька мікроагрегатів за допомогою адсорбованих власне гумусових речовин у структурні макроагрегати.

Ключові слова: колоїдні форми гумусу, чернозем типовий, органічна частина ґрунту, структурний агрегат, власне гумусові речовини, детрит.

ВСТУП

В. В. Докучаєв надавав великого значення гумусу як компоненту виключно важливого для генетичної діагностики і як джерелу родючості. За останні 100 років різко зменшився як сумарний вміст гумусу в черноземах, так і грубізна гумусових горизонтів. Це пов'язано з підвищеною мінералізацією гумусу і зменшенням кількості органічних решток, що повертаються в орних ґрунтах.

Згідно уявлень В. В. Докучаєва, В. І. Вернадського, Л. М. Александрової, В. В. Пономарьової, Ф. Дюшафура та інших дослідників ґрунт є органо-мінеральною системою. Це відображає, насамперед, той факт, що основним результатом

грунтотворного процесу є продукти орґано-мінеральної взаємодії, які визначають основні якості ґрунтів: їх хімізм, фізико-хімічні та фізичні властивості, особливості їх профільної будови (Докучаєв, 1949; Вернадский, 1926; Александрова, 1980; Пономарева, 1980; Дюшафур, 1970).

Надаючи величезного значення колоїдам як «живій плоті ґрунту», О. Н. Соколовський розглядав уміст колоїдних форм гумусу у ґрунті і, особливо, їх співвідношення як якість гумусу, здатну змінюватися за різних причин, в тому числі – під впливом сільськогосподарського використання ґрунтів. Він розділив гумус на дві форми: активну і пасивну. Під активним гумусом, названим так за активну участь в утворенні ґрунтової структури, він розумів частину ґрунтового гумусу, здатну пептизуватися внаслідок заміни обмінно-увібраного кальцію натрієм. Пасивним гумусом (не здатним брати участь в утворенні структури) вчений назвав ту частину ґрунтового гумусу, яка не пептизується і не переходить в розчин після повної заміни у ґрунті обмінного кальцію натрієм. Пасивний гумус є фактором водостійкості структури (Соколовский, 1956).

Відповідно до вчення О. Н. Соколовського гумусові речовини зв'язуються з мінеральною частиною ґрунту двома шляхами: 1) через «місточки» з багатовалентних катіонів, і перш за все, кальцію; 2) внаслідок взаємної дегідратації (коагуляції) мінеральних і орґанічних колоїдів. Автор стверджував, що завдяки тому, що гумус під дією кальцію здатний давати незворотний гель, існує водостійка структура. У якості клею виступає частина гумусу, названа М. К. Крупським (1959) адгезійною. В якості клею можуть виступати найрізноманітніші сполуки і зовсім не обов'язково гумус (Соколовский, 1971).

А. Ф. Тюлін, вивчаючи фактори структуроутворення, а також колоїдно-хімічну природу утворення агрегатів, вказує на те, що недостатньо у ґрунті враховувати тільки кількість водотривких агрегатів, а потрібно вивчати також їх генезис і якість (Тюлин, 1955).

Дослідженнями М. І. Лактіонова встановлено, що пасивний гумус у ґрунті представлений тією частиною гумусу, якій «поталанило» взаємодіяти безпосередньо з мінеральною частиною ґрунту та незворотно поєднатися з нею за рахунок міцних хімічних зв'язків. При цьому не має значення знак заряду глинистих часточок. Решта власне гумусових речовин закріплюється на вкритих плівками пасивного гумусу орґано-мінеральних агрегатах зворотно через, так звані, містки з багатовалентних катіонів, являючи собою активну форму гумусу у ґрунтах (Лактионов, 1986). Досліджуючи гумус ґрунту як полідисперсну систему, автор встановив колоїдно-хімічну природу взаємодії активного гумусу ґрунтів з мінеральною частиною ґрунту (Лактионов, 1962).

Вітчизняні і зарубіжні вчені спробували встановити залежність кількості водостійких агрегатів від вмісту у ґрунті гумусових речовин і на цій основі показати значення гумусових речовин у формуванні водостійкої структури. Але отримані дані не дозволяють говорити про будь-який певний зв'язок між кількістю мікроагрегатів і вмістом у них гумусу. Ця обставина стала підставою прийти до висновку, що в утворенні стійких ґрунтових агрегатів вирішальну роль відіграє не стільки кількісний вміст гумусу, скільки його якісний склад.

Є. Ю. Мілановський відзначає, що основну роль у природному клеї при утворенні структурних агрегатів повинна відігравати орґанічна речовина ґрунту, яка унеможливорює швидке надходження води в міжпакетний простір, чинить опір виникненню високих розклинюючих тисків і розриву агрегату під час його змочування. Він вважає, що гумусові речовини, володіють гідрофобними властивостями і при цьому міцно утримуються на гідрофільній поверхні мінеральних часточок. Тобто, ґрунтові орґанічні молекули мають як гідрофільні, так і гідрофобні властивості, тобто вони амфіфільні. Тоді у ґрунтовій порі молекула орґанічної речовини однією своєю частиною (гідрофільною) міцно утримується на поверхні

мінеральної часточки, а іншою (гідрофобною) – орієнтується всередину, у поровий простір (Милановский, 2009).

Вивчення утворення ґрунтових агрегатів як частини більш загальної проблеми взаємодії органічних і мінеральних компонентів ґрунту має значний теоретичний та практичний інтерес.

Мета досліджень – виявити закономірності структуроутворення (агрегування елементарних часточок ґрунту) у різних за типом використання чорноземах типових Лісостепу України.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Чорноземи типові середньосуглинкові на лесовидному суглинку Українського природного степового заповідника відділення «Михайлівська цілина». Варіанти: абсолютна цілина, переліг (ділянка, що розорювалася до 1956 р.), лісосмуга (закладена у 1956 р.), рілля 77 років (була відведена для сільськогосподарського освоєння у 1933 р.).

Дослідження проводились з використанням мікроскопу з електронною насадкою за допомогою камери "Tescan 3.0" та програми "TS View 7". Зразки ґрунту розміщували на предметне скло, вони змочувались дистильованою водою, накривались покривним скельцем і розглядалися під мікроскопом.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У ході досліджень колоїдних форм гумусу водотривких структурних агрегатів чорнозему типового, при підготовці зразків до аналізу, було помічено дуже мілкі органічні часточки, які знаходились на поверхні робочого розчину в процесі вилучення з ґрунту активного гумусу.

Детальний аналіз наукової літератури з питань формування мікроагрегатів ґрунту дозволив нам припустити, що ці органічні часточки не що інше, як напіврозкладені фрагменти органів рослин, які втратили форму і анатомічну будову, тобто детрит. Вони не могли бути вилучені з ґрунту в процесі підготовки його до визначення умісту загального гумусу тому, що були міцно «приклеєні» до органо-мінеральних агрегатів активним гумусом. При вилученні активного гумусу з ґрунту відбулося відокремлення і волосків детриту від органо-мінеральних мікроагрегатів, які збиралися на поверхні робочого розчину. Для перевірки цього припущення нами було проведено візуальне дослідження зразків ґрунту, з яких вилучено активний гумус.

Дослідження показали, що у складі ґрунтової маси наявні органічні рештки – детрит. Ворсинки детриту ґрунтових зразків чорнозему типового, відібрані з різних за інтенсивністю сільськогосподарського використання ділянок, відрізняються розмірами і формою. Так, часточки детриту ґрунту абсолютно цілинної ділянки (рис. 1) мають видовжену форму і за розмірами в декілька раз перевищують часточки детриту ріллі (рис. 2).

Це пояснюється тим, що в процесі механічного обробітку ґрунту спостерігається інтенсивне перемішування орного шару, змінюється водний, тепловий та інші режими чорнозему ріллі, порівняно з ґрунтом абсолютної цілини, що сприяє інтенсивному зростанню мікробіологічної активності (Дегтярьов, 2011), внаслідок чого йде активна мінералізація органічного матеріалу ґрунту. Тому, в першу чергу, розкладаються ділянки органічних решток, які безпосередньо контактують з рідкою і газоподібними фазами ґрунту. Можливо, цим пояснюється руйнування структурних агрегатів під час розорювання цілинних ґрунтів. Тому чорнозем ріллі містить незначні за розмірами фрагменти детриту, вони приблизно в 3,5 рази менші порівняно з ґрунтом абсолютної цілини, мають не видовжену, а округлу форму і спостерігається скупчення малих фракцій. Покриті ж власне гумусовими речовинами округлі фрагменти органічних решток розкладаються значно повільніше, оскільки власне гумусові речовини слабо доступні для розкладу мікроорганізмами.

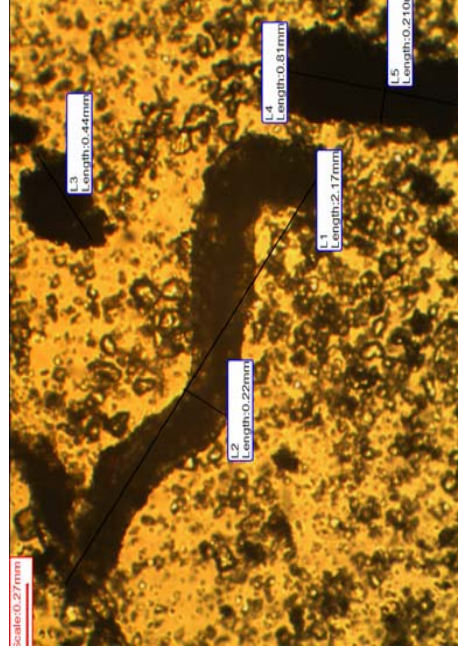
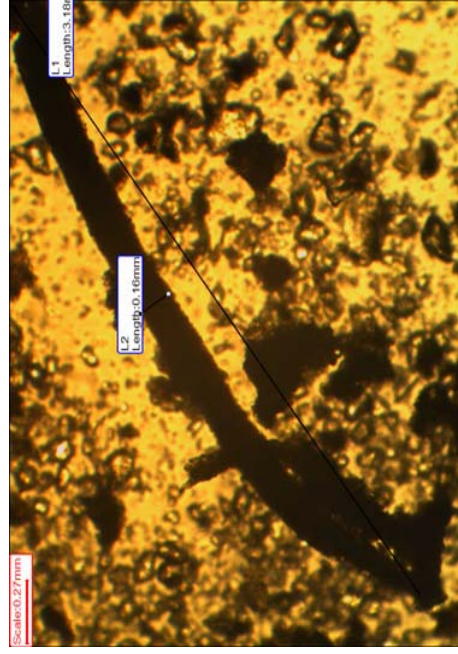


Рис. 1. Фрагменти детриту з адсорбованими ВГР та мікроагрегатами у складі пасивного гумусу чорнозему цілини (шар 0–10 см)

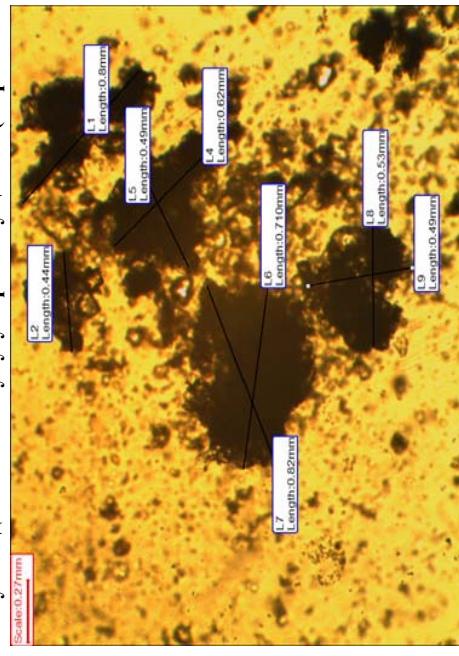
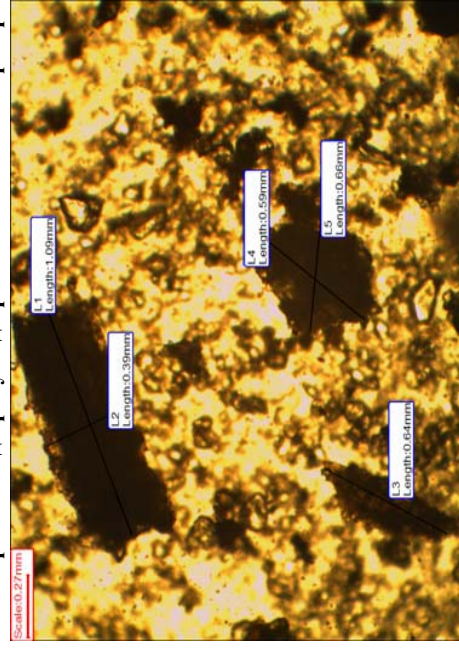


Рис. 2. Фрагменти детриту з адсорбованими ВГР та мікроагрегатами у складі пасивного гумусу чорнозему ріллі (шар 0–10 см)

Уведення режиму перелогу сприяє деякому накопиченню детриту у чорноземі типовому (рис. 3), порівняно з чорноземом ріллі. Однак, порівняння їх з варіантом абсолютної цілини показує, що тут волоски більш тонкі і майже у 2 рази коротші.

Під деревною рослинністю теж відбувається накопичення фрагментів детриту (рис. 4). Слід зазначити, що часточки детриту тут коротші і набагато тонші, порівняно з варіантами цілини і перелогу. Це переважно рештки мілких відмерлих корінців деревної рослинності.

В. В. Медведєв стверджував, що утворення водостійких макроагрегатів чорноземного перелогового ґрунту відбувається, принаймні, за двома механізмами. Перший з них охоплює складний комплекс процесів поступового залучення і закріплення механічних елементів у мікро-, а потім у макроагрегати, що супроводжується диференціацією будови і властивостей структурних одиниць і завершується утворенням водостійкого макроагрегату розміром орієнтовно 3–5 мм. Інший, це механізм за допомогою якого утворюються більші структурні одиниці, внаслідок досить подібної будови й складу останніх, треба вважати аналогом механізму за відомою фізико-механічною гіпотезою «подрібнення» ґрунтової маси (Медведєв, 1994).

Визначення умісту власне гумусових речовин і детриту в активному гумусі структурних агрегатів розміром > 3 мм у 0–10 см шарі ґрунту свідчить, що частка детриту тут найвища і складає 1,86 %, і з глибиною поступово знижується. Уміст ВГР у 0–10-сантиметровому шарі ґрунту складає 1,16 %, але з глибиною їх кількість зменшується інтенсивніше порівняно з умістом детриту (таблиця). У складі пасивного гумусу цих структурних агрегатів у 0–10-сантиметровому шарі також домінує кількість детриту, але різниця між умістом детриту і ВГР не така суттєва, як у активному гумусі.

В агрегатах розміром 3–1 мм чорнозему цілини, кількість фрагментів детриту в активному гумусі переважає кількість ВГР по всій досліджуваній товщі ґрунту. Уміст ВГР, на відміну від кількості детриту, з глибиною змінюється не рівномірно. Агрегати розміром 1–0,25 мм цього варіанту характеризуються помітним зменшенням кількості ВГР і детриту у 0–10 сантиметровому шарі ґрунту. Пасивний гумус верхніх шарів чорнозему типового суттєво відрізняється за вмістом ВГР і детриту порівняно зі складом активного гумусу. Так, у складі пасивного гумусу агрегатів розміром 1–0,25 мм детриту у 0–10 сантиметровому шарі ґрунту міститься 3,39 %, а ВГР – 3,01 %. Дещо інша залежність проявляється в агрегатах розміром $< 0,25$ мм. У складі пасивного гумусу (шар 0–10 см) уміст детриту і ВГР удвічі перевищує уміст детриту і ВГР, що входять до складу активного гумусу.

Визначення якісного складу колоїдних форм гумусу водотривких структурних агрегатів чорнозему під перелогом показало, що у складі активного гумусу агрегатів розміром > 3 мм майже у два рази переважає уміст детриту у 0–10-сантиметровому шарі ґрунту, а кількість ВГР складає лише 0,99 %. До складу пасивного гумусу входить більша кількість детриту і ВГР, ніж до складу АГ. Так, уміст детриту складає 3,47 %, а ВГР – 3,05 %.

В умовах перелогу агрегати розміром 3–1 мм, мають 0,99 % детриту (шар 0–10 см) у складі активного гумусу, ВГР дещо менше (0,93 %). Пасивний гумус характеризується досить високим вмістом детриту і ВГР. Уміст детриту в пасивному гумусі майже у чотири рази вищий, ніж уміст детриту у складі активного гумусу у верхньому шарі ґрунту. Взагалі структурні агрегати ґрунту перелогу за умістом ВГР і детриту в колоїдних формах гумусу можна поділити на дві групи: структурні агрегати > 1 мм і агрегати < 1 мм.

Результати визначення вмісту власне гумусових речовин і детриту структурних окремоностей показали, що варіант ріллі характеризується найменшим умістом детриту в колоїдних формах гумусу. Сільськогосподарське використання найбільш суттєво впливає на уміст власне гумусових речовин: їх уміст помітно збільшується порівняно

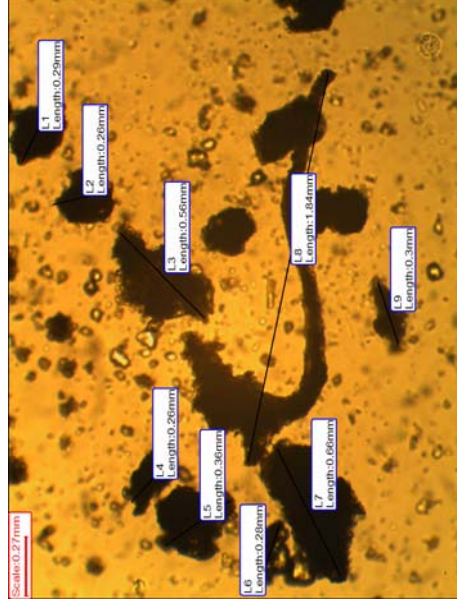
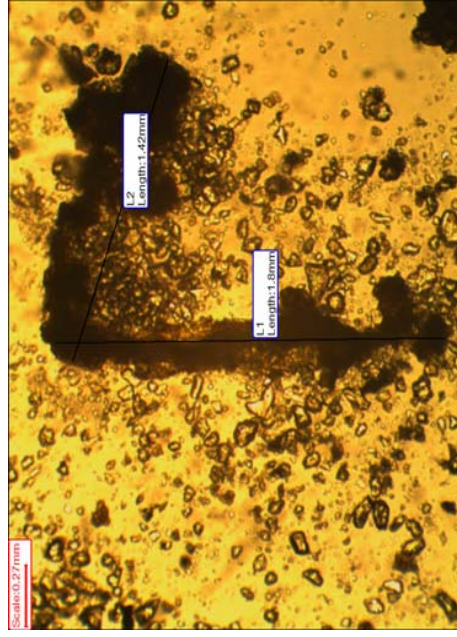


Рис. 3. Фрагменти детриту з адсорбованими ВГР та мікроагрегатами у складі пасивного гумусу чорнозему перелугу (шар 0–10 см)

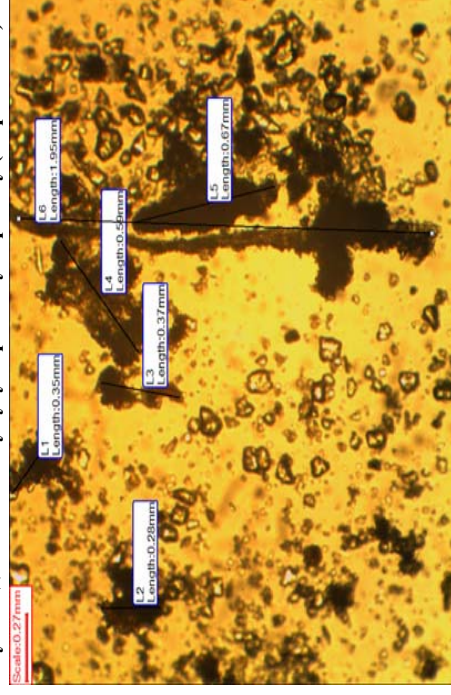
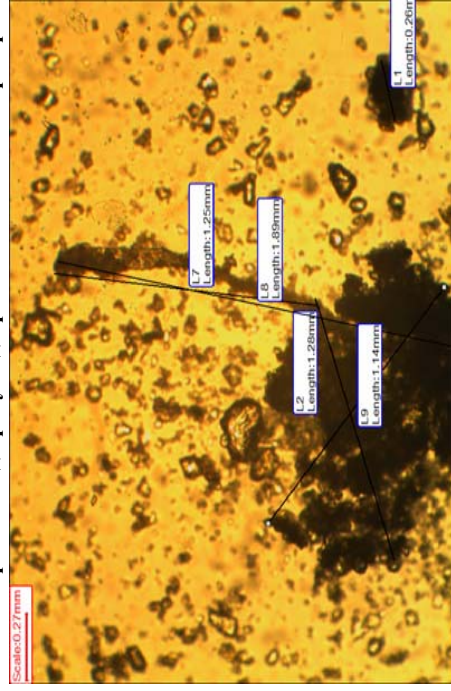


Рис. 4. Фрагменти детриту з адсорбованими ВГР та мікроагрегатами у складі пасивного гумусу чорнозему лісосмути (шар 0–10см)

зі структурними агрегатами цілих варіантів. Так, в агрегатах розміром > 1 мм, збільшується відсоток власне активного гумусу, а фрагменти детриту, у складі активного гумусу складають незначну частку. Пасивний гумус цих агрегатів характеризується помітним зменшенням кількості як ВГР, так і детриту. Потрібно зазначити, що до складу пасивного гумусу агрегатів розміром 3–1 мм входить більше ВГР, ніж детриту. У складі активного гумусу цих агрегатів спостерігається деяке збільшення вмісту детриту.

Якісний склад гумусу водотривких структурних агрегатів чорнозему типового (шар 0–10 см), %

Варіанти	Розмір агрегатів, см	Активний гумус			Пасивний гумус		
		усього	детрит	ВГР	усього	детрит	ВГР
Цілина	> 3	3,02	1,86	1,16	6,72	3,64	3,08
	3–1	1,97	1,09	0,88	6,50	3,48	3,02
	1–0,25	1,06	0,35	0,71	6,40	3,39	3,01
	$< 0,25$	1,39	0,62	0,77	5,84	3,08	2,76
Переліг	> 3	2,70	1,71	0,99	6,52	3,47	3,05
	3–1	1,92	0,99	0,93	6,34	3,39	2,95
	1–0,25	1,05	0,53	0,52	6,10	3,09	3,01
	$< 0,25$	0,10	1,36	0,58	0,78	5,72	3,00
Рілля	> 3	2,51	1,20	1,31	3,27	1,85	1,42
	3–1	2,56	1,24	1,32	3,59	1,54	2,05
	1–0,25	2,05	1,00	1,05	2,63	1,16	1,47
	$< 0,25$	2,10	1,05	1,05	2,50	1,08	1,42
Лісосмуга	> 3	3,54	1,15	2,39	6,04	2,47	3,57
	3–1	3,16	0,95	2,21	5,91	2,24	3,67
	1–0,25	2,95	1,23	1,72	5,72	2,01	3,71
	$< 0,25$	3,10	1,03	2,07	5,37	1,89	3,48

НІР₀₅ 0,02

Активний гумус структурних агрегатів 1–0,25 мм характеризується вищим вмістом ВГР, ніж детриту. Пасивний гумус містить більше власне гумусових речовин у своєму складі, ніж детриту. Так, у пасивному гумусі вміст детриту в 0–10-сантиметровому шару ґрунту становить 1,54 %, а власне гумусових речовин – 2,01 %.

Структурні часточки $< 0,25$ мм характеризуються найменшим вмістом ВГР і детриту. У складі активного гумусу цих агрегатів міститься однакова кількість власне активного гумусу і детриту, яка з глибиною рівномірно знижується. У складі пасивного гумусу вміст ВГР дещо вищий, ніж вміст детриту по всій досліджуваній товщі ґрунту.

Деревна рослинність спричиняє досить суттєве підвищення вмісту пасивного гумусу і зниження активного гумусу. Отримані результати свідчать, що у ґрунті під лісосмугою, у складі активного гумусу структурних агрегатів > 3 мм, вміст детриту переважає у 0–10-сантиметровому шарі і складає 1,15 %. Пасивний гумус цих агрегатів характеризується більшим вмістом детриту і власне гумусових речовин. Кількість ВГР тут теж перевищує вміст детриту. Так, у 0–10-сантиметровому шарі вміст детриту становить 2,47 %, а власне гумусових речовин – 3,57 %.

Колоїдні форми гумусу водотривких структурних агрегатів розміром 3–1 мм мають близький якісний склад, що й агрегати > 3 мм. Але потрібно зазначити, що тут пасивний гумус містить більше ВГР, ніж більш крупні агрегати у верхньому шарі ґрунту.

У складі колоїдних форм гумусу агрегатів розміром 1–0,25 мм домінують власне гумусові речовини. Так, в активному гумусі 0–10-сантиметрового шару ґрунту кількість власне активного гумусу складає 1,72 %, а в пасивному – 3,71 %. Вміст детриту у складі активного гумусу становить 1,23 %, і 2,01 % у пасивному гумусі 0–

10-сантиметрового шару. Агрегати розміром $< 0,25$ мм за якісним складом колоїдних форм гумусу на цьому варіанті подібні до структурних часточок розміром $1-0,25$ мм.

ВИСНОВКИ

1. Мікроскопічний аналіз зразків ґрунту після вилучення активного гумусу показав, що у складі пасивного гумусу кількість і якість детриту різна. Структурні агрегати цілинних ґрунтів і ґрунту під лісосмугою містять фрагменти детриту видовженої форми, які можуть приймати участь у формуванні мікроагрегатів з подальшим утворенням з них макроагрегатів. У структурних агрегатах ґрунту ріллі детрит пасивного гумусу має короткі і мілкі фрагменти, які не дають змогу утворювати агрономічно цінні структурні агрегати.

2. Формування структурного агрегату можливо уявити так: гумінові речовини промочують глинисту часточку, потім відбувається поліконденсація і полімеризація, тим самим обволікають глинисті часточки – утворюється найменший органо-мінеральний елементарний агрегат; далі за участю двовалентних катіонів, перш за все Ca^{2+} , з'єднуються ці найменші агрегати і утворюються мікроагрегати; власне гумусові речовини покривають плівкою мінеральні часточки і одночасно адсорбуються детритом; детрит з адсорбованими на ньому гумусовими речовинами теж вступає в процес агрегації. Коли його гумусові речовини з'єднуються через карбоксильні і аміногрупи та двовалентні катіони з мікроагрегатами, то утворюються макроагрегати. Детрит виступає основою для стійкості макроагрегатів чорноземних ґрунтів. Ворсинки детриту здатні, в свою чергу, з'єднувати декілька мікроагрегатів, за допомогою адсорбованих ВГР, у структурні макроагрегати.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л. : Наука, 1980. – 288 с.

Aleksandrova, L. N., 1980, "Soil organic matter and its transformation processes", Leningrad, Nauka, 288 p.

Вернадский В. И. Биосфера / В. И. Вернадский. – М., Л.: Науч.-техн. изд-во, 1926. – 234 с.

Vernadsky, V. I., 1926, "Biosphere", Moscow, Leningrad Scientif.-tehn. Publishers, 234 p.

Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів Лісостепу і Степу України / В. В. Дегтярьов; за ред. д-ра. с.-г. наук, проф. Д. Г. Тихоненка; Харк. нац. аграр. ун. ім. В. В. Докучаєва. – Х. : Майдан, 2011. – 360 с.

Degtyarev, V. V., 2011, "Humus of chernozem forest-steppe and steppe of Ukraine", for Ed. Dr. agri. sciences, prof. D. G. Tihonenko, Khark. nat. agrarian. University named after V. V. Dokuchaev, Kharkiv, Maydan, 360 p.

Докучаев В. В. Избранные соч.: в 3-х т. / В. В. Докучаев. – М. : Сельхозгиз, 1949.

Dokuchaev, V. V., 1949, "Selected Works", Moscow, Selkhozgiz.

Дюшафур Ф. Основы почвоведения / Ф. Дюшафур. – М. : Прогресс, 1970. – 591 с.

Dyushafur, F., 1970, "Fundamentals of Soil Science", Moscow, Progress Publishers, 591 p.

Лактионов Н. И. Влияние распашивания на качественные изменения активного гумуса черноземов Украины / Н. И. Лактионов, В. В. Дегтярев // Тез. докл. II съезда почвоведов и агрохимиков Укр.ССР. – Х., 1986. – С. 34-35.

Laktionov, N. I., Degtyarev, V. V., 1986, "Influence of plowing on the qualitative changes of the active humus chernozems Ukraine", Proc. of reports II congress of soil scientists and agrochemists Ukr.SSR. Kharkov, p. 34-35.

Лактионов Н. И. Коллоидно-химические исследования гумуса почв как полидисперсной системы: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с.-х.наук: спец. 06.01.03 «Агропочвоведение и агрофизика» / Н. И. Лактионов. – К., 1962. – 24 с.

Laktionov, N. I., 1962, "Colloid-chemical study of soil humus as polydispersion system", Author. dis. for the degree of PhD. agri.s: special. 06.01.03 "Agrology and agrophysics", Kyiv, p. 24.

Медведев В. В. Механизмы образования макроагрегатов черноземов / В. В. Медведев // Почвоведение. – 1994. – № 11. – С. 24-30.

Medvedev, V. V., 1994, "Mechanisms of formation of makroagregats of black soils", Eurasian Soil Science, no. 11, p. 24-30.

Милановский Е. Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения / Е. Ю. Милановский. – М. : ГЕОС, 2009. – 188 с.

Milanovsky, E. Y., 2009, "Soil humic substances as natural hydrophobic-hydrophilic compounds", Moscow, GEOS, 188 p.

Пономарева В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л. : Наука, 1980. – 221 с.

Ponomareva, V. V., Plotnikova, T. A., 1980, "Gumus and soil formation", Leningrad, Nauka, 221 p.

Соколовский А. Н. Избранные труды / А. Н. Соколовский. – К. : Урожай, 1971.

Sokolovsky, A. N., 1971, "Selected Works", Kyiv, Vintage.

Соколовский А. Н. Сельскохозяйственное почвоведение / А. Н. Соколовский. – М., 1956. – 335с.

Sokolovsky, A. N., 1956, "Agricultural soil science", Moscow, 335 p.

Тюлин А. Ф. Вопросы почвенной структуры в лесу / А. Ф. Тюлин // Почвоведение. – 1955. – № 1. – С. 33.

Tyulin, A. F., 1955, "Questions of soil structure in the woods", Eurasian Soil Science, no. 1, p. 33.

Стаття надійшла в редакцію: 04.10.2013

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

CHEMISTRY OF SOILS



S. V. Krohin

Cand. Sci. (Agric.)

O. I. Morgunova

UDK 631.416 (477)

*V. V. Dokuchayev Kharkiv National Agrarian University,
Kharkov, Ukraine,
e-mail: olga_alex_good@mail.ru*

ALKALINE HYDROLYZED NITROGEN ON VIRGIN AND AGROGENE SOILS OF THE FOREST-STEPPE AND STEPPE REGIONS OF UKRAINE

Abstract. A great number of scientists worldwide have been interested in nitrogen regime of the soils from the ancient time up to now. High and stable yields of agricultural crops depend on nitrogen content and its dynamics in the soil. In those regions where environmental condition do not restrict growth and development of agricultural crops, farming productivity is determined by the content of those nitrogen forms in the soil which are easily assimilated by the plants (Bray, 1986).

To estimate nitrogen provision there is a concept of the nitrogen which is easily hydrolyzed with alkali in agricultural practice. I. V. Turin and M. M. Kononova refer to theme mineral nitrogen composition and a part of nitrogen of simple organic substances which comprise amino acids and amides as a result of mineralization of which ammonium and nitrate nitrogen is formed. This nitrogen characterizes the level of soil cultivation and also the level of nitrogen provision, since its content shows close correlative dependence between nitrogen which is withdrawn with alkali, humus content, general nitrogen content and nitrification ability. Cornfield adds ammonium nitrogen exchange, free and absorbed ammonium nitrogen exchange, free and absorbed ammonia, amides, partially amino acids and amino sugars to these compositions (Marchuk, 2014).

So, it is rather difficult to investigate the variations of alkaline hydrolyzed nitrogen content in dark brown soils and common and typical black soil of Ukraine under the influence of agricultural activity of a man.

Soil samples assortment was made with a barer and soil section five times (ISO 10381-2:2004), alkaline hydrolyzed nitrogen content was determined by canfield method (Jagodin, 1982).

It was established that typical black soil are characterized by the highest content of alkaline hydrolyzed nitrogen among the investigated soils. The soils with virgin steppe and wood vegetation have the highest levels of alkaline hydrolyzed nitrogen content among all the investigated variants. Any agricultural activity leads to nitrogen reduction in 0–10 cm layer and insignificant accumulation in deeper investigated layers.

Plowing and further agricultural exploitation of Forest-Steppe and Steppe soils of Ukraine leads to alkaline hydrolyzed nitrogen loss. The soil of tillage variant have a low level of this element provision.

Considerable accumulation of alkaline hydrolyzed nitrogen is noticed in command black soil and typical black soils unlike dark brown soils and typical black soils after fallow regime introduction along the investigation soil stratum in comparison with arable soils. Comparing layers content of alkaline hydrolyzed content in fallow soils and arable soils we came to the conclusion that fallow regime introduction promotes more ever destruction of this element on the investigation soil stratum.

Alkaline hydrolyzed nitrogen content in the soils of various variants of agricultural usage is determined for Forest-Steppe and Steppe conditions of Ukraine.

© S. V. Krohin, O. I. Morgunova, 2013

Candent variations of alkaline hydrolyzed nitrogen in dark brown soils, common and typical black when introduction theme in agricultural cultivation gives and opportunity to set in fertilizers application to get highest yields in the conditions of Forest-Steppe and steppe regions Ukraine.

Key words: *alkaline hydrolyzed nitrogen, dark brawn soils, common black soils, typical black soils.*

УДК 631.416 (477)

С. В. Крохин

канд. с.-х. наук

О. И. Моргунова

Харьковской национальной аграрный университет

им. В. В. Докучаева, г. Харьков, Украина,

e-mail: olga_alex_good@mail.ru

ЛУЖНОГИДРОЛИЗОВАННЫЙ АЗОТ В ЦЕЛИННЫХ И АГРОГЕННЫХ ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПИ И СТЕПИ УКРАИНЫ

В статье представлены результаты исследований изменения содержания лужногидролизованного азота в темно-каштановых почвах и черноземах обыкновенных и типичных Украины под влиянием сельскохозяйственной деятельности человека. Установлено, что самым высоким содержанием лужногидролизованного азота, среди исследуемых почв, характеризуются черноземы типичные. Из всех вариантов исследований высокое содержание лужногидролизованного азота имеют почвы, занятые совершенно целинной степной и древесной растительностью. Любая сельскохозяйственная деятельность приводит к снижению обеспеченности почвы данным азотом.

Ключевые слова: *лужногидролизированный азот, темно-каштановые почвы, черноземы обыкновенные, черноземы типичные.*

УДК 631.416 (477)

С. В. Крохин

канд. с.-г. наук

О. І. Моргунова

Харківський національний аграрний університет

ім. В. В. Докучаєва, м. Харків, Україна,

e-mail: olga_alex_good@mail.ru

ЛУЖНОГІДРОЛІЗОВАНИЙ АЗОТ В ЦІЛИННИХ І АГРОГЕННИХ ҐРУНТАХ ЛІСОСТЕПУ І СТЕПУ УКРАЇНИ

В статті наведені результати досліджень зміни вмісту лужногидролизованного азоту в темно-каштанових ґрунтах та чорноземах звичайних і типових України під впливом сільськогосподарської діяльності людини. Встановлено, що найвищим вмістом лужногидролизованного азоту, серед досліджуваних ґрунтів характеризуються чорноземи типові. З усіх варіантів досліджень найвищий вміст лужногидролизованного азоту мають ґрунти, зайняті абсолютно цілинною степовою та деревною рослинністю. Будь-яка сільськогосподарська діяльність призводить до зниження забезпеченості ґрунту даним азотом.

Ключові слова: *лужногидролізований азот, темно-каштанові ґрунти, чорноземи звичайні, чорноземи типові.*

ВСТУП

Азотний режим ґрунтів з давніх часів і до сьогодні цікавить велику кількість учених по всьому світу. Отримання високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських рослин напряму залежить від вмісту азоту та його динаміки в ґрунтах.

Основна заслуга у піднятті та обґрунтуванні проблеми азоту як однієї з корінних в ґрунтоутворенні, родючості ґрунтів і живленні рослин належить двом видатним ученим – Д. М. Прянішнікову і І. В. Тюрину.

Розглядаючи проблему азоту в сільськогосподарській науці, засновник агрономічної хімії академік Д. М. Прянішніков відмітив, що головною умовою, яка

визначає кількість урожаю сільськогосподарських культур у різні часи, є ступінь забезпеченості рослин азотом (Прянишников, 1945).

Прогрес сучасного землеробства, направлений на збільшення урожайності сільськогосподарських рослин, а отже й пов'язаний з колообігом азоту та раціональним регулюванням азотного балансу ґрунтів. Важливість проблеми азоту в сільському господарстві посилюється тією обставиною, що рослини вживають азоту набагато більше, ніж інших елементів.

У районах, де природні умови не обмежують ріст і розвиток сільськогосподарських культур, продуктивність землеробства визначається вмістом у ґрунті тих форм азоту, що легко засвоюються рослинами (Брей, 1986).

Для оцінки забезпеченості рослин азотом в аграрній практиці існує поняття про сполуки азоту, що легко гідролізуються лугом. І. В. Тюрін, М. М. Кононова до них відносять мінеральні сполуки азоту та частину азоту простих органічних речовин, які входять до складу амінокислот і амідів, унаслідок мінералізації яких може утворитися амонійний та нітратний азот. Цей азот характеризує ступінь окультуреності ґрунтів, а також ступінь забезпеченості азотом, оскільки його вміст показує тісну кореляційну залежність між азотом, який вилучається лугом, вмістом гумусу, загальним вмістом азоту та нітрифікаційною здатністю. Корнфілд до цих сполук додає азот обмінного амонію, вільного й увібраного аміаку, амідів, частково амінокислот і аміноцукрів (Марчук, 2014).

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами досліджень були обрані темно-каштанові важкосуглинкові залишковосолонцюваті ґрунти на лесовидному суглинку Українського державного біосферного заповідника «Асканія-Нова» (Херсонська область) і чорноземи звичайні важкосуглинкові на лесовидному суглинку Українського природного степового заповідника НАНУ відділення «Хомутовський степ» (Донецької області) та чорноземи типові глибокі середньосуглинкові на лесовидному суглинку Українського природного степового заповідника НАНУ відділення «Михайлівська цілина» (Сумська область) та ґрунти агроценозів, що межують з ними.

Варіанти досліджень: абсолютна цілина; кошена цілина; переліг; деревна рослинність (лісосмуга або парк); рілля.

Відбирання зразків ґрунту проводилось буром та з ґрунтових розрізів у п'ятикратній повторності (ДСТУ ISO 10381-2:2004.), уміст лужногідролізованого азоту визначався за методом Корнфілда (Ягодин, 1982).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Самий високий уміст лужногідролізованого азоту в темно-каштанових ґрунтах «Асканії-Нова» (рис. 1) установлено в 0–10 сантиметровому шарі ґрунтів варіантів парку та абсолютної цілини. У ґрунтах парку вміст лужногідролізованого азоту складає 21,7 мг/100 г ґрунту, що відповідає високому ступеню забезпечення. У цілинних ґрунтах ступінь забезпечення підвищений і становить 17,78 мг/100 г ґрунту. З глибиною спостерігається зниження вмісту лужногідролізованого азоту. У ґрунтах парку воно поступове і, порівняно з аналогічними шарами інших варіантів досліджень, вміст дещо вищий та відповідає середньому ступеню забезпечення. У цілинних ґрунтах диференціація між вмістом лужногідролізованого азоту в 0–10 та 10–20 сантиметрових шарах становить майже 50 %, тобто ступінь забезпечення з підвищеного змінюється на низький і становить 9,8 мг/100 г ґрунту.

У ґрунті варіанту кошеної цілини вміст лужногідролізованого азоту на 28 % нижчий, ніж в аналогічному шарі цілинних ґрунтів. Ступінь забезпечення ґрунту кошеної цілини у 20-сантиметровому шарі є середнім і складає в шарі 0–10 см – 12,67 мг/100 г ґрунту, в 10–20 см – 9,38 мг/100 г ґрунту.

Розорювання та подальше сільськогосподарське використання темно-каштанових ґрунтів призводить до втрати лужногідролізованого азоту. Ґрунти варіанту рілля мають низький рівень забезпечення даним елементом майже по всій досліджуваній товщі ґрунту і лише у 10–20-сантиметровому шарі спостерігається незначне підвищення вмісту лужногідролізованого азоту, що відповідає нижній межі середнього забезпечення.

Уведення перелогового режиму на темно-каштанових ґрунтах призводить до накопичення лужногідролізованого азоту порівняно з орними ґрунтами на 10 % у верхньому шарі та зменшенню його умісту в більш глибоких досліджуваних шарах. Порівнюючи пошарово уміст легкогідролізованого азоту, можна зробити висновок, що шар ґрунту 10–40 см перелугу характеризується найнижчим умістом даного елементу порівняно з аналогічними шарами інших варіантів досліджень.

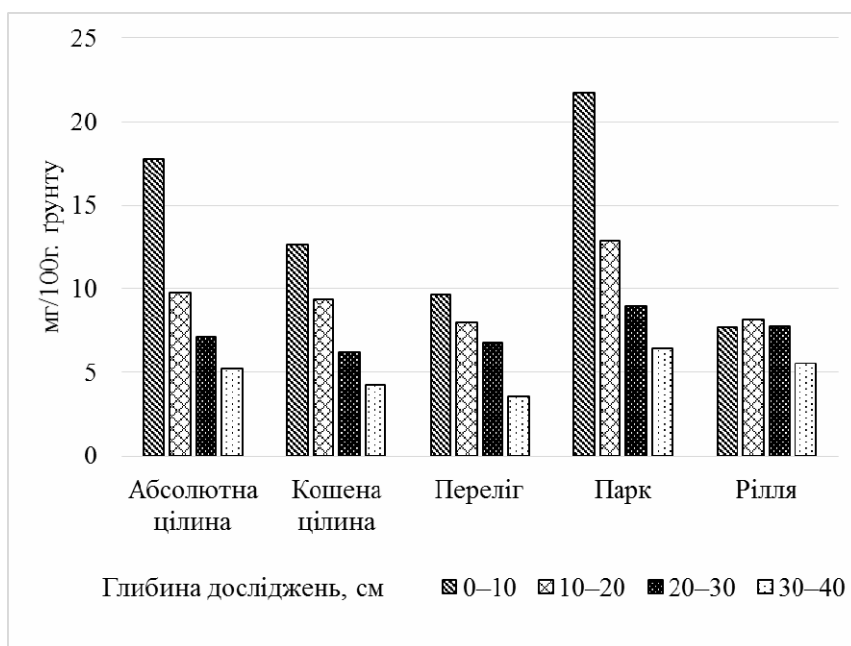


Рис. 1. Уміст лужногідролізованого азоту в темно-каштанових ґрунтах «Асканія-Нова»

З глибини 20 см у ґрунтах всіх варіантів досліджень, окрім паркової зони, відмічається низький ступінь забезпечення лужногідролізованим азотом.

У чорноземах звичайних «Хомутовського степу» вміст лужногідролізованого азоту вищий, ніж в темно-каштанових ґрунтах (рис. 2). Абсолютно цілинні чорноземи звичайні у 0–10 сантиметровому шарі містять 20,79 мг/100 г ґрунту лужногідролізованого азоту, що є мінімальною межею високого ступеня забезпечення ґрунтів даним елементом. З глибиною його уміст знижується до середнього ступеня забезпеченості по всій досліджуваній товщі ґрунту.

Викошування цілинної рослинності на чорноземах звичайних призводить до досить незначного зниження (на 4 %) вмісту лужногідролізованого азоту у 0–10-сантиметровому шарі та підвищенню його умісту у більш глибоких досліджуваних шарах, порівняно з аналогічними шарами цілинних ґрунтів.

У чорноземі під лісосмугою спостерігається менший уміст лужногідролізованого азоту у шарі ґрунту 0–10 см, ніж в аналогічному шарі абсолютно цілинних чорноземів звичайних, але цей показник приблизно на 7 мг/100 г ґрунту вищий, ніж в аналогічному шарі орних чорноземів. З глибиною (10–

20 см) ця різниця зменшується і вже з 20-сантиметрової глибини вміст лужногідролізованого азоту в ґрунтах, під деревною рослинністю зростає, відносно до аналогічних шарів інших варіантів.

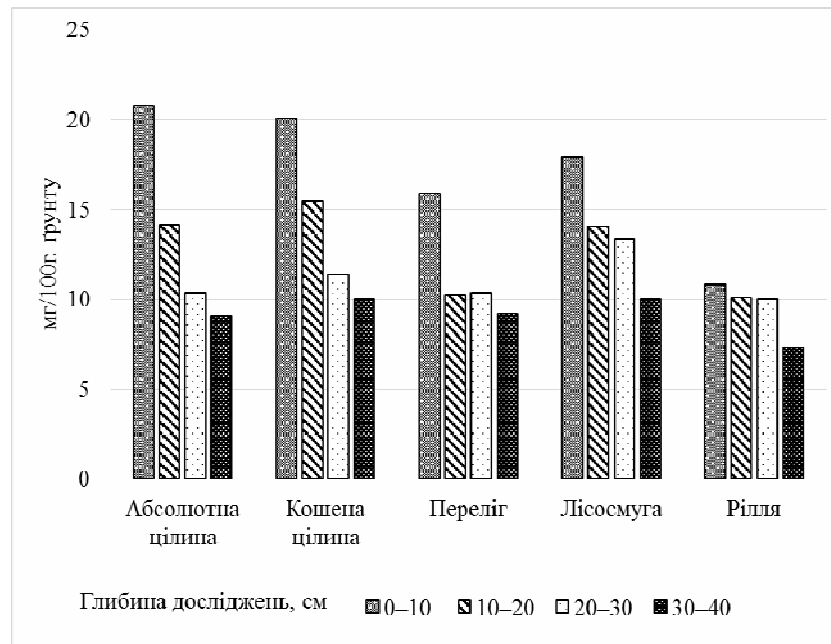


Рис. 2. Уміст лужногідролізованого азоту в чорноземах звичайних «Хомутовського степу»

Розорювання чорноземів звичайних призводить до зменшення вмісту лужногідролізованого азоту по всій досліджуваній товщі порівняно з ґрунтами цілинного варіанту досліджень. Результати досліджень показують, що найбільш суттєве зниження вмісту лужногідролізованого азоту (майже на 50 %) спостерігається в 0–10 сантиметровому шарі.

У чорноземах звичайних, на відміну від темно-каштанових ґрунтів, після введення перелогового режиму спостерігається значне накопичення лужногідролізованого азоту по всій досліджуваній товщі порівняно з ґрунтом ріллі. Найбільший уміст даної форми азоту спостерігається у 0–10-сантиметровому шарі ґрунту, що, на нашу думку, пов'язано зі збільшенням кількості рослинних решток, що залишаються на полі та підлягають процесам гуміфікації і мінералізації.

З усіх досліджуваних варіантів найвищим умістом лужногідролізованого азоту характеризуються чорноземи типові абсолютно цілинної ділянки заповідника «Михайлівська цілина» (рис. 3). Уміст даного елемента у 0–10-сантиметровому шарі абсолютної цілини складає 30,87 мг/100 г ґрунту, що відповідає високому забезпеченню. Дещо вищий вміст спостерігається в 10–20 см шарі орних чорноземів типових. О. А. Чесняк (1965) підвищення вмісту лужногідролізованого азоту при розорюванні цілини пояснює посиленням процесів амоніфікації та нітрифікації, в зв'язку з покращенням водно-повітряного режиму в орних ґрунтах. У решті досліджуваних шарів орних чорноземів типових відмічається зменшення вмісту лужногідролізованого азоту порівняно з аналогічними шарами цілинних чорноземів типових. У 0–10-сантиметровому шарі таке зменшення пояснюється слабким забезпеченням вологою та сильним прогріванням через високі температури навесні, про що свідчать дані кліматичних умов території досліджень. Зменшення вмісту лужногідролізованого азоту в чорноземах типових та темно-каштанових ґрунтах при

звичайному сільськогосподарському використанні відмічав В. Д. Муха (2004). Однак, він зазначав, що окультурювання призводить до суттєвого зростання даного показника.

Результати досліджень показали, що викошування цілинної рослинності викликає незначне зниження (на 5 %) вмісту лужногідролізованого азоту у чорноземах типових у 0–10-сантиметровому шарі та збільшення (на 15 %) у 10–20-сантиметровому шарі. У шарі 20–30 см вміст лужногідролізованого азоту в чорноземах абсолютної цілини становить 20,16 мг/100 г ґрунту, а кошеної цілини – 17,57 мг/100 г ґрунту. Тобто спостерігається зниження вмісту даного елементу приблизно на 13 % відносно аналогічного шару абсолютно цілинних ґрунтів. З глибиною (30–40 см) відмічається зниження цього показника приблизно на 10 % відносно аналогічного шару чорноземів абсолютної цілини, це свідчить про зменшення впливу антропогенної діяльності на вміст лужногідролізованого азоту у більш глибоких шарах ґрунту.

Насадження деревної рослинності на чорноземах типових «Михайлівської цілини» викликало зменшення умісту лужногідролізованого азоту лише у 0–10-сантиметровому шарі приблизно на 5 % відносно абсолютно цілинного ґрунту. Це показує, що вплив деревної рослинності та викошування цілинної рослинності на вміст лужногідролізованого азоту у 0–10-сантиметровому шарі чорноземів типових майже однаковий. З глибиною у чорноземі під лісосмугою спостерігається поступове зменшення вмісту лужногідролізованого азоту по досліджуваних шарах ґрунту. Але порівнюючи уміст лужногідролізованого азоту в чорноземах типових лісосмуги з умістом даного елемента в аналогічних шарах абсолютно цілинних ґрунтів бачимо, що значення у ґрунті під лісосмугою перевищують значення варіанту абсолютної цілини: у шарі 10–20 см; 20–30 см; 30–40 см відповідно на 8 %, 11 % і 5 %.

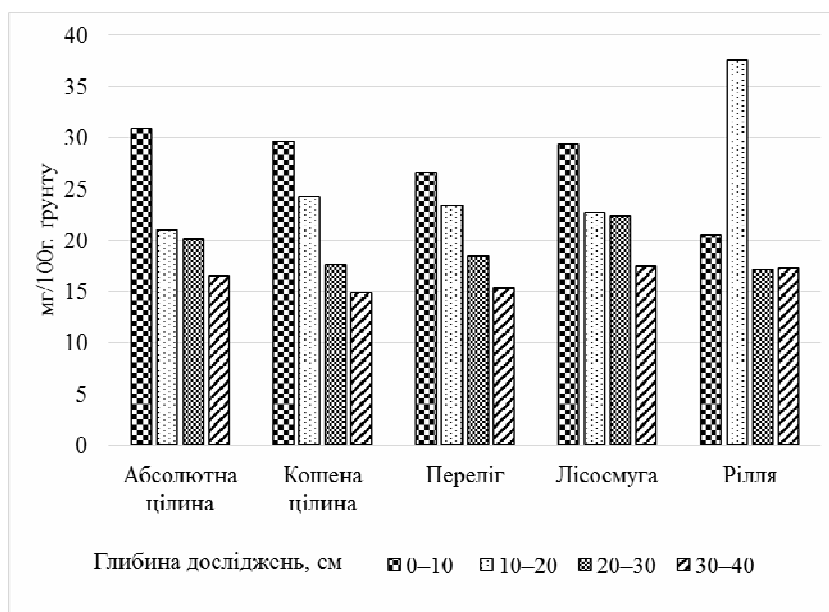


Рис. 3. Уміст лужногідролізованого азоту в чорноземах типових «Михайлівської цілини»

У чорноземі перелугу вміст лужногідролізованого азоту у 0–10-сантиметровому шарі складає 26,60 мг/100 г ґрунту, що на 20 % вище, ніж в аналогічному шарі ґрунту ріллі. У більш глибоких шарах досліджуваної товщі ґрунту вміст даного елементу знижується. Ступінь забезпеченості чорноземів типових перелугу лужногідролізованим азотом у верхньому 20-сантиметровому шарі – високий, а шарі

30–40 см – середній. Порівнюючи пошарово вміст лужногідролізованого азоту в чорноземах типових перелогу та ріллі приходимо до висновку, що уведення перелогового режиму сприяє більш рівномірному розподілу даного елементу по досліджуваній товщі ґрунту.

ВИСНОВКИ

Дослідження вмісту лужногідролізованого азоту в темно-каштанових ґрунтах та чорноземах звичайних і типових показують, що вміст лужногідролізованого азоту напряму залежить від вмісту загального гумусу, тому найвищий даний показник мають чорноземи типові. Розорення та подальше сільськогосподарське використання темно-каштанових та чорноземних ґрунтів призводить до зниження вмісту лужногідролізованого азоту, особливо у верхніх шарах ґрунту. Уведення перелогового режиму, на усіх досліджуваних ґрунтах сприяє незначному накопиченню лужногідролізованого азоту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Брей С. М.** Азотный обмен в растениях / С. М. Брей. – М. : Агропромиздат, 1986. – 200 с.
Bray, S. M., 1986 "Nitrogen metabolism in plants", Moscow, Agropromizdat, 200 p.
- Марчук І.** Проблеми азоту в землеробстві / І. Марчук // Пропозиція. – Український журнал з питань агробізнесу № 01.2014 [Електронний ресурс] <http://www.propozitsiya.com/?page=146&itemid=3173>
Marchuk, I., 2014, "Problems of nitrogen in agriculture", Offer. – Ukrainian magazine about agribusiness no 01. [electronic resource]http://www.propozitsiya.com/?page=146&itemid=3173
- Муха В. Д.** Естественнo-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности) / В. Д. Муха. – М. : Колосс, 2004. – 271 с.
Myha, V. D., 2004, "Natural evolution of anthropogenic soils (general patterns and zonal features)", Moscow, Colossus, 271 p.
- Прянишников Д. Н.** Азот в жизни растений и в земледелии СССР / Д. Н. Прянишников. – М. : АН СССР, 1945. – 257 с.
Pryanishnikov, D. N., 1945, "Nitrogen in the life of plants and agriculture in the USSR", Moscow, AN SSSR, 257 p.
- Чесняк О. А.** Изменение плодородия мощного чернозема Лесостепи Украины под влиянием сельскохозяйственной культуры: автореф. диссертации на получение кандидата с.-х. наук: 06.01.03 / О. А. Чесняк. – Х., 1965. – 150 с.
Chesnyak, O. A., 1965, "Changing fertility powerful chernozem steppe of Ukraine under the influence of the crop": theses for the candidate of agricultural sciences: 06.01.03., Kharkiv, 150 p.
- Ягодин Б. А.** Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин, И. П. Дерюгин, Ю. П. Жуков и др. – М. : Агропромиздат, 1982. – 512 с.
Jagodin B. A., 1982, "Workshop on Agricultural Chemistry", Moscow, Agropromizdat, 512 p.

Стаття надійшла в редакцію: 15.10.2013

Рекомендує до друку: д-р с.-г. наук, проф. А. В. Боговін

CHEMISTRY OF SOILS



I. A. Silich

UDK 631.461.9: 502.53

*Krivoy Rog Pedagogical Institute
«Krivoy Rog National University»,
Krivoy Rog, Ukraine,
e-mail: irinysich@yandex.ru*

THE CONTENT OF MOBILE FORMS OF HEAVY METALS IN RECREATION EDAPHOTOPS AND INDUSTRIAL AREAS OF KRYVORIZHYA

Abstract. The development of modern mining-metallurgical industry is inextricably linked to environmental pollution. The main and most dangerous contaminants are heavy metals, such as their mobile forms.

Krivoy Rog is one of the largest industrial center of Ukraine, so the issue of environmental pollution is quite relevant. Many researchers have paid much attention to the study of soil contamination areas adjacent to the North and Ingulets Mining. The aim of our study was to determine the edaphotops' pollution regional differences of industrial and recreational zones of Kryvorizhzhya by mobile forms of HM.

For a detailed analysis of heavy metals in soils it was conducted an environmental and hygienic evaluations of the content of mobile forms. The soil samples selection and preparation was realized by standart methods. The mobile forms of HM were determined by atomic absorption spectrophotometry in ammonium-acetate extract pH 4,8.

There was also selected the local background plot situated in the steppe zone of northern steppe subzone. The soil of this area is represented by ordinary black middle-and powerful medium that is typical for the study area. In the local background plot soils among the metals of the first class of danger the biggest content of plumbum was revealed. Among the metals of the second class of danger nickel dominated. Among the metals of the third class of danger the high indicator of manganese were fixed.

By the results of environmental analisis the recreational zones of Kryvorizhzhya have almost the identical level of contamination by mobile forms of HM. The biggest excess in all examined areas is fixed for elements of Zn, Mn, Pb.

The research established the concentration content of mobile forms of heavy metals for recreational and industrial areas of Krivoy Rog in comparison with concentrations of heavy metals in the local background area. There was fixed the abnormal content of Pb in the background section, which is on par with MPC. Significant excess concentrations of Pb and Mn were fixed in all studied areas. It was found that Saksagansky borough has the highest levels of accumulation of heavy metals and environmental and hygienic evaluations.

The phenomenon of unpermissible content of certain metals can be explained by geochemical characteristics of the region.

Keywords: *soil, pollution, heavy metals, mobile forms, recreational and industrial areas, the local background area.*

© I. A. Silich, 2013

УДК 631.461.9: 502.53

И. А. Силич

*Криворожский педагогический институт ГВУЗ
«Криворожский национальный университет»,
г. Кривой Рог, Украина,
e-mail: irinysich@yandex.ru*

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭДАФОТОПАХ РЕКРЕАЦИОННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН КРИВОРОЖЬЯ

В результате проведенных исследований установлены концентрации содержания подвижных форм тяжелых металлов для рекреационных и промышленных зон Криворожья. Проведено сравнение с концентрациями тяжелых металлов на территории локального фоновой участка. Осуществлена экологическая и гигиеническая оценка содержания подвижных форм тяжелых металлов. Выявлены значительные превышения концентраций Pb на территории всех исследуемых районов. Установлено, что Саксаганский район города имеет наибольшие уровни накопления тяжелых металлов за экологической и гигиенической оценками.

Ключевые слова: почва, загрязнение, тяжелые металлы, подвижные формы, рекреационные и промышленные зоны, локальный фоновый участок.

УДК 631.461.9: 502.53

І. О. Сіліч

*Криворізький педагогічний інститут ДВНЗ
«Криворізький національний університет»,
м. Кривий Ріг, Україна,
e-mail: irinysich@yandex.ru*

ВМІСТ РУХОМИХ ФОРМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ЕДАФОТОПАХ РЕКРЕАЦІЙНИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ЗОН КРИВОРІЖЖЯ

В результаті проведених досліджень встановлені концентрації вмісту рухомих форм важких металів для рекреаційних та промислових зон Криворіжжя. Проведено порівняння із концентраціями важких металів на території локальної фонові ділянки. Здійснена екологічна та гігієнічна оцінка вмісту рухомих форм важких металів. Виявлено значні перевищення концентрацій Pb на території всіх досліджуваних районів. Встановлено, що Саксаганський район міста має найбільші рівні накопичення важких металів за екологічною та гігієнічною оцінками.

Ключові слова: ґрунт, забруднення, важкі метали, рухомі форми, рекреаційні та промислові зони, локальна фонові ділянка.

ВСТУП

Сучасне гірничо-металургійне виробництво є потужним джерелом надходження в навколишнє середовище важких металів, які активно накопичуються в ґрунтах великих промислових регіонів. Переважна більшість мікроелементів акумулюється у верхньому гумусовому горизонті. Найбезпечніші з них рухомі форми, оскільки вони є найбільш доступними для живих організмів.

Проблеми забруднення важкими металами (ВМ) ґрунтів Криворіжжя неодноразово висвітлювалися в наукових публікаціях (Гапон, Гришко, Кучеревський, Савосько).

Всі проведені роботи можна згрупувати за наступними напрямками: еколого-біологічні; еколого-геологічні; еколого-гігієнічні.

Найбільш детально досліджувалася центральна частина регіону, зона розміщення металургійного комбінату (Гришко, 2002). Також достатньо детально вивчено різноманітні аспекти забруднення ґрунтів територій, прилеглих до Північного та Інгулецького ГЗК (Гришко, 2012). У цих роботах зроблена спроба

системно дослідити рівні забруднення ґрунтів Криворіжжя ВМ причому як валовими, так і рухомими формами.

Тому постало актуальне питання дослідження вмісту рухомих форм ВМ в ґрунтах Криворіжжя промислових та рекреаційних зон.

Мета дослідження: визначити регіональні особливості забруднення едафотопів промислової та рекреаційної зон Криворіжжя рухомими формами ВМ.

МЕТОДИ ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження були обрані едафотопи промислових та рекреаційних зон 5 адміністративних районів міста. В якості контролю була використана територія локальної фонової ділянки села Олександрівки Долинського району Кіровоградської області. Контрольна ділянка знаходиться на значному віддаленні (понад 50 км) від промислових підприємств, чиста в межах природної геохімічної аномалії.

Відбір зразків здійснювався методом конверту із глибини 0–20 см. Підготовка зразків проводилась за стандартними методиками. Рухомі форми ВМ визначали атомно-абсорбційною спектрофотометрією в амонійно-ацетатній витяжці рН 4,8. Отримані результати опрацьовували методами варіаційної статистики на рівні значущості $P \leq 5\%$ (Лакин, 1990; Кауричев, 1986).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вміст важких металів в ґрунтах локальної фонової території

Згідно сучасного ґрунтового районування території України локальна фонова ділянка розташована в степовій зоні в підзоні північного степу. Ґрунтовий покрив представлений чорноземами звичайними середньогумусними та середньопотужними (Жовинський, 2002).

Аналіз отриманих результатів вмісту рухомих форм ВМ в ґрунтах локальної фонової ділянки Криворіжжя наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вміст рухомих форм важких металів в ґрунтах локальної фонової ділянки, мг/кг

№ п/п	Важкий метал	Статистичні параметри				
		Min	Max	M	m	V, %
I клас небезпеки						
1	Pb	1,75	2,40	2,07	0,14	16,99
2	Cd	0,04	0,08	0,06	0,01	34,06
3	Zn	0,83	1,17	1,00	0,07	18,27
II клас небезпеки						
4	Ni	1,58	2,06	1,82	0,11	14,26
5	Cu	0,40	0,06	0,60	0,05	18,41
III клас небезпеки						
6	Mn	26,73	34,35	30,54	1,70	12,15
7	Fe	1,81	2,42	2,42	0,14	13,72

Примітка: Min – мінімальне значення; Max – максимальне значення; M – середнє значення вибірки; m – абсолютна похибка середнього значення; V, % – коефіцієнт варіації.

Виявлено, що в ґрунтах локальної фонової ділянки серед металів I класу небезпеки найбільший вміст характерний для свинцю, концентрація якого коливається в межах $2,07 \pm 0,14$ мг/кг. Вміст цинку майже у два рази менший і становить $1,00 \pm 0,07$ мг/кг, кадмію – в 35 разів менше – $0,06 \pm 0,01$ мг/кг. Серед металів другого класу небезпеки домінує нікель, концентрація якого становить $1,82 \pm 0,11$ мг/кг. Кількість міді знаходиться в межах порядку і менша від вмісту нікелю майже в 3 рази – $0,06 \pm 0,05$ мг/кг. Марганець характеризується найвищими показниками концентрації як серед елементів III класу небезпеки так і серед всіх

досліджених металів – $30,54 \pm 1,70$ мг/кг. Кількість заліза приблизно в 1,5 рази менша і становить $2,42 \pm 0,14$ мг/кг (табл. 1).

На нашу думку, для виявлення особливостей вмісту важких металів на території локальної фонові ділянки актуальним є порівняння їх концентрацій з діючими нормативами, а саме з ГДК. Проведені розрахунки показали, що вміст Zn, Cd, Cu в ґрунтах становить лише 5–12 % від значення ГДК; Ni, Mn складає від 45 до 61 %. Вміст Pb знаходиться на рівні ГДК. Для ґрунтів фонові ділянки це явище аномальне, але його можна пояснити геохімічними особливостями довкілля регіону.

В науковій літературі неодноразово розглядалось питання вмісту важких металів різної форми рухомості в локальних фонових ділянках. (Савосько, 2000; Фатєєва, 2003). Тому ми вирішили узагальнити дані по Криворіжжю саме по вмісту рухливих форм в межах локальних фонових ділянок. Відмічено в південній та південно-східній частині (напрям віддалення від промислових підприємств) пляму із перевищенням вмісту свинцю в порівнянні із ГДК в 2–2,5 рази. Вміст цинку на даній території зафіксовано в межах 120–150 мг/кг ґрунту, що приблизно в п'ять разів перевищує нормативні показники (Малахов, 1999). На плакорі балки Північна Червона та чорноземах Криворізького ботанічного саду не зафіксовано перевищень рухомих форм ВМ у порівнянні із ГДК (Гришко, 2002). Для локальних фонових ділянок Криворіжжя «Північ», «Південь», «Заплава» максимальні концентрації рухомих форм зафіксовано для заліза – 660–1840 мг/кг. Інші метали мають менший вміст: на порядок – марганець – 100–330 мг/кг, на два порядки – цинк – 11,14 мг/кг, нікель – 15,32 мг/кг, на три порядки – мідь – 2,21 мг/кг, свинець – 0,72–4,88 мг/кг, на чотири – кадмій – 0,11–0,9 мг/кг (Савосько, 2009).

Відповідно до сучасних еколого-статистичних припущень вміст хімічних елементів в ґрунтах, які знаходяться поза межами антропогенного впливу, характеризується інтервальним значенням (Лакин, 1990). Межі такого інтервалу визначаються за таким математичним виразом: $\min_{\text{знач}} = M - t^*m$; $\max_{\text{знач}} = M + t^*m$, де M – середнє арифметичне значення; t – критерій Стюдента; m – абсолютна похибка середнього арифметичного. При цьому слід відзначити, що за умови нашого дослідження ($P \leq 0,05$; $n > 30$) $t = 2,04$ (табличне значення). На основі даних тверджень були розраховані довірчі інтервали вмісту рухомих форм важких металів для локальної фонові території (табл. 2).

Таблиця 2

Довірчі інтервали вмісту рухомих форм важких металів для локальної фонові території

№ п/п	Важкий метал	Статистичні параметри		
		M – 2 m	M	M + 2 m
I клас небезпеки				
1	Pb	1,79	2,07	2,35
2	Cd	0,04	0,06	0,08
3	Zn	0,86	1,00	1,14
II клас небезпеки				
4	Ni	1,6	1,82	2,04
5	Cu	0,50	0,60	0,7
III клас небезпеки				
6	Mn	27,14	30,54	33,94
7	Fe	2,14	2,42	2,70

Вміст важких металів в ґрунтах промислової зони Криворіжжя

Відповідно до сучасних методичних підходів, оцінка вмісту важких металів в ґрунтах промислових регіонів здійснюється шляхом порівняння виявлених концентрацій з: а) значеннями ГДК; б) локальним фоновим рівнем (Фатєєва, 2003).

Гігієнічна оцінка. Аналіз отриманих результатів показав, що ґрунти промислової зони Саксаганського району характеризуються найбільшим рівнем забруднення важкими металами. Так, вміст Cd, Zn, Mn в 1,1–2,4 разів перевищують значення ГДК; Pb – у 4,8 рази; Cu – у 22 рази (табл. 3).

В ґрунтах Жовтневого і Інгулецького районів виявлені незначні перевищення концентрацій ГДК (в 1,1–1,4 рази) за такими елементами як Mn та Pb (табл. 3).

За результатами наших досліджень, в ґрунтах Тернівського та Дзержинського районів вміст рухомих форм важких металів знаходиться на рівні ГДК. Виключенням в даному випадку є Pb, кількість якого у 1,1–1,6 разів вища за ГДК (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст рухомих форм ВМ в промислових зонах Криворіжжя, мг/кг									
№ п/п	Район	Статис- тичні параметри	Важкий метал						
			І клас небезпеки			ІІ клас небезпеки		ІІІ клас небезпеки	
			Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	Mn	Fe
1	Тернівсь- кий	М	3,20	0,08	15,27	3,20	1,42	34,24	1,73
2		м	0,21	0,01	6,78	0,21	0,05	2,41	0,06
3		V, %	15,84	26,84	108,82	15,84	8,7	17,21	8,80
4	Жовт- невий	М	2,86	0,06	12,23	1,18	4,63	51,31	1,58
5		м	0,17	0,01	2,74	0,07	1,46	2,67	0,11
6		V, %	22,55	23,41	83,67	22,52	118,15	19,50	25,03
7	Сакса- ганський	М	9,63	0,78	46,28	1,40	110,81	111,77	13,14
8		м	0,33	0,14	3,47	0,16	24,44	6,12	2,26
9		V, %	8,30	45,73	18,38	28,04	54,03	13,40	42,18
10	Дзер- жинсь- кий	М	2,17	0,09	7,72	1,13	0,34	48,45	1,77
11		м	0,12	0,01	1,18	0,07	0,04	2,41	0,08
12		V, %	13,30	16,62	37,38	14,52	29,17	12,18	11,05
13	Інгулець- кий	М	2,66	0,32	6,06	0,56	0,34	50,61	2,03
14		м	0,47	0,09	0,76	0,08	0,07	5,08	0,25
15		V, %	50,20	77,47	35,56	39,62	59,91	28,41	35,27
ГДК			2	0,7	23	4	5	50	Не нор- мується

Примітка: М – середнє значення вибірки; m – абсолютна похибка середнього значення; V, % – коефіцієнт варіації.

Екологічна оцінка. Як і в попередньому випадку ґрунти промислової зони Саксаганського району виявилися найбільш забрудненими. Доведено, що вміст Mn, Pb, Fe у 3,7–5,4 рази вищий значень регіонального фону; Cd – у 13–47 разів; Cu – у 185 разів (табл. 3).

Ґрунти Жовтневого та Тернівського районів характеризуються середнім рівнем забруднення. Так, вміст Mn, Pb, Cd, Ni у 1,1–1,8 разів вище фонових; Cu – 2,4–7,7 разів; Zn – 12–15 разів (табл. 3).

Результати наших досліджень показали, що ґрунти Дзержинського та Інгулецького районів найменш забруднені важкими металами. Рівні перевищення фонових значень таких металів як Pb, Cd, Mn знаходяться в межах 1,1–1,7 разів. Виключенням є Zn, рівні накопичення якого становлять 6–7 разів від фонових значень.

Серед важких металів із гігієнічної точки найбільш небезпечним є Pb. Для даного елемента встановлено перевищення значень ГДК для всіх районів Криворіжжя. Кількість Mn знаходиться на рівні ГДК в ґрунтах Жовтневого, Дзержинського та Інгулецького районів. В той час як для Саксаганського району його кількість перевищує 2,2 рази від нормативів ГДК. Вміст Cd, Ni, Zn, Cu в ґрунтах промислової зони Криворіжжя значно нижчий від значень ГДК. Виключенням є лише ґрунти Саксаганського району.

З екологічної точки зору, найбільш небезпечними металами є Cu та Zn. Так, вміст Zn у 6–45 разів вище за фонові значення, вміст Cu – у 3–185 разів. При цьому слід зазначити, що накопичення Zn виявлене у всіх районах Криворіжжя, Cu лише у Тернівському, Жовтневому, Саксаганському.

Техногенний вплив зумовив, на нашу думку, вилугування Fe в промисловій зоні Криворіжжя, тому його вміст в ґрунтах знаходиться на рівні 65–85 % від локального фону.

Таким чином, в ґрунтах промислової зони Криворіжжя відбувається накопичення та вилугування рухомих форм важких металів. Найбільші рівні накопичення встановлено в Саксаганському районі. Серед важких металів найбільш небезпечним із гігієнічної точки зору є Pb; з екологічної – Cu та Zn.

Вміст важких металів в ґрунтах рекреаційної зони Криворіжжя

Для великого промислового міста наявність зон рекреації – необхідна умова. Оскільки особливістю Криворіжжя є його величезна протяжність, то більшість таких ділянок знаходиться вздовж автотранспортної мережі міста. Досліджені зразки ґрунту були відібрані із територій скверів та парків. Отримані результати занесені до таблиці 4.

Таблиця 4

Вміст рухомих форм важких металів в ґрунтах рекреаційної зони Криворіжжя, мг/кг

№ п/п	Район	Статистичні параметри	Важкий метал						
			I клас небезпеки			II клас небезпеки		III клас небезпеки	
			Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	Mn	Fe
1	Тернівський	M	1,67	0,02	2,66	0,40	0,14	50,19	3,02
2		m	0,21	0,01	0,37	0,03	0,03	2,57	0,78
3		V, %	31,15	33,12	34,40	17,49	44,46	12,54	63,24
4	Жовтневий	M	2,65	0,05	5,20	1,14	0,24	56,39	1,47
5		m	0,33	0,01	1,21	0,10	0,03	4,25	0,10
6		V, %	30,50	50,62	56,78	21,96	29,99	18,48	17,34
7	Саксаганський	M	3,05	0,07	3,52	1,78	0,59	23,46	2,10
8		m	0,16	0,01	0,28	0,04	0,01	1,37	0,08
9		V, %	12,44	14,34	19,32	5,72	3,36	14,30	8,88
10	Дзержинський	M	2,08	0,07	4,88	0,55	0,07	62,85	1,09
11		m	0,12	0,01	1,15	0,02	0,01	6,58	0,04
12		V, %	13,56	5,94	57,71	7,15	21,59	25,66	8,78

Примітка: M – середнє значення вибірки; m – абсолютна похибка середнього значення; V, % – коефіцієнт варіації.

Гігієнічна оцінка. Отримані результати свідчать, що ґрунти рекреаційних зон Криворіжжя значних перевищень за вмістом важких металів не мають. Найбільше перевищень зафіксовано по вмісту Pb у Жовтневому районі – у 1,3 рази та в Саксаганському районі – у 1,5 рази. Для Тернівського та Дзержинського району даний показник знаходиться в межах 0,84–1,0 разу. Для елемента Mn в Дзержинському районі виявлено перевищення у 1,26 рази в порівнянні із ГДК.

Перевищення за цим елементом знаходиться в межах 0,47 рази для Саксаганського району, 1,13 рази – в Жовтневому районі, 1,0 – для Тернівського району (табл. 4).

За результатами наших досліджень, перевищення концентрацій ГДК за всіма іншими металами (Cd, Zn, Cu, Ni) незначне і становить від 0,01 до 0,1 разу.

Як в промислових, так і в рекреаційних зонах Саксаганського району найбільше виявлено перевищення нормативів ГДК за вмістом Pb – у 1,53 рази. З гігієнічної точки зору, даний район характеризується найбільшим рівнем забруднення важкими металами (табл. 4).

Екологічна оцінка. З екологічної точки зору, найбільш небезпечними металами для рекреаційних зон Криворіжжя встановлені Zn та Mn. За результатами наших досліджень, найбільше перевищення фонових значень зафіксовано в Жовтневому районі для Zn у 5,2 рази та для Mn – 2,06 рази у Дзержинському районі. Для інших районів за цими елементами також спостерігається перевищення фонових концентрацій. Доведено, що для Zn дане перевищення складає від 2,66 разів у Тернівському районі до 4,88 разів у Дзержинському. За концентрацією Mn у порівнянні із значеннями локальної фонові ділянки спостерігається перевищення від 0,77 разів для Саксаганського району до 1,85 рази для Жовтневого району (табл. 4).

Встановлено також збільшення вмісту Pb для всіх районів від 0,8 (Тернівський район) разів до 1,47 разів (Саксаганський район). Ґрунти Саксаганського та Дзержинського районів за вмістом Cd мають однакове перевищення середніх даних – 1,17 разів (табл. 4).

Показники вмісту рухомих форм заліза не мають нормативів ГДК, але є фонове значення, за яким ми проводимо порівняння. Таким чином, ми спостерігаємо найбільше перевищення даного показника в 1,2 разів для Тернівського району.

За результатами аналізу з екологічної точки зору, рекреаційні зони районів Криворіжжя мають приблизно однаковий рівень забруднення рухомими формами важких металів. Найбільші перевищення зафіксовано для елементів Zn, Mn, Pb у всіх досліджуваних районах.

ВИСНОВКИ

1. Вміст рухомих форм важких металів в едафотопях промислових та рекреаційних зон м. Кривий Ріг має певні перевищення показників як за їх фоновими значеннями, так і за нормативами ГДК.

2. Найбільше перевищень зафіксовано за показниками вмісту свинцю та магнію.

3. В Саксаганському районі міста виявлено найбільшу кількість перевищень показників в промислових та рекреаційних зонах за екологічною та гігієнічною оцінками.

4. Вміст Pb на території локальної фонові ділянки знаходиться на рівні ГДК. Це явище є аномальним, але його можна пояснити геохімічними особливостями доквілля регіону.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Гришко В. М. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека / В. М. Гришко, Д. В. Сищикова, О. М. Піскова, О. В. Данильчук, Н. В. Машталер. – Донецьк : Донбас, 2012. – 302 с.

Grishko, V. M., Syschykov, D. V., Piskova, O. M., Danilchuk, A. V., Mashtaler, N. V., 2012, "Heavy metals: soil intake, translocation of plants and environmental hazards", Donetsk, Donbass, 302 p.

Гришко В. М. Вміст різних за рухомістю форм важких металів в едафотопях, що зазнають техногенного впливу / В. М. Гришко, О. В. Сищикова, О. В. Данильчук // Вісник ДНУ. Серія Біологія. Екологія. – 2002. – Вип. 10, Т. 1. – С. 181-185.

Grishko, V. M., Syschykva, O. V., Danilchuk, O. V., 2002, "Content of different forms of mobility of heavy metals in edafotopah, experiencing anthropogenic impact", Bulletin of DNU. Series biology. Ecology, 10, 1, pp. 181-185.

Добровольский И. А. Некоторые закономерности распределения железа в техногенных ландшафтах Кривбасса / И. А. Добровольский, Н. Н. Цветкова, Л. К. Баранова // Мониторинговые исследования лесных экосистем степной зоны, их охрана и рациональное использование. – Д. : ДГУ, 1988. – С. 69–72.

Dobrovolsky, I. A., Tsvetkova, N. N., Baranova, L. K., 1988, "Some of the patterns of distribution of iron in the man-made landscapes of Krivbass", Monitoring the woodland ecosystem studies steppe zone, and protection and rational use, Dnipropetrovsk, DSU, pp. 69–72.

Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська / І. Д. Багрий, А. М. Білоус, Ю. Г. Вілкул, П. Ф. Гожик та ін. – К. : Фенікс, 2000. – 110 с.

"Experience comprehensive assessment and mapping of anthropogenic factors influence on the environment bridge Kyrvogo Roga and Dneprodzerzhinska", 2000, Bagriy, I. D., Bilous, A. M., Vilkul, U. G. et al., Kyiv, Phenix, 110 p.

Жовинський Э. Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э. Я. Жовинський, И. В. Кураева. – К. : Наукова думка, 2002. – 213 с.

Zhovynsky, E. Ya., Kuraeva, I. V., 2002, "Geokhimiya heavy metals in soils of Ukraine", Kyiv, Scientific thought, 213 p.

Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высш. шк., 1990. – 528 с.

Lakin, G. F., 1990, "Biometrics", Moscow, High school, 528 p.

Практикум по почвоведению / Под. ред. И. С. Кауричева. – М. : Агропромиздат, 1986. – С. 10–25.

"Soil Science workshop", 1986, edition of I. S. Kaurychyev, Moscow, Ahrompomizdat, pp. 10–25.

Савосько В. М. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, прилегающих к Северному горнообогатительному комбинату (Кривбасс) / В. М. Савосько // Вісник ДДУ. Біологія. Екологія. – Д. : ДНУ, 2000. – Вип. 8, Т. 2. – С. 64–69.

Savosko, V. M., 2000, "Contents mobile heavy metals in soils, adjoining to the north ore mining and processing combine (Krivbass)", Biology Bulletin of the DSU. Ecology, Dnipropetrovsk, DNU, 8, 2, pp. 64–69.

Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / А. І. Фатєєва, Я. В. Пашенко, С. А. Барюк та ін., за ред. А. І. Фатєєва, Я. В. Пашенко. – Харків : ННЦ «Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського», 2003. – 117 с.

"Background contents of trace elements in soils Ukraine", 2003, A. I. Fateev, Y. V. Pashchenko, S. A. Baryuk and others, edition of A. I. Fateev, Ya. V. Pashchenko, Kharkov, NSC "Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of A. N. Sokolovsky", 117 p.

Стаття надійшла в редакцію: 25.01.2013

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

RECLAMATION OF DISTURBED SOILS



L. V. Bunio
O. M. Tsvilynjuk Cand. Sci. (Biol.), Assos. Prof.
O. L. Karpyn Cand. Sci. (Biol.)
O. I. Terek Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.465:632.15:
628.516:622

Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,
e-mail: *bioza@ukr.net*

ENZYMATIC ACTIVITY OF OIL-CONTAMINATED SOIL IN THE ROOT ZONE OF *CAREX HIRTA* L. PLANTS

Abstract. In this study we investigated enzymatic activity in crude oil contaminated soil of Boryslav city and the influence on it *Carex hirta* L. plant, which were used for phytorecultivation.

Boryslav is unique city where oil extraction conducts directly in the city territory. This has led to a total contamination of soil by oil and oil products. Since recultivation of soil should be safe for the health of city population, the most ecologic way of soil restoration is phytorecultivation.

Carex hirta L. plants are resistant to oil contamination, and thus can be used for phytoremediation of oil polluted soil. Roots of these plants form mycorrhiza. The roots of plants with mycorrhiza, show very high enzymatic activity. At the same time, studies of enzyme activity changes in the plants root area under oil contamination are scarce.

Activity of soil enzymes may serve as a diagnostic parameter of the contamination degree, and in the case of phytoremediation of oil contaminated soil may be the key to understanding the mechanism of natural purification of the soil. Our task was to study the activity of enzymes from the group of oxidoreductases and hydrolases in the rhizosphere of *C. hirta* L. plants in soil artificially contaminated with crude oil.

We conducted our field research on the territory of Boryslav city. Oil was added in soil in concentration 5 %. *C. hirta* L. plants were planted 20 days after the oil spill. After 30 days of plant growth we selected soil samples from the rhizosphere and edaphosphere and determined the enzymatic activity.

We have found that oil inhibited most of soil enzymes: catalase, polyphenol oxidase, protease and dehydrogenase activity. The most sensitive to oil pollution appeared dehydrogenase and catalase, their activity was the lowest in comparison with uncontaminated soil. Obviously, the inhibitory effect of oil associated with the presence of toxic components in it, as well as anaerobic conditions of soil that prevent normal passage of redox processes and formation of humic substances in contaminated soils.

However oil pollution led to increased activity of some enzymes, namely – phosphatase and cellulase. Perhaps this activation could appear due to active demise of plant roots tissues in oil polluted soil. Also stimulatory effect on the activity of these enzymes have n- paraffins and cyclic hydrocarbons of oil. Since decomposition of oil between rows occur slower due to anaerobic conditions, and these hydrocarbons remain stable in soil for very long period, this can be another reason for increased activity of the enzymes activity in this area.

C. hirta plants presence in oil polluted soil practically did not effect activity of such enzymes as catalase and polyphenol oxidase. Activity of peroxidase, urease, invertase increased in root zone of

© L. V. Bunio, O. M. Tsvilynjuk, O. L. Karpyn, O. I. Terek, 2013

plants. Perhaps this is due to the fact that plants improved soil aeration through root growth, which led to cracking of the asphalt cover and flow of air into the soil.

Oil pollution of soil also had different effect on the activity of nitrogen metabolism enzymes. Crude oil had stimulating effect on carboanhydrases. Under crude oil influence phosphatase activity in plants spacing increased, and decreased in the root zone.

Key words: enzymatic activity of soils, crude oil contamination, oxidoreductases, hydrolases, Carex hirta L.

УДК 631.465:632.15:
628.516:622

Л. В. Буньо

О. М. Цвилюнюк

О. Л. Карпин

О. И. Терек

канд. биол. наук, доц.

канд. биол. наук

д-р биол. наук, проф.

*Львовский национальный университет им. И. Франка,
г. Львов, Украина,
e-mail: bioza@ukr.net*

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЕЗНЕННОЙ ПОЧВЫ В КОРНЕВОЙ ЗОНЕ РАСТЕНИЙ CAREX HIRTA L.

В полевом модельном опыте исследовано влияние нефтяного загрязнения (5 %) на ферментативную активность дерново-подзолистой почвы г. Борислава. Установлено снижение активности ферментов окислительно-восстановительной группы: каталазы, дегидрогеназы, полифенолоксидазы. А также увеличение активности этой группы ферментов – пероксидазы. Также нефтяное загрязнение почвы неоднозначно влияет на активность ферментов азотного обмена. Выявили активирующее действие нефти на уреазу, ингибирующее – на протеазу. На карбогидролазы нефть влияет стимулирующе – увеличивается активность целлюлазы и инвертазы. Фосфатазная активность под влиянием нефти в междурядье увеличивается, а в корневой зоне – уменьшается.

Ключевые слова: ферментативная активность почвы, оксидоредуктазы, гидролазы, Carex hirta L., нефтяное загрязнение.

УДК 631.465:632.15:
628.516:622

Л. В. Буньо

О. М. Цвілінюк

О. Л. Карпин

О. І. Терек

канд. біол. наук, доц.

канд. біол. наук

д-р біол. наук, проф.

*Львівський національний університет ім. І. Франка,
м. Львів, Україна,
e-mail: bioza@ukr.net*

ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ НАФТОЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ В КОРЕНЕВІЙ ЗОНІ РОСЛИН CAREX HIRTA L.

(дослідження виконано в рамках гранту ЗУБМДЦ на 2010–2011 рр.)

В польовому модельному досліді досліджено вплив нафтового забруднення (5 %) на ферментативну властивість дерново-підзолистого ґрунту м. Борислава. Встановлено зниження активності ферментів окисно-відновної групи: каталази, дегідрогенази, поліфенолоксидази. А також збільшення активності з цієї групи ферментів – пероксидази. Також нафтове забруднення ґрунту неоднозначно впливає на активність ферментів азотного обміну. Виявлено активуючу дію нафти на уреазу, інгібуючу – на протеазу. На карбогідролази нафта має стимулюючий вплив – збільшується активність целюлази та інвертази. Фосфатазна активність за дії нафти у міжрядді збільшується, а у кореневій зоні – зменшується.

Ключові слова: ферментативна активність ґрунту, оксидоредуктази, гідролази, Carex hirta L., нафтове забруднення.

ВСТУП

Негативними наслідками тривалих і інтенсивних антропогенних впливів є розвиток деградаційних процесів у ґрунтах. Антропогенна деградація ґрунту – це його вторинні зміни, обумовлені діяльністю людини, які супроводжуються частковою та/або повною утратою ферментативної активності, і відповідно, родючості ґрунту.

Багатьма дослідниками тривалий час вивчався вплив нафтового забруднення на властивості ґрунтів та їхню ферментативну та біологічну активності (Азнаур'ян, 2009; Кабиров, 2009; Мифтахова, 2006; Новоселова, 2008; Сакаева, 2009; Nigerian Societe for Experimental Biology, 2009; Global NEST Jornal, 2009). Зустрічаються роботи, присвячені аналізу ґрунтів, забруднених нафтопродуктами: бензином, соляркою, гасом (Kucharski, Jastrzebska, 2006), моторним маслом (Рора, 2000), мазутом (Гайворонский, 2009; Почвоведение, 2010; Ротина, 2010); поліциклічними ароматичними вуглеводнями, флуораном і бенз(а)піреном, поліхлорованими біфенілами (Wilke, Koch, 1998), продуктами окиснення нафти (Киреева, 1998).

На різних етапах деструкції нафти у ґрунті беруть участь різні групи мікроорганізмів. Як правило, мікроорганізми одного виду починають процес, а продовжують його представники іншого виду (Буньо, 2010). Тому при руйнуванні токсиканта в ґрунті спостерігається зміна видового та кількісного складу мікроорганізмів, і, відповідно, ферментативної активності ґрунту (Киреева, 2001).

Основні шляхи надходження ферментів в ґрунт – це прижиттєво виділені ферменти мікроорганізмів і коренів рослин, також внутрішньоклітинні ферменти, що поступають в ґрунт після відмирання ґрунтових організмів і рослин.

Виділення ферментів в ґрунт мікроорганізмами і коренями рослин має адаптивний характер у формі реакції-відповіді на присутність чи відсутність субстрату для роботи ферменту. Саме тому активність ґрунтових ферментів може слугувати діагностичним показником рівня антропогенного впливу на педосферу та ступеня забруднення токсикантами (Вальков, 2004), а у випадку проведення фіторе mediaції забруднених ґрунтів може бути ключем до розуміння механізму процесу природного очищення екосистем.

Тому нашим завданням було вивчення ферментативної активності ферментів з групи оксидоредуктаз і гідролаз у ризосфері стійких рослин *Carex hirta* L. у ґрунті штучно забрудненому нафтою (5 %) (польовий модельний експеримент).

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили через 30 діб після висаджування рослин осоки шорстковолосої у нафтозабруднений ґрунт (Буньо, 2010). Відбір ґрунтових зразків проводили згідно з існуючими методиками (Ґрунтово-геохімічні обстеження урбанізованих територій, 2004) та діючим ДСТУ 4287-2004 (Якість ґрунту. Відбір проб, 2005). Зразки відбирали з кореневої зони і з міжряддя (20–25 см від кореня). Відбирали по 3 зразки, які склались із трьох змішаних проб.

Для визначення ферментативної активності використовували загальноприйняті в біології ґрунту методи (Казеев, 2003). Активність каталази визначали газометричним методом (Федорц, 2009); інвертази, целюлази, поліфенооксидази – титруванням (Грицаєнко, 2003); уреазі, фосфатази, дегідрогенази, пероксидази, протеази – колориметруванням (Булатов, 1999; Малахов, 1984; Грицаєнко, 2003).

Всі аналізи проводились у 3-кратній повторності. Для проведення математичної обробки результатів дослідження використовували програму Statistica 9.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати проведених досліджень ферментативної активності дерново-підзолистого ґрунту м. Борислав за дії нафти у ризосферній зоні рослин *C. hirta* та в міжрядді представлені в таблиці.

Ферментативна активність нафтозабрудненого ґрунту (5 %) м. Борислава на 30 добу після висадження рослин *C. hirta* у ґрунт

Грунт	ОКСИДОРЕДУКТАЗИ				ГІДРОЛАЗИ				
	Каталаза мл O ₂ за 1хв./1 г ґрунту	Дегідрогенезаза, мг ТФФ/г ґрунту за 24 години	Пероксидаза, мкмоль гвоваюлу	Поліфенолоксидаз, мл 0,01Н-розчину KIO ₃ /100 г ґрунту	Протеаза, мг гліцину/100г ґрунту за 72 год	Уреаза, мг N-NH ₃ /г ґрунту за години	Фосфатаза, мг фенолфталейна / г ґрунту за години	Інвертази, мл глюкози /100 г ґрунту за 48 год	Целюлази, мкг глюкози/г ґрунту
Еталон-ний (конт-рольний) ґрунт	Р 2,9 ± 0,1	17,51 ± 0,94	0,69 ± 0,03	7,2 ± 0,15	0,0257 ± 0,0005	0,015 ± 0,0002	0,264 ± 0,007	82,32 ± 0,09	266,6 ± 5,2
	М 2,1 ± 0,07	5,98 ± 0,61	0,76 ± 0,02	3,6 ± 0,76	0,0198 ± 0,0011	0,026 ± 0,0006	0,290 ± 0,013	79,61 ± 0,12	124,1 ± 3,7
Модель-ний (забруд-нений нафтою: 50 г/кг) ґрунт	Р 1,9 ± 0,11	9,39 ± 0,53	1,37 ± 0,04	6,6 ± 0,32	0,0187 ± 0,0009	0,032 ± 0,0006	0,246 ± 0,027	109,34 ± 0,23	320,2 ± 7,9
	М 1,2 ± 0,09	3,50 ± 0,47	1,62 ± 0,04	3,2 ± 0,12	0,0161 ± 0,0007	0,041 ± 0,0004	0,361 ± 0,009	85,03 ± 0,17	286,7 ± 8,3

Р – ризосферна зона;

М – міжряддя (20–25 см від кореневої системи).

Відомо (Киреева, 2001), що розклад нафтових вуглеводнів в ґрунті пов'язаний з окисно-відновними процесами, які відбуваються за участі різних ферментів. Оксидоредуктази є каталізаторами процесів деструкції органічних ксенобіотиків (Гулько, 1992).

За рівнем каталазної активності дерново-підзолистий ґрунт за шкалою градації відноситься до бідних (Хазиев, 1982). Як бачимо з таблиці показники каталазної активності як у еталонному, так і в модельному ґрунтах є досить низькими – в межах від 1,2 до 2,9 мл $O_2 \times хв^{-1} \times г^{-1}$ ґрунту. Проте ті показники у нафтозабрудненому ґрунті є меншими на 35 % у ризосфері та на 43 % у міжрядді відносно контролю. Це свідчить про те, що розклад пероксиду водню при забрудненні нафтою відбувається більш повільно, ніж у чистому ґрунті. При цьому є у 1,2 рази меншим у міжрядді у порівнянні з ризосферою рослин *C. hirta*.

Зниження каталазної активності у ґрунті за дії нафти збігається з літературними даними (Киреева, 2001, 2002). Можливо, зниження активності каталази пов'язано з наявністю фенолу у нафті (Долгова, 1975), важких металів (Киреева, 2001), надлишком органічної речовини нафти, збагаченої сіркою, сірководнем, меркаптанами, які є інгібіторами цього ферменту, а також зменшення концентрації кисню і зниження аеробних груп мікроорганізмів в результаті закупорки повітряних пор і порожнин ґрунту.

Дегідрогенази – одні з найчутливіших до нафтового забруднення ферменти. Вони беруть участь в біодеградації нафтових вуглеводнів (Киреева, 2001). Є експериментальні підтвердження можливості дегідрогеназного окислення вуглеводнів (Киреева, 2002).

За дії нафти у наших модельних дослідках рівень дегідрогеназної активності зменшився на 46 % у кореневій зоні та на 41 % у міжрядді в порівнянні до контролю (див. табл.). Це підтверджується даними літератури (Akubugwo, 2009), які свідчать про те, що при забрудненні ґрунту нафтою відбувається інгібування інтенсивності процесів ферментативного дегідрування (Киреева, 2001). До зниження дегідрогеназної активності при забрудненні нафтою, можливо, призводить значне збільшення відношення C : N (Киреева, 2002), так як відомо (Киреева, 2001), що дегідрогеназна активність відображає метаболізм ґрунту в циклі вуглеводнів. Крім цього, зниження дегідрогеназної активності при нафтовому забрудненні, напевно, обумовлено інгібуючою дією ароматичних компонентів, якими багата нафта, що підтверджується дослідженнями Н. А. Кіреєвої (Киреева, 2002) і Л. Г. Долгової (Долгова, 1975), які показали інгібуючу дію фенолу на активність дегідрогенази.

Більше інгібування активності дегідрогенази у ризосферній зоні можливе завдяки тому, що у ній швидше відбувається деградація нафти, оскільки ця зона багата мікроорганізмами, стійкими до нафтового забруднення. За даними У. Франкенберга з співавтр. та Н. М. Ісмаїлова з співавтр. (цитата з Киреева, 2001), ґрунтові дегідрогенази, інгібуються в більшій мірі не самими вуглеводнями, а продуктами їх деградації, які можуть акумулюватися в ґрунті і довгий час мати токсичний вплив, не дивлячись на зниження в ґрунті вмісту вуглеводнів.

Ґрунтові фенолоксидази відіграють важливу роль в розкладанні різних ксенобіотиків. Ферменти поліфенолоксидази і пероксидази беруть участь в окисленні ароматичних сполук фенолів до хінонів і в наступному їх конденсації в молекули гумусових речовин (Киреева, 2001).

Рівень переоксидази у нафтозабрудненому ґрунті як у міжрядді, так і в кореневій зоні рослин *C. hirta* зріс, приблизно, у 2 рази (див. табл.). Можливо, однакове збільшення даного ферменту у кореневій і позакореневій зонах пов'язано із різними формами переоксидази. В кореневій зоні – завдяки позаклітинній формі (джерелами є виділення коренями рослин протягом вегетації та мікроорганізмами у процесі їх життєдіяльності); міжрядді – внутрішньоклітинна форма (після відмирання рослин, мікроорганізмів). Відомо, що нафта призводить до загибелі мікроорганізмів

та відмирання рослин. Підвищення активності переоксидази пов'язано із тим, що нафта містить у собі багато циклічних речовин. Показано, що типовою для цього ферменту є реакція розщеплення ароматичного кільця, що відіграє важливу роль при розпаді гетероциклічних сполук (Гулько, 1992). За даними Р. К. Андресона та Ф. Х. Хазієва (цитата з Киреева, 2001), збільшення активності переоксидаз у нафтозабрудненому ґрунті пов'язане із значним вмістом фенольних сполук в нафті.

Виявлено зниження активності поліфенолоксидази у ризосфері осоки в середньому на 8,3 %, а в міжрядді – на 11 % порівняно з контрольним варіантом. Очевидно, інгібуюча дія нафти пов'язана із наявністю в ній інших, більш токсичних компонентів, а також створенням ними із-за високої густини та в'язкості, анаеробних умов, які перешкоджають нормальному проходженню окисно-відновних процесів і формування гумусових речовин в забруднених ґрунтах (Киреева, 2001).

Згідно даним літератури (Мамедзаде, 2005; Хазієв, 2005), активність уреаз є одним з найбільш чутливих показників, що реагують на стресову ситуацію в ґрунті, яка характеризується високою стійкістю проти інгібуючих факторів. Наші результати засвідчують, що рівень уреазної активності за дії нафти збільшився у 2 рази в ризосфері і в 1,5 рази в міжрядді порівняно з контролем. Збільшення активності уреаз в нафтозабруднених ґрунтах спостерігали й інші автори (Киреева, 2001). Активність уреаз пов'язана прямим корелятивним зв'язком із вмістом органічного вуглеводню в ґрунті і збільшенням окисно-відновного потенціалу в бік переважання відновлюючих процесів, що і спостерігається в нафтозабрудненому ґрунті. Стимулюючу дію на урезну активність мають н-парафінові вуглеводні і циклічні вуглеводні, які входять в склад нафти (Киреева, 2001).

Нами виявлено, що протеазна активність у ризосфері рослин *C. hirta* за дії нафти зменшилась на 27 % і лише на 19 % у міжрядді відносно контролю. Можливо таке різке зниження активності у нафтозабрудненому ґрунті пов'язане із температурою ґрунту, оскільки активність протеаз залежить від температур навколишнього середовища. Відомо, що ґрунт, забруднений нафтою, має на кілька градусів вищу температуру у порівнянні із чистим. Оскільки від забруднення він набуває темнішого забарвлення, що і сприяє його швидшому нагріванню, а також токсичною дією нафти і її компонентів, особливо важких металів, що впливають на активність цього ферменту (Хазієв, 1982).

Фосфатаза, що широко поширена в ґрунтах, неспецифічно гідролізує різноманітні фосфомоноєфіри і, таким чином, відіграє значну роль в надходженні рухомих форм фосфору в ґрунт. Проте в забрудненому нафтою ґрунті процеси гідролізу фосфатних сполук порушуються (Киреева, 2001).

Вартим уваги є те, що фосфатазна активність у ризосфері рослин зменшувалась, а у міжрядді, навпаки, збільшувалась (див. табл.) у нафтозабрудненому ґрунті по відношенню до контрольного.

Зниження активності фосфатази при нафтовому забрудненні виявлено дослідженнями С. А. Алієва, Д. А. Гаджієва (Алиев, 1977). Причиною такого зниження активності фосфатази може бути як обгортання ґрунтових часточок нафтою, що перешкоджає надходженню субстрату, так і інгібуюча дія важких металів (Киреева, 2001), концентрація яких в нафтозабрудненому ґрунті збільшується. Значний вплив має зсув у співвідношенні C : N в результаті надходження великої кількості органічного карбону, який входить до складу нафти, що обумовлює іммобілізацію неорганічного фосфору і зменшує кількість екстрагуючого фосфору. Крім цього обгортання ґрунтових часточок нафтовою плівкою перешкоджає міграції рухомих форм фосфору в розчин. А також деяка частина розчинного фосфору зв'язується з компонентами нафти, які багаті реактивними функціональними групами.

Збільшення активності даного ферменту у міжрядді пов'язано, скоріш за все, із наявністю важкорозкладаючих фракцій нафти – н-парафінових і циклопарафінових вуглеводнів, які стимулюють активність фосфатази (Киреева, 2001).

Із всіх ґрунтових ферментів інвертаза досліджена найбільш повно. Активність цього ферменту різними авторами пропонується використовувати як показник ступеня окультуреності, придатності ґрунту до заселення рослинами (Киреева, 1998), еродованості, забруднення ґрунту (Хазиев, 1982).

Розкладання карбоновмісних речовин з перетворенням їх у гумусні сполуки найбільше проходило у ґрунті забрудненому нафтою в кореневій зоні рослин осоки, про що свідчить рівень інвертазної активності, який був на 33 % більшим в порівнянні із ризосферною зоною еталонного ґрунту. У міжрядді за дії нафти спостерігали збільшення лише на 7 % відносно контролю.

Підвищення активності в зразках із забрудненням, можливо, пов'язане з інтенсивністю розкладу відмерлих рослинних залишків, а також завдяки продуктам метаболізму нафти, які, можливо, є стимуляторами (Киреева, 2001).

Менша активність у міжрядді, ймовірно, пов'язана із створенням анаеробіозису в більшій мірі, ніж у ризосферній зоні, оскільки ріст коріння розпушує ґрунт, а це в свою чергу створює лімітуючі умови для розвитку аеробних целюлозоруйнівних мікроорганізмів при надлишку субстрату (Долгова, 1975).

У ризосферній зоні целюлазна активність ґрунту забрудненого нафтою була у 1,2 рази більшою відносно контролю. У міжрядді спостерігали ще вищу активність – у 2,3 рази вищу відносно контролю. Можливо це пов'язано з більш активним відмиранням рослинних залишків у ґрунті, забрудненому нафтою. Також стимулюючи дію на активність даних ферментів мають н-парафінові і циклічні вуглеводні, які входять до складу нафти (Киреева, 2001). Оскільки розклад нафти у міжрядді відбувається повільніше (анаеробні умови), а дані вуглеводні взагалі найдовше зберігаються у ґрунті, то, можливо, це ще одна із причин збільшення активності ферменту у міжрядді.

ВИСНОВКИ

Нафтове забруднення призводило до зменшення ферментативної активності каталази, поліфенолоксидази, протеази та дегідрогенази. Ферментативна активність уреаз, інвертази, целюлази, пероксидази за дії нафти, навпаки, збільшувалась. Вартий уваги той факт, що у кореневій зоні рослин *C. hirta* ферментативна активність не завжди є вищою у порівнянні з міжряддям як за дії нафти, так і у чистому ґрунті, що не суперечить даним літератури.

* * *

Висловлюємо щиро подяку Західно-Українському Біомедичному Дослідницькому Центру (WUBMRC) за наданий грант для проведення наших досліджень. А також щиро дякуємо президенту міжнародної інституції DISOP Еми Какельбергу за можливість проведення досліджень у Центрі екології та здоров'я людини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Азнаурьян Д. К. Изменение эколого-биологических свойств почв юга России при загрязнении нефтью. Дис. к.б.н. 03.00.16. / Д. К. Азнаурьян – Ростов-на-Дону, 2009. – 151 с.

Aznauryan, D. K., 2009, "Changing of ecological properties of soil in South Russia under oil pollution", Dis. PhD 03.00.16, Rostov-on-Don, 151 p.

Алиев С. А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв / С. А. Алиев, Д. А. Гаджиев // Изд. АН АзССР. Сер. биол. наук, 1977. – № 2. – С. 46-49.

Aliev, S. A., Hajiyeve, D. A., 1977, "Effect of oil organic substances pollution on the activity of biology soil processes", Ed. An AzSSR. Ser. biol. sci., no. 2, pp. 46–49.

Булатов А. И. Справочник инженера-эколога нефтедобывающей промышленности по методам анализа загрязнителей окружающей среды / А. И. Булатов, П. П. Макаренко, В. Ю. Шеметов. – М. : ООО "Недра-Бизнесцентр", 1999. – Ч. 2: Почва. – 634 с.

Bulatov, A. I., Makarenko, P. P., Shemetova, V. Y., 1999, "Handbook of engineer-ecologist of oil industry on methods of environment

pollutants analysis", Moscow, OOO "Nedra-Businesscenter", part 2: Soil, 634 p.

Буньо Л. В. Активність мікрофлори нафтозабрудненого ґрунту у ризосферній зоні рослин *Carex hirta* L. / Л. В. Буньо, О. М. Цвілінюк, О. І. Терек та ін. // *Біологічні студії*. – 2010. – Т. 4. – № 3. – С. 55-62.

Bunyo, L. V., Tsvilynyuk, O. M., Terek, O. I., Velychko, O. I., Mykiyevych, I. M., 2010, "Activity of oil contaminated soil microflora in the rhizosphere area of *Carex hirta* L. plants", *Biological Studies*, 4, no. 3, pp. 55–62.

Вальков В. Ф. Почвоведение / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников – М. : ИКС «МарТ», Ростов н/Д. : Изд-кий центр «МарТ», 2004. – 496 с.

Val'kov, V. F., Kazeev, K. S., Kolesnikov, S. I., 2004, "Soil Science", Moscow, IKS "MarT", Rostov-on-Don, Publishing centre "MarT", 496 p.

Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв. Ч. II / под редакцией С. Г. Малахова. – Москва : Московское отделение гидрометеоздата, 1984. – 35 с.

"Temporary methodological recommendations for monitoring of soil pollution", 1984, Part II / editors S. G. Malakhov, Moscow, Moscow department of Gidrometeoizdat, 35 p.

Гайворонский В. Г. Оценка устойчивости почв юга России к загрязнению мазутом по биологическим показателям: в условиях модельного эксперимента. Дис. к. б. н. 03.00.16 / В. Г. Гайворонский – Ростов-на-Дону, 2009. – 138 с.

Gayvoronsky, V. G., 2009, "Evaluation of soils in Southern Russia stability under fuel oil pollution by biological indicators: in model experiment", Dis. PhD 03.00.16, Rostov-on-Don, 138 p.

Грицаенко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин та ґрунтів / З. М. Грицаенко, А. О. Грицаенко, В. П. Карпенко – К. : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. – 230 с.

Grytsaenko, Z. M., Grytsaenko, A. O., Karpenko, V. P., 2003, "Methods of biological and agrochemical research of plants and soil", Kyiv, Nichlava, 230 p.

Ґрунтово-геохімічні обстеження урбанізованих територій. – Харків : ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського», 2004. – 54 с.

"Soil and geochemical monitoring of urban areas", 2004, Kharkiv, NSC "IGA after O. N. Sokolovsky", 54 p.

Гулько А. Е. Фенолоксидазы почв: продуцирование, иммобилизация, активность / А. Е. Гулько, Ф. Х. Хазиев // *Почвоведение*. – 1992. – № 11. – С. 55-65.

Gulko, A. E., Hazyev, F. H., 1992, "Soil phenooxidases : production, immobilisation, activity", *Eurasian Soil Science*, no. 11, pp. 55–65.

Долгова Л. Г. Биохимическая активность почв при загрязнении / Л. Г. Долгова // *Почвоведение*. – 1975. – № 4. – С. 113-118.

Dolgova, L. G., 1975, "Biochemical activity of soil under pollution", *Eurasian Soil Science*, no. 4, pp. 113–118.

ДСТУ 4287-2004 Якість ґрунту. Відбір проб. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 5 с.

DSTU 4287-2004 "Soil quality. Sampling", 2005, Kyiv, State Committee of Ukraine, 5 p.

Кабилов Т. Р. Использование многоуровневой системы индикации биологической активности почв для оценки эффективности методов биорекультивации нефтезагрязненных территорий. Дисер. к.б.н. 03.00.16; 03.00.23 / Т. Р. Кабилов – Уфа, 2009. – 176 с.

Kabyrov, T. R., 2009, "Using of multilevel system indication of biology activity of soil for evaluation of effectiveness of biorecultivation methods on oil polluted territories", Dis. PhD 03.00.16; 03.00.23, Ufa, 176 p.

Казеев К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2003. – 204 с.

Kazeev, K. S., Kolesnikov, S. I., Valkov, V. F., 2003, "Biological diagnosis and indication of soil: Methodology and methods of research", Rostov-on-Don, Rostov University, 204 p.

Казеев К. Ш. Биология почв России / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков – Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2004. – 350 с.

Kazeev, K. S., Kolesnikov, S. I., Valkov, V. F., 2004, "Biology of soils of Russia", Rostov-on-Don, TSVVR, 350 p.

Киреева Н. А. Биологическая активность нефтезагрязненных почв / Н. А. Киреева, В. В. Водопьянов, А. М. Мифтахова. – Уфа : Гилем, 2001. – 376 с.

Kireeva, N. A., Vodop'yanov, V. V., Myftahova, A. M., 2001, "Biological activity of oil polluted soil", Ufa, Hylem, 376 p.

Киреева Н. А. Активность каталазы и дегидрогеназы в почвах, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / Н. А. Киреева, Е. И. Новоселова, Т. С. Онегова // *Агрохимия*. – 2002. – № 8. – С. 64-72.

Kireeva, N. A., Novoselova, E. I., Onehova, T. S., 2002, "Catalase and dehydrogenase activity in soils polluted with oil and oil products", *Agrochemistry*, no. 8, pp. 64–72.

Киреева Н. А. Активность карбогидраз в нефтезагрязненных почвах / Н. А. Киреева,

Е. И. Новоселова, Ф. Х. Хазиев // Почвоведение. – 1998. – № 12. – С. 1444–1448.

Kireeva, N. A., Novoselova, E. I., Hazyev, F. H., 1998, "Carboanhydrase activity in oil polluted soils", *Eurasian Soil Science*, no. 12, pp. 1444–1448.

Колесников С. И. Оценка устойчивости почв юга России к загрязнению мазутом по биологическим показателям (в условиях модельного эксперимента) / С. И. Колесников, В. Г. Гайворонский, Е. Н. Ротина, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков // Почвоведение. – 2010. – № 8. – С. 995–1000.

Kolesnikov, S. I., Hayvoronsky, V. G., Rotyna, E. N., Kazeev, K. S., Valkov, W. F., 2010, "Evaluation of soils stability in South Russia under fuel pollution by biological indicators (in model experiment)", *Eurasian Soil Science*, no. 8, pp. 995–1000.

Мамедзаде В. Т. Взаимосвязь между биологической активностью и плодородием желтоземных почв Ленкоранской области / В. Т. Мамедзаде // Мат-лы междунауч. конф. «Экология и биология почв» – Ростов-на-Дону, 2005. – С. 284–288.

Mamedzade, V. T., 2005, "Connection between biological activity and soil fertility in Lenkoransky region", *Materials of Intl. scientific. conf. "Ecology and Biology of soil"*, Rostov-on-Don, pp. 284–288.

Мифтахова А. М. Самоочищение и восстановление плодородия почв природных и антропогенных экосистем в условиях нефтяного загрязнения: Дис. д-ра биол. наук: 03.00.16 / А. М. Мифтахова. – Уфа, 2006. – 361 с.

Myftahova, E. I., 2006, "Self-purification and restoration of soil fertility in natural and anthropogenic ecosystems under oil pollution", *Dis. Doct. biol. sci.* 03.00.16, Ufa, 361 p.

Новоселова Е. И. Экологические аспекты трансформации ферментного пула почвы при нефтяном загрязнении и рекультивации: Дис. д-ра биол. наук: 03.00.27; 03.00.16 / Е. И. Новоселова. – Уфа, 2008. – 334 с.

Novoselova, E. I., 2008, "Environmental aspects of enzyme pool transformation oil pollution and recultivation", *Dis. Doct. biol. sci.* 03.00.16, Ufa, 334 p.

Ротина Е. Н. Оценка состояния загрязненных мазутом почв по биологическим показателям. Дис. к. б. н. 03.00.16 / Е. Н. Ротина. – Ростов-на-Дону, 2010. – 143 с.

Rotyna, E. N., 2010, "Evaluation of fuel oil polluted soil condition by biological indicators", *Dis. PhD* 03.00.16, Rostov-on-Don, 143 p.

Сакаева Э. Х. Совершенствование технологии биоремедиации нефтезагрязненных почв. Дис. к.тех.наук. 03.00.16 / Э. Х. Сакаева. – Пермь, 2009. – 173 с.

Sakaeva, E. H., 2009, "Improvement of oil polluted soil bioremediation technologies", *Dis. PhD* 03.00.16, Perm, 173 p.

Федорц Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорц, М. В. Медведев. – Петрозаводск, 2009. – 84 с.

Fedorits, N. G., Medvedev, M. V., 2009, "Methods of soils study on urban territories", *Petrozavodsk*, 84 p.

Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев – М.: Наука, 2005. – 252 с.

Hazyev, F. H., 2005, "Methods of soil enzymology", *Moscow, Science*, 252 p.

Хазиев Ф. Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 1982. – 204 с.

Hazyev, F. H., 1982, "System ecological analysis of enzymatic activity of soils", *Moscow, Science*, 204 p.

Akubugwo, E. I., Ogbuji, G. C., Chinyere, C. G., Ugbogu, E. A., 2009, "Physicochemical Properties and Enzymes Activity Studies in a Refined Oil Contaminated Soil in Isiukwuato, Abia State, Nigeria", *Nigerian Societe for Experimental Biology*, 21, no. 2, pp. 79–84.

Kucharski, J., Jastrzebska, E., 2006, "Effect of heating oil on the activity of soil enzymes and the yield of yellow lupine", *Plant soil environ*, 52, no. 5, pp. 220–226.

Millioli, V. S., Servulo, E-L. C., Sobral, L. G. S., Carvalho, D. D., 2009, "Bioremediation of crude oil-bearing soil: evaluating the effect of rhamnolipid addition to soil toxicity and to crude oil biodegradation efficiency", *Global NEST Jornal*, 11, no. 2, pp. 181–188.

Popa, A., 2000, "Inductia enzimatica in sol ca lest ecotoxicologic pentru poluanti anorganici si organici", *Stud. Univ. Babes-Bolyai. Biol.*, 1, no. 45, pp. 129–138.

Wilke, B.-M., Koch, G., 1998, "Combination effects of selected PAHs, PCBs and heavy metals on bacteria and dehydrogenase activity of sewage farm soils", *Res. 16 Coner. Mondial Sci. Soil. Motpellier*, 2, p. 685.

Стаття надійшла в редакцію: 11.04.2013

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

CLASSIFICATION AND EVALUATION OF SOILS



A. Kacprzak

Cand. Sci. (Geog.), Adjunct

P. Salamon

M. Sc.

UDK 631.4

*Jagiellonian University, Kraków, Poland,
e-mail: andrzej.kacprzak@uj.edu.pl*

PROPERTIES AND CLASSIFICATION OF SOILS DEVELOPED FROM AEOLIAN AND FLYSCH MATERIALS IN THE WIELICZKA FOOTHILLS (SOUTHERN POLAND)

Abstract. The paper is focused on the properties of soils developed from relatively shallow loess mantles overlying flysch weathered materials and the role of resulting lithological discontinuities within parent material in shaping soil properties in the marginal area of the Carpathian Foothills. The studied soils were located under mixed forest vegetation in varied geomorphologic context – on relatively flat hilltops and on slopes with varying inclination. The performed analyses comprised the determination of soil texture, also on clay-free basis, pH, content of organic carbon and carbonates as well as the determination of cation exchange capacity and base saturation. The soils were described and classified following the WRB system.

Most of the studied soils show properties resulting from the process of lessivage, expressed in the formation of clay coatings (cutans), changes in soil colour and structure, leading to the origin of fragic horizons. The role of redoximorphic processes related to the high rainfall is also well visible, especially at the boundary of E and Bt horizons and on the contact of loess and flysch regolith, along a lithological discontinuity. The occurrence of lithological discontinuities is detected predominantly based on changes in soil texture and particularly visible when the contents of sand and silt fractions are calculated on the clay-free basis. This shows a marked homogeneity of loess in contrast with a great textural diversity of weathered flysch. Apart from the main discontinuity between loess and weathered flysch, it is also possible to discern textural discontinuities between flysch-derived slope materials (cover beds) and underlying, weathered flysch (regolith) in situ, as well as within the weathered flysch itself. The slope materials (cover beds) occurring under loess mantles and above flysch bedrock owe their genesis to slope processes, predominantly solifluction in the Pleistocene. The existing lithological discontinuities influence also soil physicochemical and chemical properties such as pH, content of carbonates, cation exchange capacity and base saturation, so they have a significant ecological impact.

In the investigated area soil formation and, consequently, taxonomic position depends predominantly on two factors – the thickness of loess material and the inclination of slope. With decreasing slope inclination and increasing thickness of loess soils change from Stagnic Cambisols (Ruptic) through Haplic Stagnosols (Ruptic) and Haplic Stagnosols (Ruptic, Episiltic) to Stagnic Albeluvisols (Ruptic), and where soil profiles are developed entirely in loess materials – Stagnic Albeluvisols.

Key words: *Carpathian Foothills, loess, flysch, lithological discontinuities, soil classification, WRB.*

© A. Kacprzak, P. Salamon, 2013

УДК 631.4

А. Кацпжак

канд. геогр. наук, ад'юнкт

П. Саламон

магістр

Ягеллонський університет, Краков, Польща,

e-mail: *andrzej.kacprzak@uj.edu.pl*

СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ, РАЗВИВАЮЩИХСЯ ИЗ ЭОЛОВЫХ И ФЛИШЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ROGÓRZE WIELICKIE (ЮЖНАЯ ПОЛЬША)

В статье фокусируется внимание на свойствах почв, которые были развиты из относительно мелких лессовых слоев, перекрывающих флишевые реголиты в краевой области польского предгорья Карпат. Исследованные почвы покрыты пологом смешанных лесов и располагаются в различных геоморфологических ситуациях. Проведенный анализ включал определение гранулометрического состава почвы, расчет гранулометрии почв с исключением илистой фракции, pH, содержания органического углерода и карбонатов, определения емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями.

Почвы были описаны и классифицированы в соответствии с системой WRB. Большинство исследуемых почв показывают свойства, которые являются результатом лессиважа, в том числе и образования фраджипенового горизонта, со значительной выраженностью окислительно-восстановительных процессов.

Появление литологических разрывов обнаружено преимущественно на основе изменений гранулометрического состава почвы. Помимо основного разрыва между лесом и выветрившимся флишем, выделялись разрывы между склоновым материалом флишевого происхождения и подстилающим выветрившимся флишем *in situ*, а также в самом выветренном флише. Литологические разрывы влияют на физико-химические и химические свойства почвы, в частности на pH, содержание карбонатов и емкость катионного обмена, создавая значительное экологическое воздействие.

На исследуемой территории почвообразование, а, следовательно, и систематическое положение почв зависит преимущественно от двух характеристик – толщины лессовых пород и крутизны склона. С уменьшением наклона и увеличением толщины лессовых пород, почвы изменяются от Stagnic Cambisols (Ruptic) через Haplic Stagnosols (Ruptic) и Haplic Stagnosols (Ruptic, Episiltic), в Stagnic Albeluvisols (Ruptic), а в местах, где почвенный профиль полностью развился на лессовых материалах – Stagnic Albeluvisols.

Ключевые слова: *предгорье Карпат, лесс, флиш, литологические разрывы, классификация почв, WRB.*

УДК 631.4

А. Кацпжак

канд. геогр. наук, ад'юнкт

П. Саламон

магістр

Ягеллонський університет, Краків, Польща,

e-mail: *andrzej.kacprzak@uj.edu.pl*

ВЛАСТИВОСТІ І КЛАСИФІКАЦІЯ ҐРУНТІВ, ЩО РОЗВИВАЮТЬСЯ З ЕОЛОВИХ І ФЛІШОВИХ МАТЕРІАЛІВ У ROGÓRZE WIELICKIE (ПІВДЕННА ПОЛЬЩА)

У статті фокусується увага на властивостях ґрунтів, що розвинулись з відносно дрібних лесових верств, які перекривають флішові вивітрені матеріали в крайовій області польського передгір'я Карпат. Досліджені ґрунти вкриті пологом мішаних лісів та розташовувалися в різних геоморфологічних ситуаціях. Проведений аналіз включав визначення гранулометричного складу ґрунту, розрахунок гранулометрії ґрунту з виключенням вмісту мулу, pH, вмісту органічного карбону і карбонатів, визначення ємності катіонного обміну та ступеня насиченості основами. Ґрунти були описані і класифіковані відповідно з системою WRB.

Більшість досліджуваних ґрунтів показують властивості, які є результатом лесиважу, в тому числі і утворення фраджіпенного горизонту, зі значним вираженням окисно-відновних процесів. Поява літологічних розривів виявлена переважно на основі змін гранулометричного складу ґрунту.

Крім основного розриву між лесом і вивітраним флішем, виділялися розриви між схилим матеріалом флішового походження (cover beds) і підстеляючим вивітраним флішем in situ, а також в самих реголітах.

Літологічні розриви впливають і на фізико-хімічні та хімічні властивості ґрунту, зокрема на рН, вміст карбонатів і смінь катіонного обміну, тому вони мають значний екологічний вплив.

На досліджуваній території, ґрунтоутворення, а отже і систематичне положення ґрунтів залежить переважно від двох характеристик – товщини лесових порід і крутизни схилу. Зі зменшенням нахилу і збільшенням товщини лесових порід, ґрунти змінюються від Stagnic Cambisols (Ruptic) через Haplic Stagnosols (Ruptic) і Haplic Stagnosols (Ruptic, Episiltic), до Stagnic Albeluvisols (Ruptic), а в місцях де ґрунтовий профіль повністю розвинувся на лесових матеріалах – Stagnic Albeluvisols.

Ключові слова: передгір'я Карпат, лес, фліш, літологічні розриви, класифікація ґрунтів, WRB.

INTRODUCTION

The Wieliczka Foothills (Pogórze Wielickie) is a part of the Carpathian Foothills, being the northernmost geographical unit of the Carpathians in Poland. It is built of folded, sedimentary, flysch rocks on most of the region's area covered with carbonate-free loess sediments of varying thickness. At the regional scale, the soil cover of the Carpathian Foothills is fairly uniform, dominated by Luvisols and Albeluvisols (Skiba and Drewnik, 2003, Szymański et al., 2012b). The Wieliczka Foothills is an area where intensive soil research has been carried out for several decades, dealing with the mechanisms of the lessivage process (Zasoński, 1981, 1983, 1989), soil geography and structure of soil cover (Skiba, 1992, Skiba et al., 1998, 2002), and, most recently, on the formation and degradation of fragipan horizons (Szymański et al., 2011, 2012a). Most of the research has focused on the soils developed from loess materials, although the influence of flysch bedrock in certain parts of the Wieliczka Foothills was also indicated (Kacprzak et al., 2010).

The aim of this paper is to present the results of a study focused on the properties of soils developed from relatively shallow loess mantles overlying flysch weathered materials (regolith) and the role of resulting lithological discontinuities within parent material in shaping soil properties. The importance of lithological discontinuities and soil layering has been getting increasing recognition worldwide over recent years, as reviewed by Schaetzl and Anderson (2005) or Phillips and Lorz (2008). Also their ecological role has been emphasized (Lorz and Phillips, 2006). This phenomenon is particularly important in the mountains, where most soils are formed in slope materials (cover beds). In the Carpathians the role of lithologically discontinued slope materials in soil formation has been investigated in the Bieszczady Mts (Kacprzak and Skiba, 2001, Kacprzak 2003) and in the Pieniny Mts (Kacprzak and Derkowski, 2007). Another goal of this paper is to discuss the classification of the studied soils according to the World Reference Base (WRB) system (IUSS Working Group WRB, 2007), in which lithological discontinuities are recognized as one of diagnostic properties.

DATA AND METHODS OF RESEARCH

The studied area is situated in the marginal zone of the Wieliczka Foothills, south-east of the town of Bochnia. The elevation above sea level is between 200 and 350 m. The characteristic elements of the landscape are broad, flat hilltops and interfluvies, as well as wide, flat-bottomed valleys. The altitude of hills increases to the south and so does the inclination of slopes. Hilltops and slopes in the northern part are completely covered by loess, whereas in the southern part outcrops of flysch rocks occur in the steepest slope sections, exposed mainly due to the action of landsliding or fluvial erosion. The mean annual temperature is 6 to 8 °C and the mean annual precipitation is 700–900 mm (Hess, 1965). Most of the area is under agricultural use with forests occurring solely on the steepest slopes or valley sides and adjacent strips of hilltops.

Soil profiles were described and classified using the WRB system (IUSS Working Group WRB, 2007). Particle size distribution was determined using a modified Casagrande method (Bednarek et al., 2004) and the relative contents of the sand and clay fractions were also calculated on the clay-free basis. Soil pH was measured potentiometrically in distilled water with a soil/solution ratio 1:1 and 0,01M CaCl₂ solution (1:2) (USDA NRCS, 2004). Organic carbon content was measured using a modified Tyurin method (Bednarek et al., 2004) and the content of carbonates was determined using the Scheibler volumetric method (Bednarek et al., 2004). Soil exchangeable acidity was determined using the Sokolow method and the sum of exchangeable bases using the Kappen method (Oleksynowa et al., 1987) The colours of soil material were described using the Munsell scale. The content of coarse fractions (> 2 mm) was evaluated in the field.

RESULTS AND THEIR DISCUSSION

The studied soils (Fig. 1) were all located under mixed forest vegetation (Tillio – Carpinetum) in varied geomorphologic context – on relatively flat hilltops (profiles 1 and 4) and on slopes with varying inclination (profiles 2, 3, 5). The important factor taken into consideration was the varied thickness of loess cover (profiles 2–5).

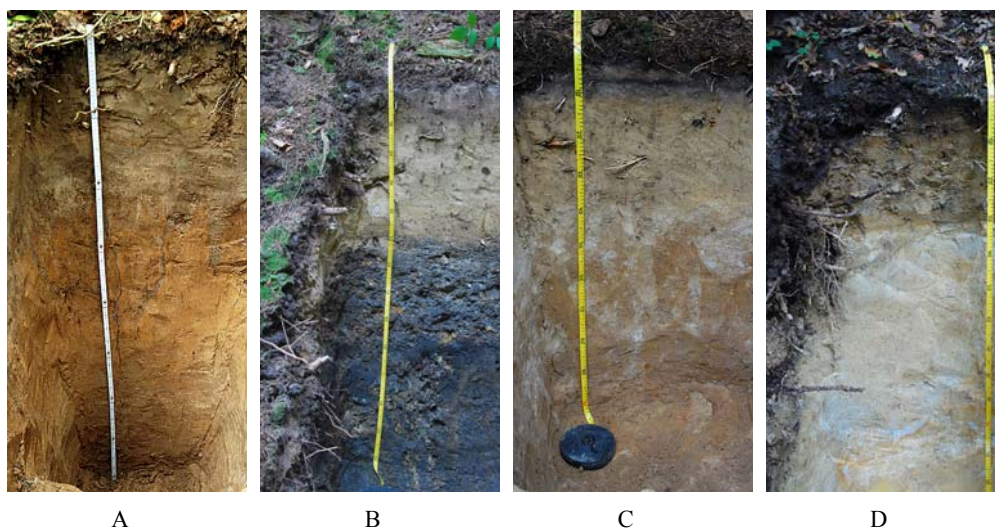


Figure 1. **Morphology of the studied soils:**
A – profile 1; B – profile 3; C – profile 4; D – profile 5

Profile 1 is a soil developed entirely in loess material, representing a typical situation for most of the area (Skiba et al., 1998, Szymański et al., 2012b). The morphological properties of the studied soils are presented in Table 1.

Except profile 5, all studied soils show properties resulting from the process of lessivage i.e. clay illuviation, expressed in the formation of clay coatings (cutans), changes in soil colour and structure, leading to the origin of fragic horizons with prismatic soil structure (profiles 1 and 4). The role of redoximorphic processes related to the high rainfall is also well visible, especially at the boundary of E and Bt horizons (profiles 1 and 4) and on the contact of loess and flysch regolith (profiles 2 and 3). Soil horizons developed in loess material are devoid of coarse fraction, whereas its content in horizons developed in flysch regolith can be as high as more than 50 % (profile 3).

Particle size distribution in the studied soils (Table 2), particularly in the upper parts of their profiles, is dominated by the silt fraction, constituting 40–79 % of fine earth in the majority of horizons. Except profile 5, a marked increase in the content of clay can be observed between Ah or E horizons (2–15 %) and Bt or B(t)g horizons (16–23 %), caused

Table 1

Field description of the studied profiles										
Depth [cm]	Horizon	Colour (moist)	Colour (dry)	Coarse fractions [% vol]	Soil structure	Consistence	Cutans	Roots	Horizon boundary	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profile 1. Stagnic Cutanic Fragic Albeluvisol (Abruptic, Orthoeutric, Siltic) N 49°58'00,5'' E 20°29'06,9'', 265 m a.s.l., hilltop – inclination 0°										
0-3	Oe				moderately decomposed forest litter					
3-8	Ah	10YR 3/2	10YR 5/2	0	granular	friable	-	++		clear
8-35	E	10YR 6/4	10YR 7/2	0	subangular blocky	firm	-	++		clear
35-55	Btx	10YR 5/3	10YR 7/3	0	prismatic	extremely firm	+++	+		clear
55-105	Btg	10YR 5/4	10YR 7/4	0	prismatic	very firm	++	+		gradual
105-125	BC1	10YR 5/4	10YR 7/4	0	angular blocky	firm	+	+		gradual
125-150	BC2	10YR 5/6	10YR 8/6	0	angular blocky	firm	+	-		-
Profile 2. Haplic Stagnosol (Ruptic, Epidystric) N 49°56'49,9'' E 20°29'39,2'' , 295 m a.s.l., slope – inclination 25°										
0-3	Ah	10YR 3/1	10YR 4/2	0	granular	friable	-	++		abrupt
3-20	E	10YR 6/4	10YR 8/3	0	subangular blocky	friable	-	++		gradual
20-40	B(t)g	10YR 6/4, 7,5YR 5/6	10YR	15	subangular blocky	very firm	+	+		clear
40-55	2BC	2,5Y 6/3	2,5Y 8/2	15	angular blocky	firm	-	+		clear
55-60	3Cg1	2,5Y 4/2	2,5Y 6/3	25	massive	firm	-	+		clear
60-95	3Cg2	2,5Y 4/2	2,5Y 7/3	25	massive	very firm	-	+		gradual
95-145	3Cg3	2,5Y 4/1	2,5Y 7/2	25	massive	very firm	-	-		-
Profile 3. Haplic Stagnosol (Ruptic, Epidystric, Episiltic) N 49°57'05,7'' E 20°31'08,0'' , 262 m a.s.l., slope – inclination 25°										
0-2	Oi				weakly decomposed forest litter					
2-7	Oe				moderately decomposed forest litter					
7-18	Ah	10YR 4/2	10YR 5/3	0	granular	firm	-	++		clear
18-45	Eg	10YR 7/4	10YR 8/3	0	subangular blocky	firm	-	+		clear
45-55	B(t)g	10YR 7/3, 2,5Y 5/2	10YR	5	subangular blocky	very firm	+	+		abrupt
55-65	2BC	2,5Y 5/2, 10YR 7/3	2,5Y 7/2,	60	massive	firm	-	+		abrupt
65-90	2Cg1	2,5Y 4/3	2,5Y 6/2	60	massive	very firm	-	+		abrupt
90-140	2Cg2	2,5Y 3/2	2,5Y 6/3	50	massive	very firm	-	+		-

Table ending

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profile 4. Stagnic Cutanic Fragic Albeluvisol (Abruptic, Ruptic, Alomic, Siltic) N 49°56'36,2'' E 20°30'03,0'', 320 m a.s.l., hilltop – inclination 0-3°									
0-3	Oe			moderately decomposed forest litter					
3-12	Ag	10YR 4/2	10YR 5/3	0	granular	firm	-	++	abrupt
12-38	Eg	10YR 7/6	10YR 8/3	0	subangular blocky	firm	-	+	clear
38-50	Btx	10YR 5/4	10YR 7/4	0	prismatic	extremely firm	+++	+	gradual
50-75	Btg	10YR 5/6	10YR 7/6	0	angular blocky	very firm	+++	+	gradual
75-90	BC	10YR 6/6, 7,5Y 5/6	10YR 7/6,	5	angular blocky	very firm	++	-	clear
90-105	2Cg	7,5YR 5/6, 10YR 6/6	7,5YR 7/6,	25	massive	very firm	-	-	-
Profile 5. Stagnic Cambisol (Endoeutric, Ruptic) N 49°56'39,3'' E 20°30'00,1'' 295 m a.s.l., slope – inclination 35°									
0-1	Oe			moderately decomposed forest litter					
1-5	Ah	7,5YR 2/2	7,5YR 4/2	0	granular	friable	-	+++	clear
5-15	Bwg	10YR 6/6	10YR 7/3	10	subangular blocky	firm	-	++	gradual
15-35	2BC	10YR 6/4	10YR 8/3	30	subangular blocky	firm	-	+	abrupt
35-110	2Cg	2,5Y 7/4, 10YR 7/6	2,5Y 8/2,	0	single grained	very firm	-	-	-

by the process of clay illuviation. There are, however, prominent differences in soil texture resulting not from soil-forming processes but from the occurrence of lithological discontinuities within soil material. The texture of the upper parts of profiles, developed in loess material, is slit loam.

Table 2

Particle size distribution in the studied soils													
Depth [cm]	Horizon	Particle size distribution [diameter in mm]									Soil texture	Clay-free	
		2,0-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002	<0,002	sand 2-0,05	silt 0,05-0,002	clay <0,002		sand	silt
Profile 1. Stagnic Cutanic Fragic Albeluvisol (Abruptic, Orthoeutric, Siltic)													
0-3	Oe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3-8	Ah	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8-35	E	9	12	45	23	5	6	21	73	6	SiL	22	78
35-55	Btx	5	13	40	17	3	22	18	60	22	SiL	23	77
55-	Btg	5	15	40	19	3	18	20	62	18	SiL	24	76
105-	BC1	3	18	46	17	2	14	21	65	14	SiL	24	76
125-	BC2	5	14	49	17	1	14	19	67	14	SiL	22	78
Profile 2. Haplic Stagnosol (Ruptic, Epidystric)													
0-3	Ah	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3-20	E	8	6	36	27	8	15	14	71	15	SiL	16	84
20-40	2B(t)g	31	6	11	21	8	23	37	40	23	L	48	52
40-55	2BC	28	6	18	19	6	23	34	43	23	L	44	56
55-60	3Cg1	11	0	35	22	8	24	11	65	24	SiL	14	86
60-95	3Cg2	11	10	11	21	27	20	21	59	20	SiL	26	74
95-	3Cg3	3	1	9	23	20	44	4	52	44	SiC	7	93
Profile 3. Haplic Stagnosol (Ruptic, Epidystric, Episiltic)													
0-2	Oi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2-7	Oe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7-18	Ah	15	4	54	21	4	2	19	79	2	SiL	19	81
18-45	Eg	5	10	45	25	6	9	15	76	9	SiL	16	84
45-55	B(t)g	6	11	40	22	3	18	17	65	18	SiL	21	79
55-65	2BC	29	10	25	15	4	17	39	44	17	L	47	53
65-90	2Cg1	56	6	15	8	3	12	62	26	12	SL	70	30
90-	2Cg2	41	2	12	15	10	20	43	37	20	L	54	46
Profile 4. Stagnic Cutanic Fragic Albeluvisol (Abruptic, Ruptic, Aluminic, Siltic)													
0-3	Oe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3-12	Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12-38	Eg	9	4	42	30	7	8	13	79	8	SiL	14	86
38-50	Btx	7	5	43	24	5	16	12	72	16	SiL	14	86
50-75	Btg	5	7	44	21	4	19	12	69	19	SiL	15	85
75-90	BC	17	12	29	17	5	20	29	51	20	SiL	36	64
90-	2Cg	70	7	8	3	1	11	77	12	11	SL	87	13
Profile 5. Stagnic Cambisol (Endoeutric, Ruptic)													
0-1	Oe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1-5	Ah	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5-15	Bwg	38	12	23	13	3	11	50	39	11	SL	56	44
15-35	2BC	64	12	10	5	3	6	76	18	6	SL	81	19
35-	2Cg	78	3	9	5	2	3	81	16	3	LS	84	16

The texture of deeper horizons is varied – in the lowermost horizons of soils developed entirely in loess material it is silt loam (profile 1), but the texture of BC and C horizons developed in flysch regolith ranges from loamy sand (profile 5), through sand

loam (profile 4), loam (profile 3) to silty clay (profile 2), depending on the lithology of bedrock. The occurrence of lithological discontinuities is particularly visible when the contents of sand and silt fractions are calculated on the clay-free basis. This procedure shows a marked homogeneity of loess (76–78 % silt in profile 1, 85–86 % silt in profile 4) corresponding with the data given by Szymański et al. (2011) and standing in contrast with a great textural diversity of weathered flysch. Apart from the main discontinuity between loess and flysch regolith (profiles 2–4), it is also possible to discern textural discontinuities between flysch-derived slope materials and underlying weathered flysch in situ (profiles 2 and 5), as well as within the weathered flysch itself (profiles 2 and 3). The observed, large textural diversity of flysch-derived slope materials and weathered flysch material in situ has two causes. Firstly, it is a result of the gravity-driven transportation of material from upper parts of slope, predominantly by solifluction in the Pleistocene (Kacprzak et al., 2010). Secondly, it results from the geological layering of flysch bedrock consisting of interbedded sandstones, mudstones and shales. The occurrence of lithological discontinuities was reflected in the application of arabic numerals (2, 3) in front of the designations of horizons developed in material of varied origin (FAO, 2006).

In the studied soils organic carbon, apart from litter O horizons, is concentrated in relatively thin (less than 10 cm thick) Ah horizons, where its content can exceed 5 % (Table 3). Soil reaction in the most of horizons is acidic, with the values of pH in H₂O lower than 5.5, usually between 4.1–4.8. The content of organic carbon is higher and the pH values lower than reported for the soils of the area (e.g. Szymański et al. 2011, 2012b) but this is a natural phenomenon when forest soils are compared with these under agricultural use (Skiba et al., 1998). Markedly higher pH values are observed in C horizons formed in weathered flysch bedrock (profile 3 and 5), where the occurrence of carbonates is observed (Table 3). The rest of the investigated soil horizons is devoid of carbonates. The determined cation exchangeable capacity (T) ranges from 2.40 to 45.90 cmol⁽⁺⁾/kg (Table 3). This significant variability is also a result of the occurrence of lithological discontinuities – the smallest values were recorded in sandy layers of flysch regolith or silty eluvial horizons, while the highest values are a characteristic of horizons developed in clay-rich material originated due to weathering of flysch shales. The determined values of base saturation in soils with lithological discontinuities do not exceed 50 % in horizons developed in loess materials and cover beds, whereas in these formed in flysch regolith in situ they are markedly higher, ranging from 55 to 100 % (Table 3). The differences in cation exchange capacity and base saturation have an ecological impact. Although most roots are observed in the upper soil horizons developed in acidic horizons developed in loess mantle, tree roots reach to more eutrophic horizons formed in cover beds and weathered flysch layers.

The studied soils were classified using the latest version of the WRB system (IUSS Working Group 2007). Soils situated on flat hilltops covered with loess material (profiles 1 and 4) developed as Albeluvisols. The presence of thick (> 25 cm) albic horizons, abundant clay coatings (cutans) and fragic properties in the upper sections of Bt horizons allow to classify them as Stagnic Cutanic Fragic Albeluvisols. As their profiles are typified by the occurrence of abrupt textural change i.e. doubling of clay content at the boundary of E and Bt horizons, the suffix Abruptic has to be used, and, because of the dominant texture of silt loam, the suffix Siltic is also applicable. In the cases where the thickness of loess material is smaller, as in profile 4, a lithological discontinuity between loess and flysch regolith is observed, so the soils have to be classified with the suffix Ruptic.

Soils occupying slopes, where the thickness of loess material does not exceed 50 cm and the B horizons do not meet the criteria for the argic horizon (profiles 2 and 3) have to be classified as Haplic Stagnosols. They are typified by the presence of pale-coloured E horizons, meeting the criteria for the albic horizon, and the occurrence of stagnic colour pattern in most of the soil volume, being best expressed in B(t)g horizons on the contact of loess material and flysch regolith. The redoximorphic features result from a periodic excess

of water due to subsurficial throughflow parallel to the slope surface. This lateral flux of water also accounts for the initial stage of the development of illuvial horizons, as colloids are to a large extent transported not vertically but laterally, down the slope. As there is a lithological discontinuity between the loess material and flysch regolith, the soils are classified with the suffix Ruptic, and in the cases where the loess cover is thicker than 30 cm, the suffix Episiltic is applicable.

Table 3

Selected chemical properties of the studied soils												
Depth [cm]	Horiz on	C _{org} [%]	pH		equiv. CaCO ₃ [%]	S	H	H _H	H _{Al}	H _{Al} [%]	T cmol ⁽⁺⁾ /kg	V [%]
			H ₂ O	CaCl ₂		cmol ⁽⁺⁾ /kg						
Profile 1. Stagnic Cutanic Fragic Albeluvisol (Abruptic, Orthoeutric, Siltic)												
0-3	Oe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3-8	Ah	4,25	4,1	3,7	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8-35	E	0,68	4,7	4,0	0,00	0,0	4,0	0,1	3,8	95,	4,00	0,0
35-55	Btx	0,19	5,3	4,3	0,00	8,6	1,5	0,1	1,4	88,	10,20	84,5
55-	Btg	0,10	5,4	4,6	0,00	8,4	1,0	0,1	0,8	83,	9,50	88,9
105-	BC1	0,10	5,3	4,6	0,00	6,6	0,8	0,1	0,7	80,	7,50	88,3
125-	BC2	0,10	5,3	4,6	0,00	6,6	0,7	0,0	0,6	87,	7,30	90,4
Profile 2. Haplic Stagnosol (Ruptic, Epidystric)												
0-3	Ah	6,23	3,8	3,5	0,00	2,6	8,4	0,7	7,7	91,	11,00	23,6
3-20	E	0,36	3,9	3,5	0,00	3,2	13,	4,3	8,7	66,	16,30	19,6
20-40	2B(t)	0,19	4,1	3,5	0,00	3,8	16,	8,4	8,5	50,	20,80	18,3
40-55	2BC	0,15	4,6	4,0	0,00	6,4	7,3	1,2	6,1	83,	13,80	46,5
55-60	3Cg1	n.a.	4,5	4,0	0,00	7,8	6,3	1,0	5,2	83,	14,10	55,3
60-95	3Cg2	n.a.	4,5	4,0	0,00	10,	6,3	2,1	4,2	66,	17,10	63,2
95-	3Cg3	n.a.	4,4	4,1	0,00	16,	4,9	1,0	3,8	78,	21,70	77,4
Profile 3. Haplic Stagnosol (Ruptic, Epidystric, Episiltic)												
0-2	Oi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2-7	Oe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7-18	Ah	4,07	3,5	3,1	0,00	0,4	12,	1,8	10,	85,	12,90	3,1
18-45	Eg	0,47	3,7	3,6	0,00	0,6	9,3	0,4	8,9	95,	10,00	6,0
45-55	B(t)g	0,22	4,2	3,9	0,00	5,1	8,3	0,3	7,9	95,	13,40	38,0
55-65	2BC	n.a.	6,8	6,7	1,05	21,	0,0	0,0	0,0	0,0	21,50	100,
65-90	2C1	n.a.	7,6	7,4	1,52	32,	0,0	0,0	0,0	0,0	32,40	100,
90-	2C2	n.a.	8,0	7,5	2,94	45,	0,0	0,0	0,0	0,0	45,90	100,
Profile 4. Stagnic Cutanic Fragic Albeluvisol (Abruptic, Ruptic, Alomic, Siltic)												
0-3	Oe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3-12	Ag	0,53	n.a.	n.a.	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12-38	Eg	0,17	4,3	3,9	0,00	3,6	16,	0,1	15,	98,	19,70	18,3
38-50	Btx	0,10	4,4	3,8	0,00	3,4	9,1	0,3	8,7	96,	12,50	27,2
50-75	Btg	0,06	4,4	3,8	0,00	0,8	12,	3,3	8,9	72,	13,10	6,1
75-90	BC	0,01	4,4	3,8	0,00	0,6	12,	4,2	8,4	66,	13,20	4,5
90-	2Cg	n.a.	4,4	3,8	0,00	0,0	6,1	0,1	5,9	97,	6,10	0,0
Profile 5. Stagnic Cambisol (Endoeutric, Ruptic)												
0-1	Oe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1-5	Ah	3,42	4,1	3,5	0,00	1,2	9,8	0,7	9,1	92,	11,00	10,9
5-15	Bwg	0,33	4,2	3,7	0,00	2,2	7,1	0,2	6,9	96,	9,40	23,5
15-35	2BC	0,19	4,8	4,1	0,00	1,7	2,5	0,0	2,4	96,	4,20	40,1
35-	2Cg	0,03	5,7	5,1	0,48	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,40	100,

On the steepest slopes soils developed predominantly in weathered flysch layers an flysch-derived slope materials (cover beds) with only an admixture of loess material

(profile 5), possibly resulting from slope transportation driven by gravity and movement of water. The influence of water is visible in the stagnic colour pattern observed in their profiles and they are classified as Stagnic Cambisols. As lithological discontinuities, based on textural differences, occur between slope materials and in situ regolith, the suffix Ruptic is applicable.

On the basis of the investigated soil profiles a general model of soil diversity in the studied area of the Carpathian Foothills can be presented. Soil formation and, consequently, taxonomic position depends predominantly on two characteristics – the thickness of loess material and the inclination of slope. With a decreasing slope inclination and an increasing thickness of loess soils change from Stagnic Cambisols (Ruptic) through Haplic Stagnosols (Ruptic) and Haplic Stagnosols (Ruptic, Episiltic) to Stagnic Albeluvisols (Ruptic), and where soil profiles are developed entirely in loess materials – Stagnic Albeluvisols.

CONCLUSIONS

In the investigated area of the Wieliczka Foothills morphology and properties of soils are to a large degree controlled by the occurrence of lithological discontinuities between loess mantles, slope deposits and in situ weathered flysch (regolith). The presence of lithological discontinuities can be detected from significant textural changes and they influence soil morphology, structure and chemical properties as well as throughflow of water. The impact of discontinuities is particularly important in the case of soils occurring on steep slopes, where the thickness of loess is smallest. Soils developed entirely in loess material or where its thickness reaches 1 m are classified as Albeluvisols, whereas soils occurring on slopes are classified as Stagnosols or Cambisols.

REFERENCES

- Bednarek R.** Badania ekologiczno-gleboznawcze / R. Bednarek, H. Dziadowiec, U. Pokojńska, Z. Prusinkiewicz. – Warszawa : PWN, 2005. – 344 p.
- Bednarek, R., Dziadowiec, H., Pokojńska, U., Prusinkiewicz, Z., 2005, „Ecological and pedological research”, Warsaw, PWN, 344 p.
- FAO.** Guidelines for Soil Description, fourth edition. – Rome : FAO, 2006. – 98 p.
- Hess M.** Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich / M. Hess // Zesz. Nauk. UJ : Prace Geogr. 1965 (11). – pp. 1-258.
- Hess, M., 1965, „Altitudinal climatic zones in the Polish Western Carpathians”, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 11, pp. 1–258.
- IUSS Working Group WRB, 2007.** World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports 103, Rome, FAO, 114 p.
- Kacprzak A.** Pokrywy stokowe jako utwory macierzyste gleb Bieszczadów Zachodnich / A. Kacprzak // Roczn. Glebozn. 2003 (54/3). – pp. 97-110.
- Kacprzak, A., 2003, „Slope covers as the soil parent material in the western Bieszczady Mts”, Soil Science Annual, 54/3, pp. 97–110.
- Kacprzak, A., Derkowski, A., 2007,** „Cambisols developed from cover-beds in the Pieniny Mts. (southern Poland) and their mineral composition”, Catena, 71, pp. 292–297.
- Kacprzak A.** Uziarnienie i skład mineralny jako wskaźniki genezy utworów macierzystych gleb w katenie stokowej Małej Rawki (Bieszczady Zachodnie) / A. Kacprzak, M. Skiba // Roczn. Bieszcz. 2001 (9). – pp. 169-181.
- Kacprzak, A., Skiba, M., 2001, „Soil texture and mineral composition as indicators of the parent material genesis in the soil catena of Mała Rawka (Western Bieszczady Mts.)”, Roczn. Bieszcz., 9, pp. 169–181.
- Kacprzak A.** Nieciągłości litologiczne w katenie gleb Góry Zamkowej w Lanckoronie (Pogórze Wielickie) / A. Kacprzak, M. Klimek, P. Wójcik-Tabol, M. Żyła // Prace Geograf. 2010 (123). – pp. 83-98.
- Kacprzak, A., Klimek, M., Wójcik-Tabol, P., Żyła M., 2010, „Lithological discontinuities in the soil catena of Góra Zamkowa at Lanckorona (Wieliczka Foothills, Southern Poland)”, Prace Geograf. 123, pp. 83–98.
- Lorz, C., Phillips, J. D., 2006,** „Pedo-ecological consequences of lithological discontinuities in soils – examples from Central Europe”, J. Plant Nutr. Soil Sci., 169, pp. 573–581.
- Oleksynowa K.** Przewodnik do ćwiczeń z gleboznawstwa i geologii. Część 2 – laboratoryjne analizy gleby / K. Oleksynowa, J. Tokaj, J. Jakubiec. – Kraków, 1987. – 134 p.
- Oleksynowa, K., Tokaj, J., Jakubiec, J., Oleksynowa, K., 1987, „Manual for classes in

soil science and geology. Part 2 – laboratory methods of soil analysis”, Cracow, 134 p.

Phillips, J. D., Lorz, C., 2008, “Origins and implications of soil layering”, *Earth-Science Reviews*, 89, p. 144–155.

Schaetzl, R., Anderson, S., 2005, “Soils: Genesis and Geomorphology”, Cambridge, Cambridge University Press, 817 p.

Skiba S. Gleby zlewni Starej Rzeki na Pogórzu Wielickim / S. Skiba // *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geograf.* 1992 (88). – pp. 39–47.

Skiba, S., 1992, „*Soils of the Stara Rzek catchment in the Wieliczka Foothills*”, *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geograf.*, 88, pp. 39–47.

Skiba S. Mapa gleb obszaru Karpat w granicach Polski / S. Skiba, M. Drewnik // *Rocz. Bieszcz.* 2003 (11). – pp. 15–20.

Skiba, S., Drewnik, M., 2003, “*Soil map of the Carpathian area in Poland*”, *Rocz. Bieszcz.*, 11, pp. 15–20.

Skiba, S., Drewnik, M., Klimek, M., Szmuc, R., 1998, “Soil cover in the marginal zone of the Carpathian Foothills between the Raba and Uszwica Rivers”, *Prace Geogr. Inst. Geogr. UJ*, 103, pp. 125–135.

Skiba, S., Drewnik, M., Klimek, M., Szmuc, R., 2002, “The soil cover in Gaik-Brzezowa (Wieliczka Foothills)”, *Prace Geogr. IGI GP UJ*, 109, pp. 21–30.

Szymański, W., Skiba, M., Skiba, S., 2011, “Fragipan horizon degradation and bleached tongues formation in Albeluvisols on the Carpathian Foothills, Poland”, *Geoderma*, 167–168, pp. 340–350.

Szymański, W., Skiba, M., Skiba, S., 2012a, “Origin of reversible cementation and brittleness of the fragipan in Albeluvisols of the Carpathian Foothills, Poland”, *Catena*, 99, pp. 66–74.

Szymański, W. Gleby płowe (Albeluvisols) Pogórza i Przedgórze Karpackiego z obszaru Polski i Ukrainy / W. Szymański, S. Skiba, W. Nikorych, S. Polchyna // *Rocz. Bieszcz.* 2012b (20). – pp. 266–278.

Szymański, W., Skiba, S., Nikorych, W., Polchyna, S., 2012b, “*Luvicols of the Carpathian Foothills and the Precarpathians in Poland and the Ukraine*”, *Rocz. Bieszcz.*, 20, pp. 266–278.

USDA NRCS, 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual, Version No. 4.0 / Soil Survey Investigations Report No. 42, 700 p.

Zasoński S. Główne kierunki glebotwórcze na utworach pyłowych Pogórza Wielickiego. Cz. I. Ogólna charakterystyka gleb i niektóre właściwości chemiczne / S. Zasoński // *Rocz. Glebozn.* 1981 (32/2). – p. 115–143.

Zasoński, S., 1981, “*Main pedogenetic directions on silty sediments of the Wieliczka Foothills. Part 1. General soil characteristics and selected chemical properties*”, *Soil Science Annual*, 32/2, pp. 115–143.

Zasoński S. Główne kierunki glebotwórcze na utworach pyłowych Pogórza Wielickiego. Cz. II. Właściwości mikromorfologiczne / S. Zasoński // *Rocz. Glebozn.* 1983 (34/4). – pp. 123–161.

Zasoński, S., 1983, „*Main pedogenetic directions on silty sediments of the Wieliczka Foothills. Part 2. Micromorphological properties*”, *Soil Science Annual*, 34/4, pp. 123–161.

Zasoński S. Wpływ rzeźby terenu na morfologię gleb pyłowych Pogórza Wielickiego / S. Zasoński // *Rocz. Glebozn.* 1989 (40). – pp. 43–58.

Zasoński, S., 1989, “*Influence of relief on the morphology of silty soils in the Wieliczka Foothills*”, *Soil Science Annual*, 40, pp. 43–58.

Стаття надійшла в редакцію: 10.09.2013

Рекомендує до друку: д-р с.-г. наук, проф. Д. Г. Тихоненко

CLASSIFICATION AND EVALUATION OF SOILS



I. S. Smaga

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.4

*Yu. Fedkovych Chernivtsi National University,
Chernivtsi, Ukraine,
e-mail: smaga.ivan@gmail.com*

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF SOIL ESTIMATION AND ITS IMPROVEMENT

Abstract. The theoretical and methodological approaches, existing in the national soil science to the definition of object of soil estimation, are analyzed. The appropriateness of the next round of work on the estimation quality of soil Ukraine agro-industrial group of soil as object of soil estimation for consistency with other types of land estimation and with previously obtained results, as well as its advantages over the object of estimation "soil-climate" and "soil-climate-box" or type of soil.

The principles of selection criteria for appraisal of the number of indicators of soil properties and methodical problems when used as a criterion rate of harvest of crops are analyzed.

The measurement standards estimation quality of soil is substantiated. They are estimation of genetic, which are determined parameters stable properties of soil, estimation of agrochemical in reference to fundamental agricultural crops, which calculate across possible harvest culture crop across provision of soil which nutrient elements of plants and generalized index estimation of soil. Last invited to count as the harmonic mean between genetic and agrochemical estimation of soil.

To determine the average values of parameters estimation of soil evaluation is proposed to use the harmonic average formula that allows you to objectively consider the law of minimum.

A testing of proposed indicators estimation of quality example sour gleevy soils of Pre-Carpatians with the differentiated type. Proven method of calculation proposed indicators estimation of soil on example the most common groups of soil agro-industrial Storozhinetskiy land area estimated in Chernivtsi region.

The necessity of determining the estimation of genetic in reference agro-industrial group of soil within the land estimation area in relation to the regional benchmark, estimation of agrochemical growth class – the results of agro-ecological monitoring arable soils. It was found that low values of agrochemical estimation growth class in the studied soils reduce the size of the generalized index estimation of soil.

The necessity of taking into account the actual maintenance of soil mineral nutrients plants in determining its estimation of soil. There is an algorithm for calculating the agrochemical estimation of soil based on the value of the resource harvest of winter wheat, which can be obtained from the current more important elements of soil mineral nutrition of plants based on their carry out from the soil by harvest the main and accessory product.

It was proposed to determine the required frequency estimation of soils based on the stability over time of indicators of soil properties which is selected as the criteria of estimation of soil. Genetic estimation of soil indicators for sustainable over time indicators of soil properties (content in the plow layer of humus, physical clay and abyssal horizons of humus) should determine every 10–15 years.

© I. S. Smaga, 2013

Systematic work for new rounds of agro-ecological monitoring (every 5 years) suggests to use their results on the content of soil mineral nutrients of plants to determine agrochemical estimation of soil and the corresponding correction values of the generalized index estimation of soil.

Keywords: *object of soil estimation, criteria of estimation of soil, methods of estimation of soil, agro-industrial group of soil, estimation of soil, estimation of genetic, estimation of agrochemical, generalized index estimation of soil.*

УДК 631.4

И. С. Смага д-р биол. наук, проф.
Черновицкий национальный университет
им. Ю. Федьковича, г. Черновцы, Украина,
e-mail: smaga.ivan@gmail.com

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БОНИТЕТНОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВ И ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

Проанализированы сформировавшиеся в отечественном почвоведении теоретико-методологические подходы к определению объекта бонитетной оценки. Обоснована целесообразность использования в следующем туре работ по бонитировке почв Украины агропроизводственной группы почвы как объекта бонитировки для согласованности с другими видами оценки земли и сопоставимости с полученными ранее результатами, а также его преимущества перед объектами оценки «почва-климат», «почва-климат-поле» и вид почвы.

Проанализированы принципы подбора критериев бонитировки из числа показателей почвенных свойств и проблемы методического характера определения величины урожая при использовании его в качестве критерия бонитировки почв.

Предложены показатели сравнительной оценки качества почв: бонитет генетический, определяемый по показателям стабильных почвенных свойств, бонитет агрохимический в разрезе основных сельскохозяйственных культур, учитывающий возможный ресурсный урожай, исходя из обеспеченности почв основными элементами питания растений, а также обобщенный показатель бонитета почвы.

Ключевые слова: *объект бонитировки, критерии бонитировки, урожай, методика бонитировки, агропроизводственная группа почвы, бонитировка почв, бонитет генетический, бонитет агрохимический, обобщенный показатель бонитета.*

УДК 631.4

І. С. Смага д-р біол. наук, проф.
Чернівецький національний університет
ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна,
e-mail: smaga.ivan@gmail.com

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ БОНІТЕТНОЇ ОЦІНКИ ҐРУНТІВ ТА ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

Проаналізовано сформовані у вітчизняному ґрунтознавстві теоретико-методологічні підходи щодо визначення об'єкта бонітетної оцінки. Обґрунтовано доцільність використання в наступному турі робіт з бонітування ґрунтів України агровиробничої групи ґрунту як об'єкта бонітування задля узгодженості з іншими видами оцінки землі та зіставності з отриманими раніше результатами, а також його переваги перед об'єктами оцінки «ґрунт-клімат», «ґрунт-клімат-поле» та вид ґрунту.

Проаналізовано принципи підбору критеріїв бонітування з числа показників ґрунтових властивостей та проблеми методичного характеру при використанні в якості критерію показника урожаю сільськогосподарських культур.

Запропоновано показники оцінки порівняльної якості ґрунту: бонітет генетичний, що визначається за стійкими показниками ґрунтових властивостей, бонітет агрохімічний в розрізі основних сільськогосподарських культур, що враховує можливий ресурсний урожай за забезпеченістю ґрунтів основними елементами живлення рослин, а також узагальнений показник бонітету ґрунту.

Ключові слова: *об'єкт бонітування, критерії бонітування, урожай, методика бонітування, агровиробнича група ґрунту, бонітування ґрунту, бонітет генетичний, бонітет агрохімічний, узагальнений показник бонітету.*

ВСТУП

Одним із шляхів підвищення ефективності сільськогосподарського землекористування та ступеня використання всіх резервів і можливостей земельних ресурсів виступає раціональне розміщення посівів сільськогосподарських культур на основі показників часткового бонітування ґрунтів. Крім того, об'єктивна оцінка ґрунтів за рівнем родючості – одна з передумов запровадження та успішного функціонування ринку земель сільськогосподарського призначення. Важливість вирішення зазначених проблем спонукала науковців як до вдосконалення існуючих, так і розробки альтернативних теоретико-методологічних засад і методик бонітування ґрунтів.

Родючість ґрунту розглядається як певний процес, що проходить у системі «ґрунт - рослина» та забезпечує ріст і розвиток рослин. Тому саме агробіологічні вимоги рослин враховуються при частковому бонітуванні, тобто рівень родючості встановлюється відносно певної культури чи групи культур. З іншої сторони, відоме твердження, що ґрунт як «самостійне тіло природи», згідно з основною парадигмою В. В. Докучаєва володіє родючістю постійно, а проявляється вона тільки у вегетаційний період. Для встановлення порівняльної якості ґрунтів різної генетичної природи визначається міра абсолютної родючості як кількості речовини і енергії, які має ґрунт для забезпечення росту й розвитку рослин, тобто загальний бонітет (Балаєв, 2006).

Запропоновані останніми роками наукові розробки у сфері бонітування ґрунтів вирізняються різноманітністю підходів щодо підбору просторових об'єктів бонітетної оцінки: агровиробнича група чи підгрупа ґрунту (Канаш, 2002), вид ґрунту (Полупан, 2005; Величко, 2010), система «ґрунт-клімат» (Черлінка, 2001) чи «ґрунт-клімат-поле» (Медведев, 2006). Предметом оцінки можуть виступати потенційна, або ефективна родючість ґрунту (Полупан, 2005), сприятливість ґрунтово-кліматичних (Черлінка, 2001; Булгаков, 2010) чи ґрунтово-кліматичних і технологічних умов конкретного поля стосовно вирощування сільськогосподарських культур (Медведев, 2006).

Критеріями бонітетної оцінки в різних методиках виступають: показники ґрунтових властивостей при оцінці рівня потенційної родючості (Методика..., 1992), урожай культур при оцінці ефективної родючості (Полупан, 2005), показники ґрунтових властивостей і кліматичних умов при виборі в якості об'єкта оцінки системи «ґрунт-клімат» (Черлінка, 2001), а також крім них і показники технологічних умов конкретного поля – при оцінці системи «ґрунт-клімат-поле» (Медведев, 2006).

Результатами бонітетної оцінки виступають бали бонітету ґрунту стосовно окремих культур (Методика..., 1992), бали бонітету за озимою пшеницею за природної (відкрита шкала) та за ефективної (закрита шкала) родючості (Полупан, 2005; Величко, 2010), бали часткової оцінки системи «ґрунт-клімат» (Черлінка, 2001) чи бали загальної, або часткової оцінки системи «ґрунт-клімат-поле» (Медведев, 2006).

Мета досліджень – проаналізувати теоретико-методологічні аспекти вибору об'єкта, предмета і критеріїв часткового бонітування та запропонувати об'єктивні показники бонітетної оцінки ґрунтів з використанням наявної інформаційної бази та сучасних даних ґрунтових обстежень.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Апробацію різних методів бонітетної оцінки проводили на прикладі окремих агровиробничих груп ґрунтів у межах Сторожинецького земельно-оціночного району Чернівецької області. Збір вихідних даних проведено за прописом чинних нормативних документів з бонітування ґрунтів (Методика..., 1992) та ведення агроекологічного моніторингу (Методика агрохімічної паспортизації..., 2003). При обґрунтуванні та визначенні бонітетних показників, крім того, використано окремі наукові розробки (Черлінка, 2001; Смага, 2005).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Наукові основи бонітування ґрунтів були закладені основоположником вітчизняного генетичного ґрунтознавства В. В. Докучаєвим (Докучаєв, 1949). Земельно-оціночні роботи він розділив на природно-історичну (в сучасному розумінні це бонітування ґрунтів) та господарсько-економічну (тепер це економічна оцінка землі) частини. Головний принцип оцінки вбачався ним у необхідності дотримання тісного зв'язку між цими складовими, тобто перша частина повинна бути основою і критерієм для другої.

До однієї з найважливіших складових методик бонітетної оцінки належить вибір просторових об'єктів бонітування. Вважається, що вони повинні бути однотипними і конкретними, тобто чітко відмінними за вибраними для оцінки показниками й такими, що можливо виділити на місцевості. Існує багатоваріантність підходів щодо виокремлення об'єкта бонітування. Залежно від мети та конкретної методики для цього можуть бути вибрані: вид і різновид ґрунту, агровиробнича група ґрунту, ґрунтова відміна, агроландшафт, тип земель, тип структури ґрунтового покриву тощо (Агропочвоведение, 1994).

У запропонованих в різний час методиках бонітування ґрунтів України за об'єкт бонітування приймалася агровиробнича група (підгрупа) ґрунту (Кузьмичев, 1971; Методика..., 1992), ґрунтова відміна (Медведев, 2006), вид ґрунту (Полупан, 2005). Вибір агрогрупи в якості об'єкта бонітетної оцінки видається логічним, оскільки агровиробниче групування ґрунтів проводиться згідно з чинними нормативними документами, затвердженими на рівні профільного міністерства. Це сприяє узагальненню наявних даних з великомасштабного обстеження ґрунтового покриву України та сучасних робіт з агроекологічного моніторингу та агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. Взнявши до уваги те, що за об'єкти економічної оцінки землі свого часу теж були прийняті агровиробничі групи ґрунтів, доцільно стверджувати про відповідність такого підходу головному принципу земельної оцінки В. В. Докучаєва – про взаємопов'язаність бонітування й економічної оцінки землі. Крім того, вибір агровиробничої групи ґрунту в якості спільного об'єкта для даних видів земельно-оціночних робіт забезпечує зівставимість їх результатів та подальшого використання при прийнятті управлінських рішень. Іншим аргументом на користь такого вибору є те, що дані бонітету ґрунтів використано для розрахунку нормативної грошової оцінки земель ріллі, багаторічних насаджень, сіножатей та пасовищ у розрізі агровиробничих груп ґрунтів, яка проведена на основі нормативів, встановлених при економічній оцінці землі. Таким чином, агровиробниче групування ґрунтів повсюдно впроваджене в практику земельно-оціночних робіт й дозволяє об'єднати ґрунти, близькі за основними властивостями та визначити показники їх оцінки.

Використання в якості об'єкта бонітування ґрунтових відмін запропоноване авторами методики бонітетної оцінки системи «ґрунт-клімат-поле» (Медведев, 2006) зустріло гостру критику (Канаш, 2008), оскільки офіційно затверджений список ґрунтових відмін в Україні наразі відсутній. Це ж стосується і вибору в якості об'єкта бонітування виду ґрунту як однієї з таксономічних одиниць розробленої нової класифікації ґрунтів України (Полупан, 2005) при визначенні агропотенціалів за природної та ефективної родючості ґрунту (Визначник..., 2005).

Запропонована В. В. Докучаєвим методика бонітування передбачала використання для встановлення бонітету показників 27 найважливіших ознак і властивостей ґрунтів. В основу робіт по оцінці землі були покладені природні кореляції (співвідношення) між властивостями ґрунту і характером розвитку рослин. Встановлені дослідником та його учнями закономірності були названі законами постійності відношень між складовими частинами і властивостями ґрунтів, між факторами ґрунтоутворення і рослинами. Він стверджував, що генетичну природу кожного ґрунту та рівень його продуктивності характеризує велика низка ознак і властивостей. Згідно з

його поглядами, критерієм бонітування може бути тільки та ознака, ступінь зв'язку якої з урожаєм є достатнім. У розробленому ним природно-історичному методі бонітування ґрунти оцінювалися за наявними аналітичними даними відносно кращого ґрунту, показники властивостей якого приймали за 100 балів. Критеріями бонітетної оцінки виступали: потужність гумусового горизонту, вміст гумусу, вміст поживних речовин, поглинальна здатність ґрунту, а також фізичні властивості. В подальшому концептуальна позиція В. В. Докучаєва щодо необхідності прийняття за основу бонітування ґрунтів основних їх ознак збереглася, однак запропоновані методики передбачали використання значно меншої кількості показників ґрунтових властивостей і, в першу чергу тих, які можливо виразити чисельно.

Для переважної більшості методик підбір критеріїв бонітетної оцінки здійснено за принципом наявності кореляційних зв'язків високої тісноти між окремими показниками ґрунтових властивостей і урожаєм культури. Однак, щодо цього наводяться й заперечливі аргументи (Медведев, 2002, 2006). Головний з них в тому, що парні кореляції не відповідають причинно-наслідковим зв'язкам у системі «ґрунт-рослина», оскільки рівень урожаю залежить від комплексу природних, організаційно-господарських та економічних умов. Більш об'єктивне врахування комплексного впливу властивостей на урожай та відображення їх у кінцевій оцінці можливе лише за складними регіональними моделями (Медведев, 2002). Побутує також думка, що у випадку залучення більшої кількості критеріїв отримується більш об'єктивна бонітетна оцінка (Медведев, 2011).

Згідно зі статтею 199 Земельного кодексу України, бонітування ґрунтів проводиться за ґрунтовими властивостями, які мають сталий характер та суттєво впливають на урожай культур, вирощуваних у конкретних природно-кліматичних умовах. Таке формулювання суті бонітування ґрунтів дає підстави до неоднозначних висновків щодо вибору критеріїв та еталонів такої оцінки. На нашу думку, оцінку ґрунту в конкретних природно-кліматичних умовах дозволяють здійснювати методики бонітування, які передбачають встановлення бонітету по відношенню до регіонального еталону. В такому випадку, ґрунти, прийняті в якості еталона теж формуються в конкретних природно-кліматичних умовах. Оцінка ґрунтів щодо єдиного загальнодержавного еталону дозволяє скласти єдину шкалу бонітетів для всієї держави, в тому числі й при використанні еталонних значень показників ґрунтових властивостей, які відповідають оптимальному рівню щодо вимог окремих рослин (Медведев, 2006).

Кореляційний зв'язок середньої та високої тісноти між продуктивністю сільськогосподарських культур та окремими показниками ґрунтових властивостей проявляється у межах певного ареалу репрезентативності, який обмежується територією домінування одного типу ґрунтоутворення (Визначник ..., 2005). Проте, зауважимо, що помітна різниця у тісноті кореляційних зв'язків між показниками ґрунтових властивостей і урожаєм культури виявляється в межах окремих природно-сільськогосподарських провінцій. Про це свідчать наведені в чинній методиці бонітування величини дольового впливу окремих показників ґрунтових властивостей на урожай, тобто відповідні коефіцієнти детермінації, виведені для окремих провінцій (Методические рекомендации ..., 1993). Фактично, врахування агробіологічних особливостей сільськогосподарських культур при частковому бонітуванні згідно з чинною методикою здійснюється тільки при усередненні бальних оцінок окремих критеріїв за формулою середнього зваженого значення з використанням відповідних коефіцієнтів детермінації.

Незважаючи на те, що величини коефіцієнтів кореляції між урожайністю кожної з культур і показниками ґрунтових властивостей в окремих природно-сільськогосподарських провінціях суттєво різняться, чинна методика бонітування передбачає використання єдиних для території України показників ґрунтових властивостей як критеріїв бонітетної оцінки ґрунтів. Часткові бонітети

встановлюються в межах окремих природно-сільськогосподарських районів, а за потреби – і в зоні вирощування культури через коригування значень бонітетів агрогруп ґрунтів на екологічний коефіцієнт.

За критерії часткового (зокрема зокремленого) бонітування вибрано стійкі в часі показники: потужність гумусованої товщі ґрунту, а також вміст у верхньому горизонті гумусу та фізичної глини. Суттєвий вплив їх на урожай сільськогосподарських культур пояснюється формуванням відповідного рівня забезпеченості ґрунту елементами мінерального живлення рослин, сприяння проникненню корневих систем рослин у глибину, створенням умов для протікання ґрунтових процесів тощо.

Чинна методика передбачає розробку єдиної для території України шкали бонітетів через застосування загальнодержавних еталонів критеріїв бонітування: величин запасів гумусу та максимально можливих запасів продуктивної вологи в 0–100 см шарі ґрунту, а також вмісту в 0–40 см шарі ґрунту рухомого фосфору та обмінного калію, для яких значення еталонних показників підібрано залежно від методу їх визначення. Однак, практична реалізація такого положення чинного нормативного документа ускладнюється через відсутність даних погоризонтного визначення рівноважної щільності, необхідної для розрахунку запасів гумусу та ММЗПВ у 0–100 см шарі ґрунту. Такі дані можливо отримати тільки в процесі проведення повторного великомасштабного обстеження ґрунтового покриву України.

Величина урожаю окремих сільськогосподарських культур як оціночний критерій був та залишається досить поширеним у методиках бонітування. Зокрема, методика В. П. Кузьмичова (Кузьмичев, 1971) передбачала розробку шкали загального бонітування, за балами, розрахованими за урожайністю та валовими зборами зернових і технічних культур. Шкали часткового бонітування були розроблені для озимої пшениці, ячменю, кукурудзи, цукрового буряка, льону-довгунцю і картоплі. За результатами проведених робіт з бонітування було складено картосхеми ґрунтів щодо їх сприятливості для вирощування окремих сільськогосподарських культур, а також єдину шкалу якісної оцінки ґрунтів України.

Однак, науковцями і практиками сільськогосподарського виробництва було висловлено низку зауважень до даної методики. Основні з них зводяться до того, що бонітет ґрунтів у такому випадку залежить й від досягнутого рівня інтенсивності господарювання, організаційно-технологічної специфіки виробництва, погодних умов конкретного року тощо. Фактично, дана методика дозволяє оцінити тільки рівень ефективної родючості ґрунтів. Іншим недоліком було те, що масові дані щодо урожайності окремих сільськогосподарських культур були отримані статистичним шляхом й не відповідали їх реальній урожайності на конкретних ґрунтах.

Слід враховувати й те, що урожай виступає результатом взаємодії комплексу факторів: агроекологічного стану ґрунту, погодних умов конкретного року, рівня агротехніки, застосування досягнень науково-технічного прогресу у виробництві, фіто- санітарного стану посівів і т. ін., тобто більшою мірою відображає рівень господарювання, ніж якісні характеристики ґрунту. Тому, величина урожаю, отримана таким способом – не зовсім об'єктивний критерій бонітування ґрунтів.

На противагу цим твердженням, окремі дослідники вважають, що вичерпну характеристику ґрунту за продуктивністю можна дати лише на основі урожаю, який виступає інтегральним показником сприятливості екологічних умов для конкретних культур. Зважаючи на складність отримання даних щодо врожайності з дотриманням принципу єдиної відміни через нерівнозначність усіх факторів вирощування сільськогосподарських культур (господарських, технологічних, ґрунтових тощо) було запропоновано використовувати інформацію щодо її рівня, отриману в умовах довготривалих стаціонарних дослідів на різних ґрунтових відмінах, тобто нормативну урожайність (Визначник..., 2005). До речі, такий же підхід для визначення врожайності пропонується використовувати і в практиці удосконалення нормативної грошової

оцінки земель в Україні (Юхновський, 2005; Федоров, 2009). Для цього можливо скористатися інформацією з майже 10 тис. дослідів (в т. ч. 9 тис. дослідів з озимою пшеницею) з зерновими колосовими культурами на різних ґрунтових відмінах.

Для визначення бонітетів ґрунтів окремо за агропотенціалами природної та ефективної родючості стосовно озимої пшениці розроблені відповідні регресійні рівняння щодо ґрунтів у межах окремих типів ґрунтоутворення. Таким чином було розроблено закриту шкалу бонітетів за природної та відкрити шкалу за ефективної родючості для основних ґрунтів України на рівні видів ґрунтів (Визначник..., 2005), як просторових одиниць бонітування, що входять до відповідних родів і підтипів згідно з запропонованою субстантивно-екологічною класифікацією ґрунтів України (Полупан, 2005). Крім того, даними дослідниками отримано дані про агропотенціали (ц/га) ярого ячменю, гороху, кукурудзи на зерно та силос, цукрового буряка і соняшнику. Їх можна вважати показниками часткової бонітетної оцінки ґрунтів.

Однак, складність визначення об'єктивного рівня природного урожаю культур – головна методична проблема практичної реалізації положень таких методик, а отже і визначення реальних бонітетів ґрунтів. Так, в процесі апробації методики В. П. Кузьмичова величина урожаю окремих культур встановлювалася за інформацією, отриманою з 10 тис. сільськогосподарських підприємств за 20 років, тобто фактично проводилася оцінка продуктивної здатності ґрунтів у реальних виробничих умовах в розрізі природно-економічних районів і підрайонів. Середні багаторічні дані урожайності в кожному підрайоні характеризували домінуючі ґрунти, хоча вони на той час і зазнали, певною мірою, впливу інтенсифікації землеробства. Проте, зважаючи на те, що в період виконання цих бонітувальних робіт (60–70-ті роки ХХ століття) хімізація землеробства ще не набула широкого розмаху, можна вважати, що отримані тоді величини урожаю сільськогосподарських культур, практично, віддзеркалювали природну продуктивну здатність ґрунтів.

У випадку визначення величини урожаю на контрольних ділянках довготривалих стаціонарних дослідів (Визначник..., 2005), вона, більшою мірою, зумовлюється сприятливістю ґрунтових умов, а її динамічність, спричинена мінливістю кліматичних умов у окремі роки, нівелюється досить значною тривалістю періоду спостережень. Об'єктивність таких даних знижує те, що на дослідних ділянках, зазвичай, вищий рівень агротехніки, ніж на виробництві. Відсутність такої інформації щодо значної кількості ґрунтів зумовлює необхідність використання досить складної методики екстраполяції даних урожайності на інші ґрунти. Крім того, не враховується реальна їх забезпеченість основними елементами живлення рослин.

Вважається, що часткові бонітети ґрунтів свідчать лише про рівень потенційної здатності ґрунту формувати урожай тієї чи іншої культури. Нерідко бонітети ґрунтів не співпадають з реально отримуваними врожаєм культур (Медведєв, 2002). У зв'язку з цим, доречно зазначити, що методикою бонітування ґрунтів Ґрунтового інституту імені В. В. Докучаєва передбачено для перевірки достовірності шкали бонітування ґрунтів за природними властивостями скласти додаткову шкалу бонітетів ґрунтових відмін за урожайністю культур. Зіставлення цих шкал дозволило встановити існування кореляційного зв'язку високої тісноти між природними властивостями ґрунтів і урожайністю культур (Агропочвоведение, 1994).

Однак, охарактеризовані вище методи визначення бонітету ґрунтів не враховують сучасного стану їх забезпеченості елементами мінерального живлення рослин, який, практично й зумовлює рівень врожаїв сільськогосподарських культур в конкретних природно-кліматичних умовах. Ці показники досить динамічні й чітко відображають рівень окультуреності ґрунту. Саме вони зазнали чи не найістотнішого погіршення при зниженні рівня інтенсивності ведення землеробства в останні десятиліття.

В наших дослідженнях бонітетні показники агровиробничих груп ґрунтів в межах Сторожинецького земельно-оціночного району Чернівецької області встановлювали з використанням основних критеріїв часткового бонітування згідно офіційно діючої

методики (Методика..., 1992). Бальну оцінку вмісту гумусу, потужності гумусово-елювівованого горизонту та вмісту фізичної глини визначали по відношенню до їх значень в еталонному ґрунті земельно-оціночного району (198д – бурі гірсько-лісові і дерново-буроземні середньосуглинкові ґрунти). Усереднення бальних оцінок окремих факторів проводили за формулою гармонічного середнього, що дозволяє найбільш об'єктивно врахувати закон обмежуючого фактора (Черлінка, 2001; Смага, 2010). Отримуваний показник пропонуємо називати бонітетом генетичним (Бген.). Його величини стосовно озимої пшениці складають 66,7–86,9 бала, а найвищі значення притаманні агрогрупам 182д і 183д (табл. 1). Бальна оцінка вмісту гумусу складає 74,3–100, а фізичної глини – 79,3–100 балів. Значення загального бала за цими ж властивостями, розрахованого за офіційно діючою методикою, тобто узагальненням бальних оцінок за формулою середнього зваженого значення з використанням відповідних коефіцієнтів детермінації виявилися на 3–5 одиниць вищими.

Таблиця 1

**Показники бонітетної оцінки ґрунтів стосовно вимог озимої пшениці
залежно від методики розрахунку**

Агровиробнича група ґрунту, шифр та назва	Вміст гумусу		Потужність НЕ горизонту		Вміст фізичної глини		Бал за власти- востями	Бонітет генетич- ний	УПРГ
	%	бал	см	бал	%	бал			
9д – дерново-підзолисті глеюваті	3,1	88,5	20	44,4	38,3	87,0	70,6	66,7	75,7
14д – дерново- підзолисті глейові	3,3	94,3	22	48,9	34,9	79,3	71,6	68,8	79,2
27е – дерново- підзолисті глейові осушені	2,7	77,1	23	51,1	46,1	100	76,5	70,6	73,6
18д – дерново- підзолисті поверхнево- оглеєні	2,6	74,3	25	55,6	39,2	89,0	72,9	70,2	76,1
182д – буроземно- підзолисті глеюваті	3,6	100	25	55,6	37,4	85,0	78,1	75,5	84,4
183д – буроземно- підзолисті оглеєні	3,8	100	34	75,6	38,3	87,0	87,2	86,4	90,1
198д – бурі гірсько- лісові та дерново- буроземні – еталон	3,5	100	45	100	44,0	100	100	–	–

Наступний етап, згідно з чинною методикою (Методика..., 1992), полягає у врахуванні поправок на несприятливі властивості ґрунту. В нашому випадку – це кислотність і оглеєність. Раніше проведеними дослідженнями було встановлено, що в окремих випадках використання таких коефіцієнтів знижує загальну бонітетну оцінку ґрунтів Передкарпаття майже на 40 % (Смага, 2005).

На нашу думку, при проведенні часткового бонітування ґрунтів важливо враховувати показники реальної забезпеченості ґрунту елементами мінерального живлення рослин, низький вміст яких часто виступає чинником, що лімітує родючість ґрунту. Діючою методикою (Методика..., 1992) передбачено їх врахування лише при загальному бонітуванні, тобто вимоги сільськогосподарських культур до забезпеченості ґрунту елементами мінерального живлення не враховуються. Тому, вважаємо за доцільне, задля отримання об'єктивних часткових бонітетів, в якості критеріїв бонітування використовувати й показники вмісту в орному шарі ґрунту основних елементів живлення, особливо фосфору та калію. Кількісні показники витрат азоту, що легко гідролізується (N), рухомого фосфору (P₂O₅) й обмінного

калію (K_2O) на формування одиниці врожаю конкретної сільськогосподарської культури наведені у відповідних довідниках й залежать від конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Зазначимо, що чинна методика визначення агрохімічного бонітету, що проводиться обласними філіями Державного технологічного центру охорони родючості ґрунтів («Центрдержродючість») для агроекологічного моніторингу (Методика агрохімічної..., 2003) передбачає використання в якості критеріїв вмісту гумусу, а також лужногідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію. Бальна оцінка їх здійснюється по відношенню до загальнодержавних еталонів цих показників без врахування потреб різних культур в елементах живлення та вносу їх з урожаєм.

Усе вищевикладене спонукало нас до використання іншого підходу до встановлення агрохімічного бонітету ґрунту (B_{agr}). Вважаємо за необхідне скористатися даними щодо вносу основних елементів живлення (NPK) урожаєм основної та відповідної кількості побічної продукції (Агрохімічний аналіз..., 2005), значення яких характеризуються порівняно невеликим варіюванням у різних ґрунтово-кліматичних зонах.

За вмістом у орному шарі ґрунту елемента живлення та величиною коефіцієнта його використання з ґрунту, розраховується та кількість елемента живлення, що може бути використана з ґрунту рослиною (в кг/га). Поділивши отримані показники стосовно кожного з елементів живлення на виніс їх одиницею урожаю основної та відповідною кількістю побічної продукції (в кг/ц), отримуємо величину можливого урожаю за вмістом кожного з елементів живлення у ґрунті (в ц/га). Згідно з нашими даними, врожайність озимої пшениці на профільно-диференційованих ґрунтах Передкарпаття лімітується низьким вмістом у них рухомого фосфору (табл. 2). Іноді в мінімумі може знаходитися й обмінний калій.

Таблиця 2

Рівень можливої урожайності озимої пшениці та бонітетна оцінка ґрунту за показниками агрохімічних властивостей

Агровиробнича група ґрунту, шифр та назва	Можливий урожай за вмістом елементів живлення, ц/га			Ресурсний урожай, ц/га	Бал за нормативним урожаєм	Коефіцієнт на кислотність ґрунту	Бонітет агрохімічний
	N	P_2O_5	K_2O				
14д – дерново-підзолисті глейові	21,8	13,9	7,0	11,6	29,0	0,81	23,5
27е – дерново-підзолисті глейові осушені	19,8	7,4	7,2	9,2	23,0	0,70	16,1
18д – дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні	25,0	5,2	12,8	9,7	24,5	0,81	19,8
182д – буроземно-підзолисті глеюваті	23,7	9,8	8,3	11,4	28,5	0,81	23,1

Середнє гармонічне значення отриманих показників дає величину можливого ресурсного урожаю відповідно до забезпеченості ґрунту елементами живлення. Це дає змогу об'єктивно врахувати закон обмежуючого фактора, тобто якщо за одним з критеріїв бальна оцінка низька, то і загальний бонітет не повинен отримувати високого значення. При усередненні окремих бальних оцінок за формулою середнього арифметичного досить високі значення бонітету ґрунту отримуються навіть за низької оцінки одного чи кількох критеріїв.

Бал за нормативним урожаєм визначається шляхом ділення показника величини ресурсного урожаю озимої пшениці на величину її нормативного урожаю (що зазвичай приймається на рівні 40 ц/га) і множення на 100.

Зважаючи на те, що з підвищенням кислотності середовища знижується засвоюваність рослинами елементів живлення, бал за нормативним урожаєм доцільно скорегувати на кислотність ґрунту через поправочні коефіцієнти, які розроблені зокрема й для дерново-підзолистих і буроземно-підзолистих ґрунтів (Методические рекомендации..., 1993).

Врахування цих показників бонітетної оцінки в загальному бонітеті пропонуємо здійснювати шляхом визначення узагальненого показника бонітету (УПБ) ґрунту як середнього гармонічного значення між бонітетом генетичним і бонітетом агрохімічним, що можливо у розрізі окремих сільськогосподарських культур. Проте вважаємо, що найдоцільніше УПБ визначати стосовно озимої пшениці, оскільки вона вирощується майже на всій території України й можливо розробити загальнодержавну шкалу бонітування.

Як показали проведені розрахунки, бонітетну оцінку профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття, яку відображає УПБ стосовно озимої пшениці, знижують несприятливі агрохімічні властивості, а отже й невисокий агрохімічний бонітет (табл. 3). Останній показник більш динамічний, порівняно з бонітетом генетичним, через високу піддатливість до змін показників забезпеченості ґрунту елементами мінерального живлення рослин під впливом його господарського використання.

Таблиця 3

Показники бонітету профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття стосовно озимої пшениці

Агровиробнича група ґрунту, шифр і назва	Бонітет генетичний	Бонітет агрохімічний	УПБ
14д – дерново-підзолисті глейові	68,8	23,5	35,1
27е – дерново-підзолисті глейові осушені	70,6	16,1	26,2
18д – дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні	70,2	19,8	30,9
182д – буроземно-підзолисті глеюваті	75,5	23,1	35,4

Періодичність встановлення величини бонітету генетичного ґрунту за запропонованим алгоритмом, де в якості основних критеріїв виступають стабільні показники ґрунтових властивостей (вміст гумусу та глини в орному шарі та потужність гумусових горизонтів) може складати один раз на 10–15 років. Тому, на нашу думку, немає потреби визначати часткові бонітети за прописом офіційно діючої методики через кожні 5–7 років, як регламентовано відповідним Законом України («Про оцінку земель», 2003).

Періодичність визначення бонітету агрохімічного за запропонованим алгоритмом може складати один раз на 5 років, що відповідає регулярності повторення нових турів агрохімічних обстежень в процесі агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення та поновлення даних в агрохімічному паспорті поля. Такий показник характеризує фактичний рівень ефективної родючості ґрунту. Порівняно невелика періодичність таких обстежень дає змогу використовувати отримувані дані щодо забезпеченості ґрунтів елементами мінерального живлення рослин для встановлення реальних значень агрохімічного бонітету та корегування значень узагальненого показника бонітету ґрунту.

ВИСНОВКИ

1. У випадку проведення нового туру робіт з бонітування ґрунтів, виходячи з наявної інформації з ґрунтових обстежень, доцільно використати положення чинної методики в частині вибору об'єкта оцінки та розрахунку часткових бонітетів ґрунтів

в розрізі окремих природно – сільськогосподарських районів, а також сучасні показники агрохімічного стану агровиробничих груп ґрунтів за результатами агроекологічного моніторингу на землях сільськогосподарського призначення.

2. Найбільш реальним просторовим об'єктом бонітування ґрунтів видається агровиробнича група ґрунту, що дозволяє узгодити між собою результати бонітування ґрунтів, економічної та нормативної грошової оцінок земельних ділянок сільськогосподарського використання. Порівняльну оцінку ґрунту в конкретних природно-кліматичних умовах відображає часткова бонітетна оцінка агрогруп ґрунтів природно-сільськогосподарського району з використанням регіональних еталонів.

3. Величина урожаю культур, визначений у виробничих умовах, більшою мірою характеризує досягнутий рівень господарювання та меншою мірою відображає якість ґрунту. Використання урожаю нормативного в якості критерію бонітування ускладнюється через відсутність відповідних експериментальних даних, отриманих у масових польових дослідках для значної кількості ґрунтових відмін.

4. Запропоновано бонітетні показники та методи їх розрахунку на основі наявного інформаційного забезпечення щодо властивостей агровиробничих груп ґрунтів: бонітет генетичний ґрунту за показниками стабільних показників ґрунтових властивостей (глибина гумусового горизонту, вміст гумусу та фізичної глини в орному шарі ґрунту), періодичність визначення якого може складати один раз на 10–15 років, часткові бонітети агрохімічні за величиною ресурсного урожаю культур у відповідності з фактичною наявністю в ґрунті основних елементів мінерального живлення рослин з врахуванням їх виносу на формування урожаю відповідної культури з періодичністю один раз на 5 років, тобто з періодичністю проведення нових турів робіт з агроекологічного моніторингу та узагальнений показник бонітету, що поєднує порівняльну оцінку ґрунтів за показниками сталих властивостей та оцінку їх здатності формувати урожай відповідного рівня за рахунок забезпеченості основними елементами мінерального живлення рослин

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Агропочвоведение** / В. Д. Муха, Н. И. Картамышев, И. С. Кочетов, Д. В. Муха; под ред. В. Д. Мухи. – М. : Колос, 1994. – 528 с.
- Mucha, V. D., Kartamyshev, N. I., 1994, "Agropedology", Moscow, Kolos, 528 p.*
- Агрохімічний аналіз** / М. М. Городній, А. П. Лісовал, А. В. Бикін та ін.; за ред. М. М. Городнього. – К. : Арістей, 2005. – 468 с.
- Gorodnii, M. M., Lisoval, A. P., 2005, "Agrochemical analysis", Kyiv, Aristey, 468 p.*
- Балаєв А. Д.** Родючість ґрунту, її кількісна та якісна оцінка / А. Д. Балаєв // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомч. тематич. наук. зб. (Спецвипуск до VII з'їзду УТГА). – Х., 2006. – Кн. 3. – С. 4-6.
- Balaev, A. D., 2006, "Soil fertility and its quantitative and qualitative estimation", Agrochemicals and soil science. Interagency thematic sciences collected. Kharkiv, 3, pp. 4-6.*
- Булгаков Д. С.** Почвенно-климатические показатели как методическая основа оценки состояния земель для целей сельскохозяйственного мониторинга / Д. С. Булгаков, И. И. Карманов // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомч. тематич. наук. зб. (Спецвипуск до VIII з'їзду УТГА). – Х., 2010. – Кн. 2. – С. 177-179.
- Bulgakov, D. S., 2010, "Soil-climatic indicators as methodical basis for evaluation of Status of land for purposes of monitoring Agrochemical", Agrochemicals and soil science. Interagency thematic sciences collected, Kharkiv, 2, pp. 177-179.*
- Величко В. А.** Екологія родючості ґрунтів / В. А. Величко. – К. : Аграрна наука, 2010. – 274 с.
- Velichko, V. A., 2010, "Ecology of soil fertility", Kyiv, Agricultural Science, 274 p.*
- Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України** / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. І. Кисіль, В. А. Величко. – К. : Колообіг, 2005. – 304 с.
- Polupan, M. I., Solovey, V. B., 2005, "Key ecological-genetic status and soil fertility of soil of the Ukraine", Kyiv, Coloobig, 304 p.*
- Докучаев В. В.** Избранные сочинения: Т. 3. Картография, генезис и классификация почв / В. В. Докучаев. – М. : Государственное изд-во с.-х литературы, 1949. – 447 с.

Dokuchaev, V. V., 1949, "Favourites essay: Vol. 3. Cartography, genesis and classification of soil", Moscow, 447 p.

Земельний кодекс України. – Чернівці : Букрек, 2001. – 96 с.

"The Land Code of Ukraine", 2001, Chernivtsi, Bukrek, 96 p.

Канаш О. П. Внутрігосподарське детальне бонітування ґрунтів / О. П. Канаш // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомч. тематич. наук. зб. (Спецвипуск до VI з'їзду УТГА). – Х., 2002. – Кн. 2. – С. 74-76.

Canash, A. P., 2002, "Detailed appraisal of farm soil", *Agrochemicals and soil science. Interagency thematic. sciences collected*, Kharkiv, 2, pp. 74-76.

Канаш О. Бонітування ґрунтів у контексті сучасних земельних проблем / О. Канаш // Генеза, географія та екологія ґрунтів: зб. наук. пр. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – С. 269-273.

Canash, A., 2008, "Soil appraisal in the context of current land problem", *Genesis, geography and ecology of soil*, Lviv, Publishing Center of Ivan Franko Lviv National University, pp. 269-273.

Кузьмичев В. П. Современные и перспективные бонитеты почв Украинской ССР. Прогнозирование использования земельных ресурсов Украинской ССР и Молдавской ССР. СОПС. – К., 1971. – 280 с.

Kuzmichev, V. P., 1971, "Modern and future soil estimation of Ukrainskaia SSR. Using prediction land resources Ukrainian SSR and Moldavian SSR. SOPS", Kyiv, 280 p.

Медведев В. В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины / В. В. Медведев, И. В. Плиско. – Х. : Изд-во «13 типография», 2006. – 386 с.

Medvedev, V. V., Plysko, I. V., 2006, "Estimation of soil and quality estimation plough lands of Ukraine", Kharkiv, Publishing House "13 typohrarchy", 386 p.

Медведєв В. В. Бонітування ґрунтів в Україні: підсумки і перспективи / В. В. Медведєв, І. В. Пліско // Вісник ХНАУ. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів. – 2011. – № 1. – С. 22-28.

Medvedev, V. V., Plysko, I. V., 2011, "Soil estimation in Ukraine : results and perspectives", *Bulletin KHNAU, Avg. Soil chemistry, agriculture, forestry, ecology of soil*, no. 1, pp. 22-28.

Медведєв В. В. До методики бонітування ґрунтів / В. В. Медведєв, І. В. Пліско, К. Б. Єршова // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомч. тематич. наук. зб. (Спецвипуск

до VI з'їзду УТГА). – Х., 2002. – Кн. 2. – С. 134-136.

Medvedev, V. V., Plysko, I. V., 2002, "The technique of soil estimation", *Agrochemicals and soil science, Interagency thematic. sciences collected*, Kharkiv, 2, pp. 134-136.

Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / ред. С. М. Рижук, М. В. Лісовий, Д. М. Бенцаровський. – К., 2003. – 64 с.

"Methods agrochemical certification of agricultural land in value", 2003, Rizhuk, S. M., Lisoviy, N. V., Kyiv, 64 p.

Методика бонитировки почв Украины / Л. Я. Новаковский, А. П. Канаш, А. И. Розумный и др. – К., 1992. – 102 с.

"Methods estimation the soils of Ukraine", 1992, Novakovskiy, L.Y., Canash, A. P., Kyiv, 102 p.

Методические рекомендации по проведению бонитировки почв / Л. Я. Новаковский, Д. С. Добряк, А. П. Канаш и др. – К., 1993. – 96 с.

"Methodological Recommendations on estimation of soil", 1993, Novakovskiy, L. Y., Dobryak, D. S., Kyiv, 96 p.

Полупан М. І. Класифікація ґрунтів України / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. А. Величко; за ред. М. І. Полупана. – К. : Аграрна наука, 2005. – 300 с.

Polupan, M. I., Solovey, V. B., 2005, "Classification of soils of Ukraine", Kyiv, Agricultural Science, 300 p.

Про оцінку земель / Закон України: прийнятий 11 грудня 2003 року // Відом. Верхов. Ради України. – 2004. – № 15. – С. 229.

"On Land Valuation", *Law of Ukraine*, 2003, Known Supreme. Council of Ukraine, 2004, no. 15, p. 229.

Смага І. С. Обґрунтування та вибір об'єктивних показників оцінки продуктивної здатності ґрунтів Передкарпаття / І. С. Смага, В. Р. Черлінка // Науковий вісник Чернівецького ун-ту: зб. наук. пр. – Вип. 251: Біологія. – Чернівці: Рута, 2005. – С. 177-184.

Smaga, I. S., Cherlinka, V. R., 2005, "Rationale and objective selection of indicators to measure the productive capacity of soil background Precarpathians", *Scientific Bulletin of Chernivtsi University*, 251, Biologiya, Chernivtsi, Rutha, pp. 177-184.

Смага І. С. Оцінка ґрунтово-кліматичних умов південного Передкарпаття стосовно вирощування озимої пшениці / І. С. Смага, І. І. Назаренко, В. Р. Черлінка // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 6. – С. 22-25.

Smaga, I. S., 2006, "Valuation of soil and climatic conditions of southern Precarpathians for grow of winter wheat", *Bulletin of Agricultural Science*, no. 6, pp. 22–25.

Федоров М. М. Нормативна грошова оцінка земель як складова механізму регуляторної політики держави / М. М. Федоров // *Економіка АПК*. – 2009. – № 1. – С. 3–8.

Fedorov, M. M., 2009, "Normative monetary land valuation as a part of the mechanism of regulatory policy of the State", *Business APK*, no. 1, pp. 3–8.

Черлінка В. Р. Обґрунтування уза-

гальненого показника родючості ґрунтів / В. Р. Черлінка // *Вісник аграрної науки*. – 2001. – № 5. – С. 78–79.

Cherlinka, V. R., 2001, "Justification generalized index of soil fertility", *Bulletin of Agricultural Science*, no. 5, pp. 78–79.

Юхновский И. Р. Землекористування в Україні: ефективність управління / І. Р. Юхновский, А. М. Третяк // *Вісник аграрної науки*. – 2005. – № 7. – С. 5–10.

Yuhnovsky, I. R., Tretiak, A. M., 2005, "Land use in Ukraine: the effectiveness of management", *Bulletin of Agricultural Science*, no. 7, pp. 5–10.

Стаття надійшла в редакцію: 04.10.2013

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

SOIL ZOOLOGY



O. N. Kunah¹

Cand. Sci. (Biol.), Assos. Pof.

A. V. Zhukov²

Dr. Sci. (Biol.), Professor

Ju. A. Baljuk¹

UDK 595.142.3

¹ Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University,
Dnipropetrovsk, Ukraine

² Dnipropetrovsk State Agrarian University,
Dnipropetrovsk, Ukraine,

e-mail: Zhukov_dnepr@rambler.ru

THE SPATIAL ORGANIZATION OF THE URBANOZEM MESOPEDOBI-ONTS

Abstract. The results of studying of the spatial organization of soil mesofauna of the urbanozem of the grassland within artificial forest planting have been processed by OMI- and RLQ-analysis methods. Researches are spent to June, 1st, 2012 in Oles Gonchar University botanic garden (earlier – territory of park of J. Gagarin, Dnepropetrovsk). The studied plot is situated on the Krasnopostachekaya balka valley talveg (48°25'58.68"C, 35°2'20.44"B). The plot consists of 15 transects directed in a perpendicular manner in relation to the talveg. Each transect is made of seven sample points. The distance between points is 2 m. The coordinates of lower left point have been taken as (0; 0). The plot represents artificial grassland. The vegetation has typically pratum mesotrophic xeromesophilic character (43.24 % – pratantss, 81.08 % – mesotrophes, 64.86 % – xeromesophiles). In each point the soil mesofauna was studied (data presented as *L*-table); temperature, electrical conductivity and soil penetration resistance, and herbage height were measured (data presented as *R*-table). Soil-zoological test area had a size of 25×25 cm. The soil mesofauna gave been found as being presented by 21 species and with total abundance 119.31 ind./m². In ecological structure of the soil animal community have been found such groups dominant as saprophages, pratants and stepants, gygrophiles, mesotrophocoenomorphes, endogeic topomorphes. The measured edafic characteristics have been shown to play an important role in structurization of an ecological niche of mesopedobionts community. The usage of morphological or physiological features of animals for an estimation of degree of specific distinctions is applicable for homogeneous taxonomic or ecological groups possessing comparable characteristics which also can be interpreted ecologically. The soil mesofauna is characterized by high taxonomic and ecological diversity of forms and comparing which by morphological or physiological criteria it is rather inconvenient. Ecological sense of characteristics in different groups will be not identical, and the basis for their comparison will be inadequate. Therefore we apply to the description of ecological features ecomorphic analysis of soil animals. The organization of communities of soil animals may be considered at levels of an investigated point, a biogeocenosis, a landscape and regional level. Actually, on the basis of landscape-ecological distribution of species in ecological space their accessory to ecological groups – an ecomorphes is established. The regular ratio an ecomorphes in these functional groups will be

© O. N. Kunah, A. V. Zhukov, Ju. A. Baljuk, 2013

reflexion of their organizational structure and an ecological diversity. The obtained data testifies to justice of the come out assumption. It is important to notice that fact that the functional groups allocated in ecological space by means of the RLQ-analysis, show regular patterns of spatial variability. Local functional groups are characterized by ecological characteristics which reflect in terms one ecomorphes of property of others, occupying higher hierarchical position. Ascertaining of spatial heterogeneity of the animal community and determinancy of properties of an ecological niche by soil factors is important result however for understanding of the nature of heterogeneity the spatial variant of ecomorphic the analysis with RLQ-analysis application has been processed. Within comparatively uniform field the spatial differentiation of the animal community on functional groups has been found. The reality of their existence proves to be true not only statistically, but that is especially important, substantial interpretation of ecomorphic markers of groups interrelation and indicators of ecological properties of soil as inhabitancies. The variation of environmental properties within microsites leads to rearrangement of ecological frame of the soil animal community. Heterogeneity of a soil body and vegetation mosaic form patterns of the spatial organisation of the soil animal.

Key words: soil mesofauna, ecological niche, spatial ecology, ecomorphes.

УДК 595.142.3

О. М. Кунах¹

канд. біол. наук, доц.

О. В. Жуков²

д-р біол. наук, проф.

Ю. О. Балюк¹

¹ Дніпропетровський національний університет

ім. О. Гончара, м. Дніпропетровськ, Україна

² Дніпропетровський державний аграрний

університет, м. Дніпропетровськ, Україна,

e-mail: Zhukov_dnepr@rambler.ru

ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ УГРУПОВАННЯ МЕЗОПЕДОБІОНТІВ УРБОТЕХНОЗЕМУ

У роботі наведені результати вивчення просторового варіювання екоморфічної структури ґрунтової мезофауни технозему з трав'янистим покривом методами ОМІ- і RLQ-аналізу. Показано, що біогеоценотична обстановка у місці розташування експериментального полігону є типово луговою, ксеромезофільною та мезотрофною. Дані для дослідження зібрані за допомогою ручного розбирання ґрунтових зразків площею 0,25×25 см по регулярній сітці (7×15 зразків) з відстанню між точками відбору 2 м (результати представлені як L-таблиця), проведено вимір температури, електропровідності й твердості ґрунту, потужності підстилки та висоти травостою (R-таблиця). Ґрунтова мезофауна експериментальної ділянки представлена 21 видом з загальною щільністю 119,31 экз./м². В екологічній структурі тваринного населення ґрунту переважають пратанти та степанти, гігрофіли, мезотрофоценоморфи, ендегейні топоморфи, сапрофаги. Такі едафічні характеристики, як твердість ґрунту, електропровідність, потужність підстилки, а також висота травостою відіграють важливу роль у структуруванні екологічної ніші угруповання мезопедобіонтів. Перші дві осі ОМІ-аналізу описують 88,47 % інерції, що цілком достатньо для того, щоб опис диференціації екологічних ніш мезофауни на досліджуваному полігоні проводити в просторі перших двох осей. Для середнього значення маргінальності угруповання (ОМІ = 3,12) рівень значимості становить $p = 0,001$, що свідчить про важливу роль обраних змінних середовища для структурування угруповання ґрунтової мезофауни. У результаті RLQ-аналізу й наступної кластерної процедури виявлено чотири ключових функціональних групи мезопедобіонтів і знайдено роль едафічних факторів у їх просторовому варіюванні. Кожна функціональна група інтерпретована у термінах екоморфічного підходу.

Ключові слова: ґрунтова мезофауна, екологічна ніша, просторова екологія, екоморфи.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СООБЩЕСТВА МЕЗОПЕДО-БИОНТОВ УРБОТЕХНОЗЕМА

В работе приведены результаты изучения пространственного варьирования экоморфической структуры почвенной мезофауны технозема с травянистым покровом методами ОМІ- и RLQ-анализа. Показано, что биогеоценотическая обстановка в месте расположения экспериментального полигона имеет типично луговой мезотрофный ксеромезофильный облик. Данные для исследования собраны с помощью ручной разборки почвенных образцов площадью 0,25×25 см по регулярной сетке (7×15 образцов) с расстоянием между точками отбора 2 м (результаты представлены как L-таблица), проведено измерение температуры, электропроводности и твердости почвы, мощности подстилки и высоты травостоя (R-таблица). Почвенная мезофауна экспериментального участка представлена 21 видом с общей плотностью 119,31 экз./м². В экологической структуре животного населения почвы преобладают пратанты и степанты, гигрофилы, мезотрофоценоморфы, эндогейные топоморфы, сапрофаги. Такие эдафические характеристики, как твердость почвы, электропроводность, мощность подстилки, а также высота травостоя играют важную роль в структурировании экологической ниши сообщества мезопедобионтов. Первые две оси ОМІ-анализа описывают 88,47 % 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 = 3,12) уровень значимости составляет $p = 0,001$, что свидетельствует о важной роли выбранных переменных среды для структурирования сообщества почвенной мезофауны. В результате RLQ-анализа и последующей кластерной процедуры выявлены четыре ключевых функциональных группы мезопедобионтов и найдена роль эдафических факторов в их пространственном варьировании. Каждая из функциональных групп интерпретирована в терминах экоморфического подхода.

Ключевые слова: почвенная мезофауна, экологическая ниша, пространственная экология, экоморфы.

ВВЕДЕНИЕ

А. Л. Бельгард (1950) отмечает, что основой анализа экологической структуры сообществ живых организмов является жизненная форма. Эту же позицию занимают К. В. Арнольди, Л. В. Арнольди (1963), Ю. И. Чернов (1991) и С. Н. Кирпотин (2005), которые рассматривают экоморфы как базовые элементы структурной организации экосистем.

Под анализом структуры понимается выявление взаимосвязей живых организмов и среды, а также установление степени приспособления отдельных частей сообщества к наиболее важным элементам биогеоценоза. Приспособления видов к биотопу в целом и к каждому из структурных элементов экотопа в отдельности (климатопу, гелиотопу, термотопу и т. д.) называются экоморфами (Бельгард, 1950).

Разнообразие биоморф (экоморф), или жизненных форм является важной компонентой биологического разнообразия (Павлинов, 2010). Как считают Д. Н. Кашкаров (1938), Ю. Г. Алеев (1986) и И. Я. Павлинов (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

(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 (Акимов, 1948). В системе биоморф животных выделяются топоморфы, хемоморфы (для гидробионтов), климатоморфы (для аэробиионтов) и трофоморфы (Акимов, 1954).

Как отмечает Д. А. Кривоуций (1999), жизненная форма – это прежде всего биологический индикатор определенных природных условий. По набору жизненных форм, представленных на некоторой территории, можно довольно верно судить о степени разнообразия среды обитания. В своем обширном труде «Экоморфология» (1986) Ю. Г. Алеев отмечает, применительно к животным термин и понятие жизненной формы впервые употребил ботаник Х. Гамс (Gams, 1918). Он предложил систему жизненных форм, которая охватывала и растения, и животных. Однако его исследование имело ботаническую направленность и не привлекло достаточного внимания зоологов. Существенный вклад в развитие идеи жизненных форм животных сделали К. Фредерикс (Friederichs, 1930) и Д. Н. Кашкаров (1933, 1938, 1945). Согласно К. Фридериксу (Friederichs, 1930) к одной и той же жизненной форме относятся те живые существа (виды, поколения или стадии развития), которые живут в сходных местообитаниях и ведут сходный образ жизни. Д. Н. Кашкаров (1933) так определяет жизненную форму: «Тип животного, находящийся в полной гармонии с окружающими условиями, мы называем жизненной формой, беря этот термин у ботаников. В «жизненной форме», как в зеркале, отражаются главнейшие, доминирующие черты местообитания. Можно различать, например, тип нырца, тип землероя, тип древесного лазающего животного и т.д.». Д. Н. Кашкаров (1938) считал, что при установлении экологических типов или «жизненных форм» необходимо базироваться не на конституальных, филогенетических признаках, а на признаках адаптивных, приспособительных, между которыми и факторами среды существует определенная зависимость, гармония.

Принадлежность к экологическим группам животных носит условный характер и определяется пространственным диапазоном, в пределах которого установлена соответствующая экологическая классификация и масштабным уровнем, который определяет степень детализации классификационной системы. Экоморфы растений и животных как экологическая классификация также являются контекстно-зависимой генерализацией сведений об их взаимоотношении с окружающей средой. Ландшафтно-биогеоценотический уровень является базовым при рассмотрении экологических явлений в традиции степного лесоведения (Бельгард, 1971). Именно это обстоятельство определяет масштабный уровень экоморф растений (Бельград, 1950) и животных (Акимов, 1954; Апостолов, 1970; Жуков, 2007, 2009). Соотношение экоморф в

сообществе характеризует его экоморфическую структуру. Экоморфы между собой находятся в определенных взаимоотношениях, что создает экоморфическую организацию. Экоморфические матрицы являются формой представления экоморфической организации (Жуков, 2007, 2009).

Для лесного сообщества в степи главными внешними ординатами, которые задают экоморфическую организацию, являются режим влажности и минерализации эдафотопы (Бельгард, 1971). Эти ординаты принимаются как независимые и формируют типологическую систему лесов степной зоны. В действительности независимость (ортогональность) ординат не выполняется, но на ландшафтном уровне этим обстоятельством можно пренебречь. Ортогональность означает, что каждой градации трофности должны соответствовать все возможные градации влажности или наоборот. Если этого нет (а не все ячейки типологии А. Л. Бельгарда заполнены), тогда между трофностью и влажностью возникает взаимная зависимость, или корреляция, а типологическая система (как экологическая матрица) является косоугольной. Экоморфическая матрица является не двумерным объектом, а многомерным, поэтому более правильно её называть гиперматрицей или тензором. Таким образом, экоморфический тензор отражает сложный характер взаимодействия живых организмов с окружающей средой. Этот тензор не является ортогональным, так как между ординатами всегда существует корреляция, а структура корреляций является характеристическим показателем, который отражает уровень экоморфической организации конкретного сообщества.

Для почвенных животных можно выделить следующие экоморфы: ценоморфы, трофоморфы, трофоченоморфы, топоморфы, гигроморфы (Жуков, 2007, 2009). В условиях конкретного сообщества вариабельность экоморфической структуры сопряжена с согласованной изменчивостью тех или иных экоморф. Корреляционные композиции экоморф раскрывают природу механизмов адаптации сообщества к динамике факторов окружающей среды.

Использование морфологических или физиологических особенностей животных для оценки степени видовых различий применимо для однородных таксономических или экологических групп, обладающих сравнимыми характеристиками, которые также можно интерпретировать экологически (Кунах, 2013). Почвенная мезофауна представлена высоким таксономическим и экологическим разнообразием форм, сравнивать которые по морфологическим или физиологическим критериям весьма затруднительно. Экологическое насыщение характеристик в разных группах будет не одинаковым, а базис для их сравнения будет неравнозначным. Поэтому для описания экологических особенностей мы применяем экоморфический анализ почвенных животных (Жуков, 2009).

А. Д. Покаржевский и соавт. (2007) рассматривают организацию сообществ почвенных животных на уровнях исследуемой точки, биогеоценоза, ландшафта и региональном уровне. Фактически, на основе ландшафтно-экологического распределения видов в экологическом пространстве устанавливается их принадлежность к той или иной экологической группе – экоморфе. Различные направления выделения экоморф на ландшафтном уровне условно считаются независимыми и формируют экологическую матрицу (в многомерном пространстве – многомерную матрицу, или тензор) (Жуков, 2010; Кунах, 2013). На уровне биогеоценоза степень коррелированности экоморф, вероятно, будет выше, поэтому почвенные животные будут формировать локальные, но функционально значимые, группировки. Регулярное соотношение экоморф в этих функциональных группах будет отражением их организационной структуры и экологического разнообразия. Полученные данные свидетельствуют о справедливости высказанного предположения (Кунах, 2013). Важно отметить тот факт, что функциональные группы, выделенные в экологическом пространстве посредством RLQ-анализа, демонстрируют регулярные паттерны пространственной изменчивости. Локальные функциональные группы характеризуются экологически-

ми характеристиками, которые раскрывают в терминах одних экоморф свойства других, занимающих более высокое иерархическое положение. Так, установлено, что в пределах изученного полигона, степные экоморфы представлены мегатрофами, ксерофилами, мегатрофоценоморфами и большей частью – фитофагами или хищными формами. Луговые и болотные формы являются преимущественно подстилочными (болотные) или норниками (луговые), гигрофилами или ультрагигрофилами, ультрамегатрофоценоморфами, сапрофагами (Кунах, 2013). Пионерный комплекс деструктивных локусов представлен функциональной группой, которая не имеет четкого ценотического статуса, но тяготеет к степному типу. Такой результат приближает нас к пониманию механизмов трансформации сообщества почвенных животных под антропогенным воздействием. Для этого нужно вернуться к пониманию ценоморф как индикаторов типов круговорота веществ и потока энергии по А. Л. Бельгарду (1950). В такой трактовке мы наблюдаем разрушение системного ценотического единства комплекса под антропогенным воздействием, а функциональная группа предстает перед нами как ситуативное множество видов. Очевидно, такая трактовка является гипотетичной и требует своей дальнейшей проверки. Однако рассмотренный алгоритм сбора материалов и их статистической обработки дает практический инструмент для решения данной задачи.

Оценка свойств местообитаний является необходимым условием для прогноза воздействия пертурбаций на сообщества живых организмов и для идентификации свойств окружающей среды, которые важны для охраны разнообразия и поддержания функций экосистем (Brind'Amour et al., 2011). Различия композиции видов в сообществе и вариабельность реакции на условия окружающей среды являются ключевым препятствием для разработки модели местообитаний, которая могла бы быть применена к различным видам в различных экосистемах (Olden, Jackson, 2002). Функциональная классификация животных, в которой виды, характеризующиеся общностью экологических особенностей, объединяются вместе, представляет альтернативу индивидуальным моделям вид-окружающая среда и может обойти указанное препятствие (McGill et al., 2006; Brind'Amour et al., 2011). Группы видов, имеющие общие экологические свойства формируют операционные единицы, которые реагируют на факторы окружающей среды более предсказуемо, чем отдельные виды, значительно увеличивая предсказательные способности модели местообитаний в сравнении с моделями, созданными для высоких уровней таксономического разрешения, таких как вид (Austen et al., 1994). Объединение видов в соответствии с их экологическими особенностями является также способом идентификации функциональных групп видов для оценки ключевых функций экосистемы, что является важнейшим шагом для выяснения функционального разнообразия внутри и между экосистемами (Brind'Amour et al., 2011; Mouillot, 2006). Гипотеза фильтрации местообитаний предполагает, что виды, имеющие подобные экологические потребности, формируют функциональные группы, которые занимают подобные местообитания (Topp et al., 1990; Zobel, 1997). Объединение видов по таким признакам, как морфология или поведение, является одним из способов упростить изучение разнообразных в видовом отношении сообществ (Angermeier, Winston, 1998).

Целью работы является изучить пространственную организацию экоморфического разнообразия почвенной мезофауны модельного полигона в пределах урбанизированной территории в условиях интенсивной рекреационной нагрузки (Ботанический сад Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара, г. Днепропетровск).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены 1 июня 2012 г. в ботаническом саду ДНУ имени Олеся Гончара (ранее – территория парка им. Ю. Гагарина, г. Днепропетровск). Исследуемый полигон № 7 находится в тальвеге отрога балки Красноповстанческой

(48°25'58.68"С, 35°2'20.44"В). Естественный тальвег засыпан технической смесью строительного мусора.

Антропогенно-глубокопреобразованные почвы образуют группу собственно городских почв – урбаноземов, в которых горизонт «иг» – урбик имеет мощность >50 см. Поверхностные почвенные образования – это насыпные, смешанные, намывные образования, полностью созданные человеком (искусственно созданные почвоподобные образования) (Мирзак, 2001).

Почва на исследуемом участке – урботехнозем (дерновый урбопедозем на технической смеси строительного мусора, так как при создании почвенной конструкции был сформирован верхний слой из черноземовидной массы). А. Н. Кабарь (2003) почвы исследуемого участка относит к ряду техногенных почв, типу – техноземов, подтипу – техноземов черноземных, роду – гумуссированных, литографической серии – гетерогенных, виду – слабогумусных, среднемощных, разновидности – средне-суглинистых.

Описание свойств почв экспериментального участка приведено по работе А. Н. Кабаря (2003). Мощность всего профиля почвы составляет 20–40 см. Поверхностный слой ($U_{h\ 0\ 10-20\ \text{см}}$) имеет рыжевато-палевую окраску, комковато-глыбистую структуру, легкосуглинистый, суховатый. Ниже располагается убро-горизонт (U) мощностью от 10 до 40 см, палево-желтой окраски с развитой мозаичностью за счет окраски включений антропогенного характера (щебень, битый кирпич, куски породы). Почва бесструктурная, пылевато-глыбистая, сменяющаяся в нижней части сцементированным конгломератом. Весь слой пронизан выцветами карбонатов. Вскипание от 10 % HCl во всем профиле почвы, в направлении к породе усиливается. Данный почво-грунт слабогумуссирован (<0,3 % гумуса), содержание гумуса варьирует в профиле почвы от 2,85 % до 1,66 %. Реакция pH водной вытяжки грунта щелочная (pH = 8,5–8,84), содержание сухого остатка варьирует от 0,064 % до 0,191 %. В составе катионов водной вытяжки доминируют кальций и магний, в составе анионов – сульфаты и карбонаты. Засоление отсутствует. Сумма обменных оснований варьирует от 26,49 мг-экв./100 г почвы до 43,01 мг-экв./100 г почвы. Обменный кальций составляет 88,9–95,14 % от суммы обменных оснований, магний – 9,32–3,44 % от суммы, натрий – 1,77–1,42 %. Эти почвогрунты очень слабо обеспечены подвижными формами нитратов (0,5–0,4 мг/100 г почвы), фосфатами – низкообеспечены (9,7–10,1 мг/100 г почвы) и очень высоко – подвижным калием (35,4–31,3 мг/100 г почвы). Гранулометрический состав – легкий суглинок быстро сменяющийся средним суглинком (содержание физического песка – 62,15–76,07 %, физической глины – 23,91–37,82 %. Гигроскопичность почвы варьирует от 2,04 % до 2,25 %, максимальная гигроскопичность – от 4,69 % до 5,31 %, полевая влажность почвы – 5,04 %–9,26 %. Объемная масса этих почв свидетельствует об их значительной уплотненности (1,74–2,11 г/см³), как и плотность твердой фазы почвы (2,76–2,80 г/см³). Порозность варьирует за счет включений от 58,62 % до 32,70 % с увеличением глубины.

Микрорельеф – выровненная горизонтальная площадка. Полигон состоит из 15 трансект, направленных в перпендикулярном направлении от направления тальвега балки. Каждая трансекта составлена из 7 пробных точек. Расстояние между рядами в полигоне составляет 2 м.

Участок представляет собой искусственное газонное насаждение. В травостое обильный клевер ползучий (*Amoria repens* (L.) C. Presl), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), лютик ползучий (*Ranunculus repens* L.), подорожник средний (*Plantago media* L.). Растительность имеет луговой облик (43,24 % видов относятся к луговой экоморфе), присутствуют рудеранты и степанты (29,73 и 24,32 % соответственно). Фитоиндикационное оценивание позволяет трофотоп изучаемого полигона оценить как мезотрофный, так как 81,08 % видов растений относятся к мезотрофам. Гигротоп в целом имеет ксеромезофильный характер (64,86 %

видов – ксеромезофилы) с тенденцией к мезоксерофильным условиям (34,48 % – мезоксерофилы).

В каждой точке были сделаны почвенно-зоологические пробы для сбора почвенной мезофауны (результаты представлены как *L*-таблица), проведено измерение температуры, электропроводности и твердости почвы, мощности подстилки и высоты травостоя (*R*-таблица). Почвенно-зоологические пробы имели размер 25×25 см. Измерение твердости почв производилось в полевых условиях с помощью ручного пенетрометра 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, van 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. Мощность подстилки измерялась линейкой, высота травостоя – мерной рулеткой. Измерения электропроводности, температуры, высоты травостоя и мощности подстилки сделаны в трехкратной повторности в каждой пробной точке.

Характеристика экоморф растений приведена по А. Л. Бельгарду (1950) и В. В. Тарасову (2005), *Q*-таблица представлена экоморфами почвенных животных (Жуков, 2007, 2009).

Взаимоотношения между видовыми особенностями и свойствами окружающей среды обычно оцениваются непрямо с помощью двухшагового анализа. Во-первых, обилие видов связывается с условиями окружающей среды, а реакция видов на изменчивость свойств среды соотносится затем с биологическими или физиологическими особенностями видов (Brind'Amour et al., 2011; Santoul et al., 2005; Thuiller et al., 2001). Анализ RLQ позволяет соотнести экологические особенности видов с условиями окружающей среды (Doledec et al., 1996; 2000). Этот анализ исследует совместную структуру между трех таблиц данных: *R*-таблица (содержит переменные окружающей среды), *Q*-таблица (содержит видовые особенности) и *L*-таблица (обилие видов) (Doledec et al., 1996; Dray et al., 2002). *L*-таблица выполняет функцию связи между таблицами *R* и *Q* и измеряет интенсивность связи между ними. Перед собственно анализом, проводятся три отдельных анализа. Анализ соответствий применяется для *L*-таблицы, в результате чего получают оптимальную корреляционную структуру между сайтами и весами численности видов. Ординация таблиц *R* и *Q* выполняется с помощью анализа главных компонент. Таким образом, RLQ выполняет анализ коинерции кросс-матриц *R*, *Q* и *L*. Этот анализ максимизирует ковариацию между весами изучаемых сайтов с учетом свойств окружающей среды, выраженных таблицей *R*, и весами видов с учетом их экологических свойств, выраженных таблицей *Q* (Minden et al., 2012). В результате может быть получена лучшая совместная комбинация ординации сайтов по их характеристикам окружающей среды, ординации видов по их свойствам и одновременно ординация видов и сайтов (Thuiller et al., 2004). RLQ-анализ объединяет три отдельных ординационных решения с максимизацией ковариации между особенностями видов и свойствами окружающей среды посредством анализа коинерции (Bernhardt-Romermann et al., 2008). Далее, иерархический кластерный анализ весов видов по двум осям RLQ по методу Варда дает функциональные группы (Minden et al., 2012). Кластеры показы-

вают распределение видов в пространстве особенности видов – экологическое пространство (Minden et al., 2012).

Статистические процедуры RLQ- и OMI-анализов выполнены с помощью пакета ade4 для оболочки R (The R Foundation..., 2010). Значимость RLQ оценена с помощью процедуры randtest.rlq. Сущность и особенности OMI-анализа обсуждается в работе А. Е. Пахомова и соавт. (2013).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика таксономического и экологического разнообразия сообщества мезопедобионтов изучаемого полигона представлена в табл. 1.

Плотность почвенной мезофауны изученного полигона составляет 119,31 экз./м². Дождевые черви являются многочисленной и разнообразной группой сапрофагов в пределах полигона и представлены 4 видами. Доминантом является собственно-почвенный верхнеярусный *Aporrectodea c. trapezoides* (Duges, 1828). Его численность составляет 83,35 экз./м². Собственно-почвенные дождевые черви представлены также *A. r. rosea* (Savigny, 1826) и *Octolasion lacteum* (Oerley, 1885), а почвенно-подстилочные – *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843. Эпибионтные дождевые черви отсутствуют ввиду полного отсутствия подстилки. Значительное количество строительного мусора и как следствие – резкое увеличение твердости с глубиной – делают невозможным существование дождевых червей-норников в данном биотопе.

Гигроморфы дождевых червей представлены ультрагигрофилами, гигрофилами и мезофилами. Ценоморфический спектр также весьма широк – среди дождевых червей представлены пратанты, степанты палюданты и сильванты. Таким образом, с одной стороны, комплекс дождевых червей изучаемого полигона обилен и разнообразен как в таксономическом, так и экологическом аспектах. С другой стороны, мы наблюдаем супердоминирование одного вида – собственно-почвенного гигрофильно-лугового *Aporrectodea c. trapezoides* (Duges, 1828).

Помимо дождевых червей к трофической группе сапрофагов принадлежат малощетиноковые черви Enchytraeidae, численность которых очень незначительна (0,3 экз./м²), а также малочисленные эпигейные кивсяки *Megaphyllum rossicum* (Timotheew, 1897) (0,3 экз./м²).

Хищные губоногие многоножки представлены землянкой *Geophilus proximus* C.L.Koch 1847 (2,44 экз./м²), которые для своего перемещения используют систему почвенных нор и трещин. Хищники также представлены кантаридами *Cantharis rustica* Fallen 1807, личинками жуужелиц Carabidae и пауками.

Группа фитофагов разнообразна и представлена личинками подгрызающих совок, пластинчатоусых жуков, жуужелиц, жуков-усачей, жуков-долгоносиков и моллюсками.

Основу ценоморфической структуры мезофауны составляют пратанты (73,4 % по обилию), значительно меньше степантов (24,0 %) и палюдантов (2,0 %), редки встречи сильвантов (0,7 %) (рис. 1). Таким образом, ценоморфический облик животного населения изучаемого полигона можно охарактеризовать как луговой со степными элементами. Ценоморфическая структура животного населения почвы находится в соответствии с ценоморфической структурой растительного покрова.

Среди гигроморф преобладают гигрофилы (73,5 %), значительно меньше мезофилов (13,7 %) и ксерофилов (10,9 %). Гигроморфическая структура населения является мезогигрофильной, что находится в некотором противоречии с ксеромезофильным обликом растительности. Очевидно, что наибольший пик численности почвенной мезофауны наблюдается в ту фазу годового цикла, когда наблюдаются условия повышенной влажности. Таким образом, различия гигроморфической структуры животного населения и растительности можно объяснить контрастностью режима влажности данного урботехнозема.

Таблица 1

Видовой состав и обилие почвенной мезофауны участка № 7

Класс	Семейство	Вид	Цено-морфа	Гигро-морфа	Центрогро-морфа	Топо-морфа	Трофо-морфы	Плотность, экз./м ²
Tun Annelidae								
Oligochaeta	Enchytraeidae	Enchytraeidae sp. sp.	Pr	Hg	MsTr	End	SF	0,30
		Aporrectodea caliginosa trapezoides (Duges, 1828)	Pr	Hg	MsTr	End	SF	83,35
	Lumbricidae	A. rosea rosea (Savigny, 1826)	St	Ms	MgTr	End	SF	9,30
		Lumbricus rubellus Hoffmeister, 1843	Pal	UHg	MsTr	Ep	SF	2,13
		Octolasion lacteum (Oerley, 1885)	Sil	Ms	MsTr	End	SF	0,30
Tun Arthropoda								
Arachnida	Aranei	Aranea spp.	St	Ks	MsTr	Ep	ZF	0,15
Chilopoda	Geophilidae	Geophilus proximus C.L.Koch, 1847	St	Ms	MsTr	Anec	ZF	3,20
Diplopoda	Julidae	Megaphylum rossicum (Timotheew, 1897)	St	Ms	MsTr	Ep	SF	0,30
Insecta	Cantharididae	Cantharis (Cantharis) rustica Fallen 1807	St	Ks	OlTr	Ep	ZF	5,94
	Carabidae	Amara (Amara) aenea (De Geer 1774)	St	Ks	OlTr	Ep	FF	1,83
		Bembidion sp.	Pal	Hg	MsTr	Ep	ZF	0,15
		Carabidae (larv.)	St	Ks	OlTr	Ep	ZF	1,68
		Harpalus (Harpalus) affinis (Schrank 1781)	Pr	Hg	OlTr	Ep	FF	0,30
		Ophonus (Hesperophonus) azureus (Fabricius 1775)	St	Ks	MgTr	Ep	FF	0,91
		Playdierus (Playdierus) rufus (Duftschmid 1812)	Sil	Ms	MgTr	Ep	ZF	0,46
	Cerambycidae	Dorcadion fulvum fulvum (Scopoli, 1763)	St	Ks	MsTr	End	FF	1,83
	Curculionidae	Curculionidae sp. sp.	St	Ks	MsTr	End	FF	0,15
	Noctuidae	Lepidoptera spp. (larv.).	St	Ms	MsTr	End	FF	0,30
Scarabaeidae	Amphimallon solstitiale (Linnaeus 1758)	St	Ms	MsTr	End	FF	0,91	
	Melolontha melolontha (Linnaeus 1758)	St	Ms	MsTr	End	FF	0,61	
Tun Mollusca								
Gastropoda	Cochlicopidae	Cochlicopa lubrica (Mull.)	St	Ks	MgTr	Ep	FF	0,30

Примечания: St – степанты; Pt – пратанты; Pal – паллодранты; Sil – сильванты; Ks – кеорофилы; Ms – мезофиллы; Hg – гигрофилы; UHg – ультргигрофилы; MsTr – мезотрофоценоморфы; MgTr – мезотрофоценоморфы; UMgTr – ультрамегатрофоценоморфы. Топоморфы: End – эндогейные; Ep – эпигейные; Aneс – норники. Трофоморфы: SF – сапрофаги; FF – фитофаги; ZF – зоофаги.

В сообществе доминируют мезотрофоценоморфы (81,9 %), что повторяет трофоморфическую структуру растительности. В структуре топоморф очевидным является преобладание эндогейных форм (84,8 %). Существенно меньше эпигейных форм (12,4 %) и норников (2,8 %). В трофической структуре безусловными доминантами являются сапрофаги (83,6 %). Доля зоофагов составляет 10,1 %, а фитофагов – 6,2 %.

Эдафические характеристики могут рассматриваться как детерминанты экологического пространства сообщества мезопедобионтов (табл. 2).

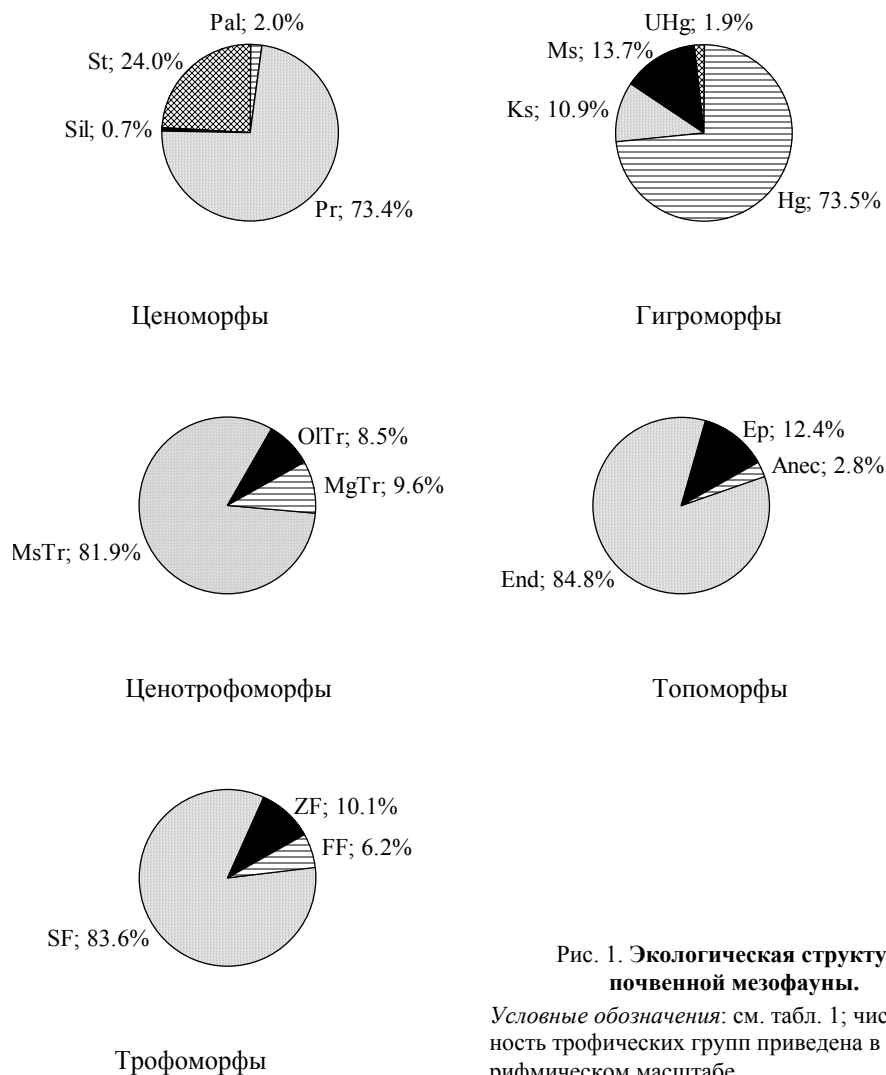


Рис. 1. Экологическая структура почвенной мезофауны.

Условные обозначения: см. табл. 1; численность трофических групп приведена в логарифмическом масштабе.

Для твердости почвы в изучаемом участке характерно резкое увеличение с ростом глубины. В верхнем почвенном слое твердость в среднем составляет 2,81 МПа, а в нижнем – 7,90 МПа. Таким образом, средние значения твердости почвы в пределах изучаемого полигона невелики и значительно превышают критические уровни для роста корневых систем растений (3–3,5 МПа) (Медведев, 2008) уже начиная с верхних почвенных слоев. Это позволяет предположить высокое структурирующее влияние пространственной вариабельности твердости почвы на организацию почвенного животного населения. Установлено, что коэффициент вариации твердости наибольший в почвенных слоях 15–20 и 20–25 см (51,89 и 51,49 % соответственно). В верх-

них почвенных слоях этот показатель меньше (39,69 и 41,21 % в слоях 0–5 и 5–10 см соответственно). Также при увеличении глубины коэффициент вариации твердости сильно уменьшается. Очевидно, зона повышенной вариабельности твердости почвы маркирует слой, где происходит сочетание грунтовой основы из строительного мусора высокой твердости и верхнего менее твердого слоя из гумусосодержащего суглинка.

Таблица 2

Детерминанты экологического пространства почвенной мезофауны

Параметры среды	Среднее	Доверительный интервал		CV, %	RLQ ось 1	RLQ ось 2
		– 95 %	+ 95 %			
Твердость почвы на глубине, МПа						
0–5 см	2,81	2,59	3,02	39,69	0,03	–0,80
5–10 см	3,00	2,77	3,24	41,21	0,05	–0,86
10–15 см	3,54	3,22	3,87	47,52	0,17	–0,92
15–20 см	4,24	3,82	4,67	51,89	0,35	–0,93
20–25 см	4,86	4,38	5,34	51,49	0,46	–0,90
25–30 см	5,52	5,02	6,03	47,56	0,54	–0,86
30–35 см	6,44	5,93	6,95	40,96	0,70	–0,77
35–40 см	7,19	6,72	7,66	33,69	0,86	–0,62
40–45 см	7,25	6,87	7,62	26,79	0,86	–0,48
45–50 см	7,90	7,53	8,28	24,63	0,88	–0,37
Физические свойства и высота травостоя						
Электропроводность, дСм/см	0,50	0,48	0,52	19,41	–0,53	0,03
Температура слоя почвы 5–7 см, °C, 01.06.2011	22,42	21,94	22,90	11,18	0,68	–0,22
– 30.08.2013	27,82	27,44	28,20	7,03	0,53	–0,21
Высота травостоя, см	12,01	10,99	13,03	44,19	–0,52	0,13

Электропроводность почвы в среднем составляет 0,50 дСм/см и характеризуется коэффициентом вариации 19,41 %. Основным модулятором электропроводности почвы в пределах данного полигона можно признать влажность почвы. При измерении температуры мы в большей степени преследовали цель изучить пространственный аспект этого важного экологического показателя. Температура почвенного слоя 5–7 см в период проведения исследования составляла 22,42°C при коэффициенте вариации 7,03 %. Коэффициент корреляции между температурой почвы 1 июня 2011 года и 30 августа 2013 года составил 0,59 ($p = 0,00$), что свидетельствует о наличии устойчивых паттернов изменчивости температуры. Этот тезис подтверждается результатами вычисления теста Мантеля для матриц различий между точками отбора проб по температуре. Тест Мантеля указывает на тесную достоверную корреляцию матриц расстояния – $r = 0,24$, $p = 0,00$. Частный тест Мантеля с матрицей географических расстояний как контролирующей переменной равен $r = 0,11$, $p = 0,01$. Это свидетельствует о наличии пространственной компоненты изменчивости температуры во времени, т.к. экстракция компоненты расстояния между точками несколько снижает силу связи во времени между точками. Таким образом, пространственная картина изменчивости температуры почвы в пределах участка не является неповторимой картиной, которая может быть иной в другой момент времени.

Растительной подстилки в пределах участка практически нет. Коэффициент вариации для высоты травостоя составляет 44,19 % при среднем уровне этого показателя 12,01 см.

Совместное измерение эдафических характеристик и особенностей структуры животного населения позволили оценить свойства экологической ниши почвенной мезофауны (табл. 3).

Таблица 3

Анализ маргинальности видов сообщества мезофауны

Виды	Сокращение	Инерция	ОМІ	Tol	Rtol	omi	tol	rtol	p-уровень
<i>A. r. rosea</i>	A_rosea	10,62	4,23	0,91	5,48	39,90	8,60	51,60	0,01
<i>Amara aenea</i>	A_aenea	8,59	2,11	1,21	5,27	24,60	14,10	61,30	0,05
<i>A. solstitialis</i>	A_solstitialis	15,92	1,17	4,92	9,84	7,30	30,90	61,80	0,00
<i>A. c. trapezoides</i>	A_caliginosa	21,99	6,22	8,88	6,89	28,30	40,40	31,30	0,00
<i>C. rustica</i>	C_rustica	8,11	1,19	1,23	5,70	14,60	15,20	70,20	0,05
Carabidae	Carabidae	19,93	1,91	4,20	13,82	9,60	21,10	69,30	0,15
<i>C. lubrica</i>	C_lubrica	8,28	2,55	1,46	4,27	30,80	17,60	51,60	0,40
Curculionidae	Curculionidae	20,17	1,73	4,27	14,17	8,60	21,20	70,20	0,18
<i>D. fulvum</i>	D_fulvum	19,69	3,77	8,85	7,07	19,10	44,90	35,90	0,13
Enchytraeidae	Enchytraeidae	8,21	3,01	0,45	4,75	36,70	5,50	57,90	0,15
<i>G. proximus</i>	G_proximus	12,13	2,39	3,81	5,93	19,70	31,40	48,90	0,03
<i>Harpalus affinis</i>	H_affinis	11,40	5,09	3,65	2,67	44,60	32,00	23,40	0,10
Lepidoptera	Lepidoptera	18,41	1,26	0,95	16,20	6,80	5,20	88,00	0,45
<i>L. rubellus</i>	L_rubellus	23,51	6,22	5,99	11,30	26,40	25,50	48,10	0,00
<i>M. melolontha</i>	M_melolontha	11,60	1,04	3,70	6,86	9,00	31,90	59,20	0,05
<i>Ophonus azureus</i>	O_azureus	13,20	6,04	0,43	6,73	45,80	3,20	51,00	0,03
ОМІ		—	3,12	—	—	—	—	—	0,00

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. В результате проведенного анализа установлено, что общая инерция составляет 1,88. Первая ось, полученная в результате ОМІ-анализа, описывает 77,33 %, а вторая – 11,13 % инерции. Таким образом, первые две оси описывают 88,47 % 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 = 3,12) уровень значимости составляет $p = 0,001$, что свидетельствует о важной роли выбранных переменных среды для структурирования сообщества почвенной мезофауны.

Маргинальность, которая статистически достоверно отличается от случайной альтернативы, характерна для 9 видов из 16, для которых проведен ОМІ-анализ (табл. 3). Таким образом, для большинства видов изучаемого полигона типичные эдафические

условия не совпадают с центроидом их экологической ниши. Маргинальность ниши указывает на степень отличия оптимальных условий для обитания вида от типичных условий в пределах данного местообитания. Тolerантность ниши – величина, обратная специализации: чем больше толерантность, тем меньше специализация. Остаточная толерантность указывает на роль случайных, нейтральных факторов и ошибки измерения. Такие виды, как *O. azureus*, *A. r. rosea*, *Enchytraeidae sp. sp.* характеризуются высокой маргинальностью и специализацией (низкой толерантностью). Таким образом, изучаемое местообитание для данных видов является весьма экстремальным, в пределах которого они занимают очень ограниченное число микростаций. Толерантными к условиям данного местообитания являются такие виды, как *D. fulvum*, *A. trapezoides*, *H. affinis* и *M. melolontha*. Остаточная толерантность достаточно велика для всех видов, что позволяет предполагать значительную роль в структурировании сообщества почвенной мезофауны факторов нейтральной природы.

Конфигурация экологических ниш представлена на рисунке 2.

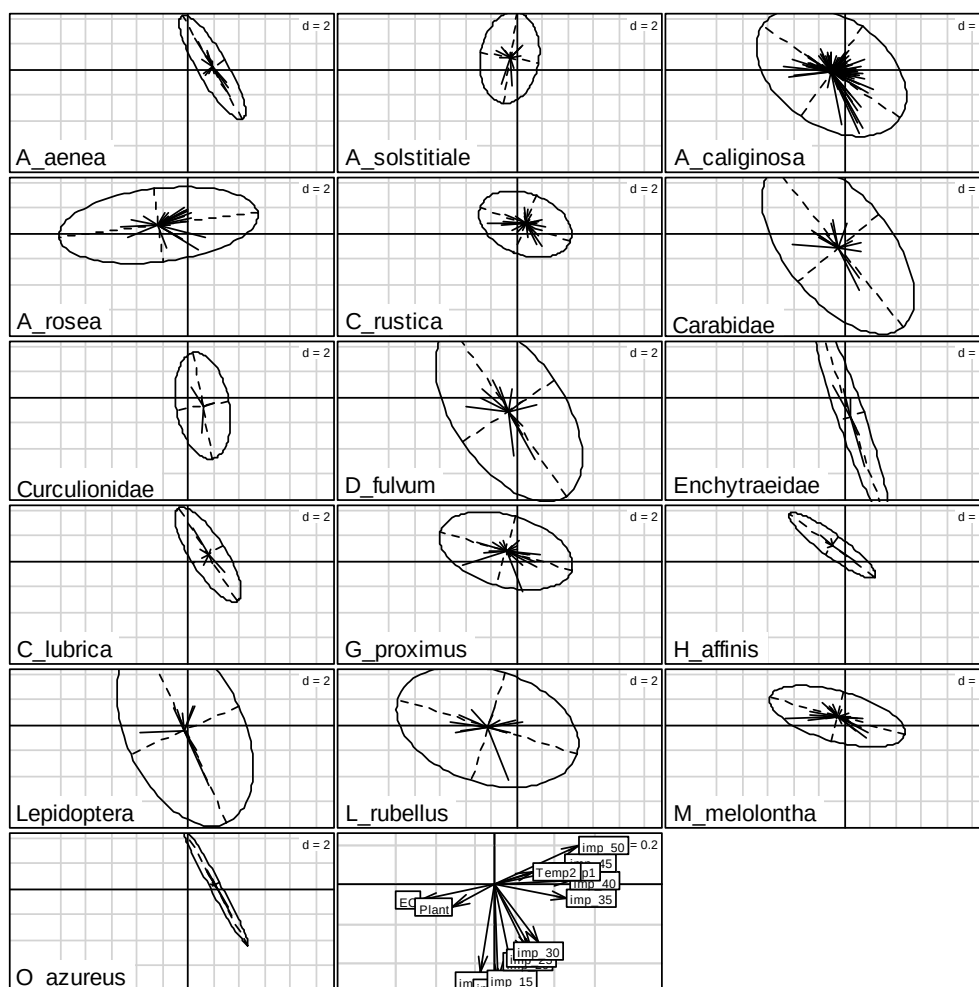


Рис. 2. Экологические ниши видов почвенной мезофауны

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. 3.

Анализ данных, приведенных на рисунке 2 свидетельствует о том, что ключевым аспектом структурирования экологической ниши почвенных животных является противоположная динамика твердости почвы в слоях 35–40, ..., 45–50 см и температуры почвы с одной стороны и электропроводностью почвы и высотой травостоя – с другой (ось 1). Также важную роль играет твердость почвы на глубинах 0–5, ..., 30–35 см (ось 2). Очевидно, ось 1 четко маркирует глубину проникновения корневых систем растений, которая ограничена повышенной твердостью почвы из-за залегания строительного мусора. Этот аспект почвы как среды обитания, оказывается, имеет важное значение для структурирования экологической ниши мезопедобионтов. Не исключено, что варьирование свойств почвы, которое описывается осью 2, может быть связано с активностью почвенных животных, т.е. в результате их педотурбационной деятельности твердость почвы может снижаться.

Результаты анализа RLQ представлены в таблице 2 и на рисунке 3. Установлено, что 93,11 % общей вариации (общей инерции) описывают первые две оси RLQ (79,85 и 13,66 % соответственно). Процедура *gandtest* подтвердила значимость результатов RLQ-анализа на *p*-уровне 0,001.

Оси RLQ являются интегральными оценками взаимосвязи между факторами окружающей среды (в нашем случае – эдафические характеристики, мощность подстилки и высота травостоя), структурой сообщества и его экоморфической организацией. В одном метрическом пространстве мы имеем возможность отобразить структуру сообщества (расположение видов мезопедобионтов), точки отбора проб (пространственная компонента с учетом того, что координаты точек отбора фиксировались), веса факторов среды и веса экоморфических характеристик почвенных животных (рис. 3).

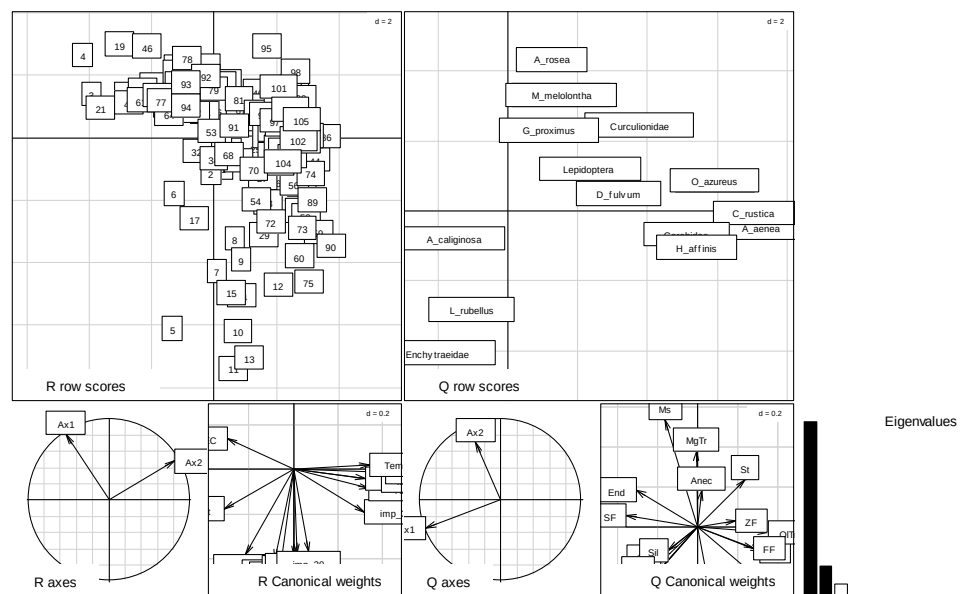


Рис. 3. Результаты анализа RLQ

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.

Ось 1, выделенная в результате RLQ-анализа, характеризует увеличение роли твердости почвы с глубиной (табл. 1). Достоверные коэффициенты корреляции RLQ-оси 1 со значениями твердости почвы наблюдаются, начиная с глубины 20–25 см. Наибольшее структурирующее значение имеет твердость на глубине 35–40, 40–45 и 45–50 см. Эта ось негативно коррелирует с высотой травостоя и электропроводностью, а позитивно – с температурой верхнего почвенного слоя. Интерпретация этой оси достаточно очевидна. Повышенная твердость технозема приводит к уменьшению высоты растительности и как следствие – увеличению температуры почвы.

Ось 2 характеризуется достоверной негативной корреляцией с твердостью во всех почвенных слоях, но в наибольшей степени коррелирует с твердостью почвы в почвенных слоях 15–20 – 30–35 см. Эта ось не имеет достоверной корреляции с электропроводностью почвы, но достоверно коррелирует с температурой почвы и высотой травостоя. Как высказывалось ранее, такая вариабельность эдафических характеристик может быть результатом, а не причиной, деятельности почвенных животных.

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, С и D (рис. 4).

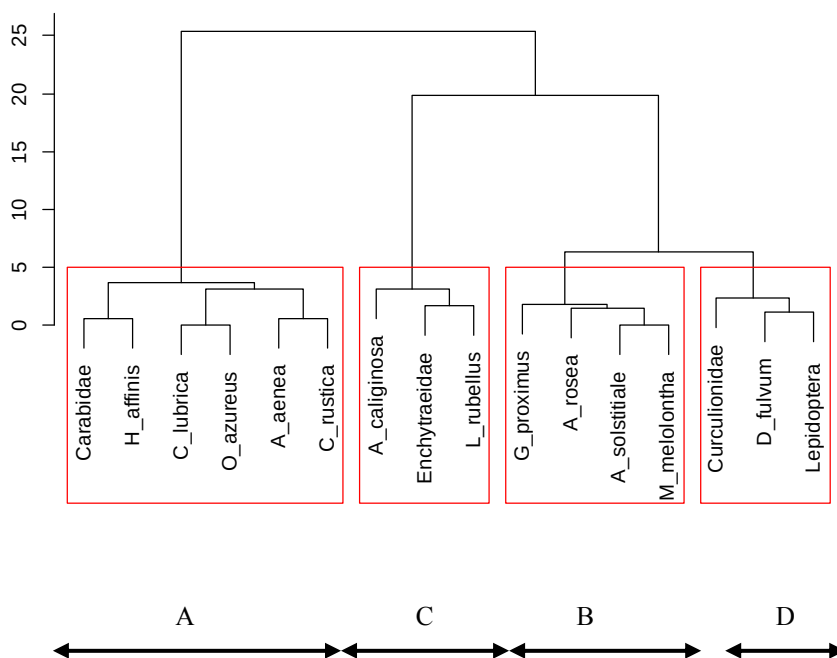


Рис. 4. Кластерный анализ структуры животного населения мезопедобионтов

Расположение этих функциональных групп в пространстве RLQ осей представлено на рис. 5.

Функциональная группа А включает ксерофильных эпигейных фитофагов и зоофагов. Очевидно, что высокая твердость почвы на относительно больших глубинах не сказывается на животных, обитающих на поверхности почвы. Низкая высота травостоя и повышенная температура почвы приводит к конкурентному преимуществу ксерофильных форм.

Функциональная группа В включает мезофильных эндогеяных и норных форм. Животные, которые относятся к указанным экологическим группам, способны осуществлять активную педотурбационную деятельность, с которой, вероятно, связана RLQ-ось 2. Именно с высокими значениями этой оси связана группа В.

Характерной особенностью функциональной группы D является в целом степной облик её представителей. Она занимает промежуточное положение между группами А и В. Таким образом, участки с повышенной твердостью почвы из-за близкого к поверхности почвы залегания строительного мусора благоприятны в большей степени для степных почвенных животных. Большая мощность гумусированного суглинка создает более благоприятные водно-физические свойства технозема, в которых в большей степени развиваются нестепные ценоморфы (пратанты, палюданты и сильванты). В пространстве RLQ-осей нестепные ценоморфы расположены весьма компактно и объединяют виды, входящие в функциональную группу С. Наряду с высоким разнообразием ценоморфической структуры, эта функциональная группа отличается своей гигрофильностью и мезотрофоценоморфичностью.

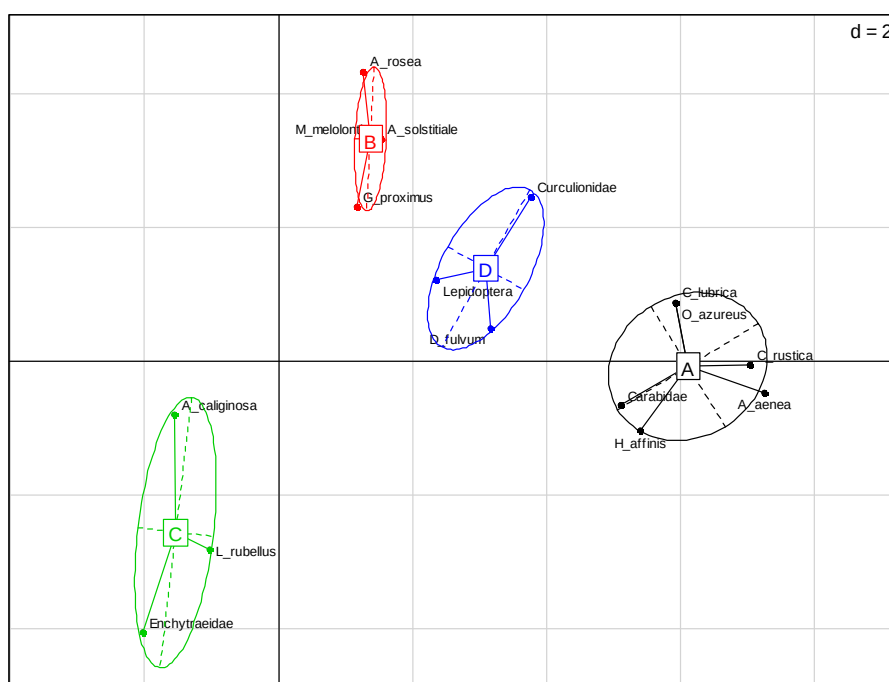


Рис. 5. Расположение функциональных групп в пространстве RLQ-осей

Таким образом, экологическая специализация мезопедобионтов, которая установлена в масштабе межбиогеоценоотического разнообразия и экологических градиентов, преломляется в контексте конкретных условий и принимает форму функциональных группировок. Экоморфический анализ позволяет установить природу этих локальных образований и провести интерпретацию с точки зрения условий конкретного биотопа.

Важным инструментом описания экологической структуры животного населения является её отображение в географическом пространстве. Пространственная изменчивость RLQ-осей представлена на рис. 6.

Анализ пространственной изменчивости значений RLQ-оси 1 позволяет выявить достоверный пространственный тренд. Линейная регрессионная модель, в которой в качестве предикторов используются географические координаты, позволяет описать 63,92 % изменчивости RLQ-оси 1, при этом достоверным предиктором являются x и y -координаты. На рисунке правая часть полигона находится ближе к цен-

тральной части тальвега, а левая – к склону. Вероятно, при закладке технозема, отсыпка строительного мусора производилась в большей степени к центру тальвега, после чего производилось планирование поверхности, вследствие чего сформировалась куполообразная структура. Суглинок, нанесенный сверху, выровнял поверхность полностью горизонтально, вследствие чего мощность гумусированного суглинка вблизи к центру тальвега меньше, а ближе к склонам – выше. Такая конфигурация технозема приводит к наблюдаемому тренду эдафических условий и структуры почвенного животного населения.

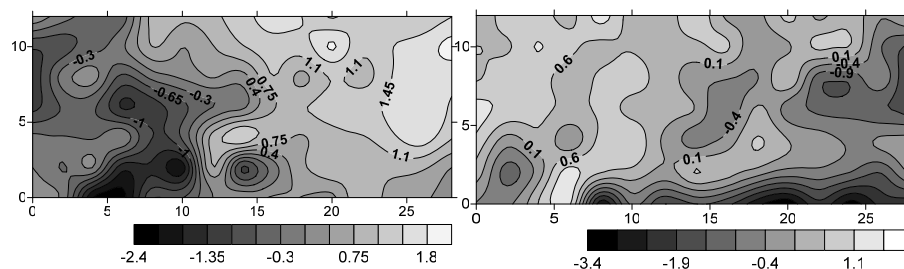


Рис. 6. Пространственная изменчивость RLQ-осей

Общий пространственный тренд имеет меньшее значение для этой оси (линейная регрессионная модель с координатами в качестве предикторов описывает 47,86 % дисперсии). Детали пространственного размещения значений RLQ-оси 2 несколько отличаются от оси 1, однако в эти оси достоверно между собой коррелированы ($r = -0,36$, $p = 0,00$). RLQ-ось 2 показывает, что твердость почвы, которая обусловлена биотическими причинами, ниже вблизи склонов балки, а выше – ближе к центру тальвега.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Искусственно созданные почвоподобные конструкции – техноземы – характеризуются высокой вариабельностью свойств (Шемавнев, 2005; Задорожная, 2012; Жуков, 2013; Демидов, 2013). Исследование физических свойств технозема, созданного в тальвеге балки в пределах Ботанического сада ДНУ также показало его высокую неоднородность. Для характеристики пространственной неоднородности почвы нами выбраны показатели, которые удовлетворяют двум требованиям. Прежде всего, это экологическая релевантность, т.е. это показатели, которые способны информативно отобразить особенности почвы как среды обитания растений и почвенных животных. Традиция почвоведения такова, что практически все физические характеристики почвы описывают экологическую обстановку в почве (Карпачевский, 2010). Поэтому важен ещё один критерий – для описания пространственной изменчивости экологических свойств показатель должен быть относительно легко измерим, т.е. за короткий промежуток времени можно получить значительный объем данных. Как показано в нашей работе, такие показатели, как твердость, электропроводность и температура почвы с помощью современных инструментов могут быть достаточно быстро измерены в большом количестве, а оценки неоднородности почвы четко коррелируют со свойствами животного населения почвы. Такой подход показал свою эффективность при изучении почвенной мезофауны лесного биогеоценоза (Кунах, 2011), лесного урбанозема (Кунах, 2013; Пахомов, 2013), пространственного размещения пороев слепышей (Жуков, 2013), роли педотурбационной активности слепышей в структурировании пространственной организации сообщества герпетобионтных пауков (Жуков, 2011).

Процедура RLQ-анализа позволяет оценить взаимосвязь трех важнейших характеристик почвенной экосистемы: эдафических факторов, видового разнообразия и его экоморфической структуры (Кунах, 2013). Экоморфы отражают особенности адаптации животных к различным аспектам биогеоценозического окружения (Жуков, 2009). В реа-

лиях конкретного сообщества наблюдается сопряженная изменчивость экоморф, что открывает возможность дать объемную характеристику его экоморфической организации.

Анализ маргинальности видов показал, что визуально однородный и относительно малый по размерам участок представляет собой неоднородную среду обитания для почвенных животных. Установлено, что конструктивные особенности технозема, которые проявляют себя через вариабельность твердости в горизонтальном и вертикальном направлении, приводят к значительной дифференциации животного населения почвы данного участка. Вариабельность твердости воздействует также на водный режим почвы, который оказывает влияние на растительный покров участка, что количественно отражается в показателях электропроводности и температуры почвы, а также высоты травостоя.

Констатация пространственной неоднородности животного населения и детерминированности свойств экологической ниши эдафическими факторами является важным результатом, однако для понимания природы неоднородности нами проведен пространственный вариант экоморфического анализа с применением RLQ-анализа. В пределах относительно однородного участка нами установлена четкая дифференциация животного населения на функциональные группировки. Реальность их существования подтверждается не только статистически, но, что особенно важно, содержательной интерпретацией взаимосвязи экоморфических маркеров группировок и индикаторов экологических свойств почвы как среды обитания. Варьирование свойств среды в пределах микросайтов приводит к перестройке экологической структуры животного населения почвы. Гетерогенность почвенного тела и мозаичность растительного покрова формируют паттерны пространственной организации животного населения почвы, которые индуцируют ценотическую неоднородность мезопедобионтов, которая проявляется также на уровне гигроморф, топоморф, трофоценоморф и трофоморф.

Животное население почв является надежным индикатором направленности биогеоценотических процессов (Гиляров, 1965). Нами установлено, что это положение справедливо и для искусственных почвоподобных конструкций – техноземов. Недостатки конструкции данного технозема четко диагностируются по особенностям пространственной организации сообщества мезопедобионтов. В участках с крайне высокой твердостью почвы из-за близкого залегания к поверхности строительного мусора преимущество получают представители степного ценоморфического комплекса. Важно отметить, что степная группировка в пределах данного полигона имеет эфемерный характер, так как она представлена пионерными компонентами, не характерными для развитых сообществ степи. Для устойчивых и полночленных степных сообществ характерны эндогейные топоморфы и мезо- и мегатрофные трофоценоморфы (Жуков, 2009). В условиях экспериментального полигона мы наблюдаем степантов, которые относятся к минорным для степных ценозов эпигеев и олиготрофов. Поэтому данную группировку степантов мы рассматриваем как техногенный дериват степного биогеоценотического комплекса.

В участках с меньшей твердостью почвы комплекс мезопедобионтов представлен луговыми компонентами, которые более естественны для тальвегов балок. Этот результат свидетельствует о том, что правильная конструкция техноземов позволяет создать условия для устойчивого функционирования почвенной биоты, способной осуществлять активный почвообразовательный процесс в экологическом соответствии с местоположением искусственно созданных почвоподобных тел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

Акимов М. П. Биоморфический метод изучения биоценозов / М. П. Акимов // Бюллетень московского о-ва исп. природы. – Т. LIX (3). – 1954. – С. 27-36.

Akimov, M. P., 1954, "Biomorphic method of studying of biocenoses", Bulletin of Moscow Society of Naturalists, LIX (3), pp. 27-36.

Акимов М. П. Биоценотическая рабочая схема жизненных форм – биоморф / М. П. Акимов // Науч. зап. Днепропетр. госун-та. – Д., 1948. – С. 61-64.

Akimov, M. P., 1948, "The biogeocoenotic operation scheme of the living form – biomor-

phes", *Scientific bulletin of the Dnepropetrovsk state university*, pp. 61–64.

Акимов М. П. Сравнительный биоцено- тический анализ животного населения поро- жистой части Днепра и Днепроовского водохранилища в первые годы его существо- вания / М. П. Акимов, А. И. Берестов // Сборник работ биолог. ф-та. – 1948. – Т. XXXII. – С. 161–176.

Akimov, M. P., Berstov, A. I., 1948, "The comparative biogeocoenotic analysis of the animals community of the rapids part of the Dniper and Dniper storage pond in the first yeas of its being", Scientific collection of the articles of the biological faculty of DSU, XXXII, pp. 161–176.

Алеев Ю. Г. Экоморфология / Ю. Г. Але- ев // К. : Наук. думка, 1986. – С. 424.

Aleev Yu. G., 1986, "Ecomorphology", Kiev, Naukova dumka, 424 p.

Апостолов Л. Г. Вредная энтомофауна лесных биогеоценозов юго-востока Украи- ны / Л. Г. Апостолов // Автореф. дис. на соиск. уч. ст. докт. биол. наук. – Х., 1970. – 45 с.

Apostolov L. G., 1970, "The harmful entomo- fauna of the forest biogeocoenosis of the south west of the Ukraine", Kharkov, 45 p.

Арнольди К. В. О биоценозе как одном из основных понятий экологии, его структу- ре и объеме / К. В. Арнольди, Л. В. Арноль- ди // Зоологический журнал. – 1963. – Т. 42, Вып. 2. – С. 161–183.

Arnoldi K. V., Arnoldi L. V., 1963, "About biocoenosis as the one from the main concept of the ecology, their structure and volume", Zoological journal, 42, no. 2, pp. 161–183.

Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К. : Изд-во КГУ, 1950. – 263 с.

Belgard A. L., 1950, "The forest vegetation of the south west of the Ukraine", Kiev, Kiev university press, 263 p.

Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесная промышлен- ность, 1971. – 336 С.

Belgard A. L., 1971, "The steppe forest sci- ence", Moscow, Forest industry press, 263 p.

Гиляров М. С. Зоологический метод ди- агностики почв / М. С. Гиляров. – М. : Наук- а, 1965. – 276 с.

Gilarov M. S., 1965, "The zoological method of the soil diagnostic", Moscow, Nauka, 276 p.

Демидов А. А. Пространственная агро- экология и рекультивация земель / Деми- дов А. А., Кобец А. С., Грицан Ю. И., Жу- ков А. В. – Д. : Изд-во «Свидлер А. Л.», 2013. – 560 с.

Demidov A. A., Kobets A. S., Gritzan Yu., I., Zhukov A. V., 2013, "Spatial agroecology and soil recultivation", Dnipropetrovsk, Svidler A. L., 560 p.

Жуков А. В. Пространственная изменчи- вость твердости педоземов / А. В. Жуков, Г. А. Задорожная // Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького – 2013. – № 1(7). – С. 34–49.

Zhukov A. V., Zadorozhnaya G. A., 2013, "The spatial variability of the pedozem soil penetration resistance", Biological Bulletin of Bogdan Chmelniitskiy Melitopol State Pedagogi- cal University, no. 1(7), pp. 34–49.

Жуков О. В. Екоморфичний аналіз консор- цій ґрунтових тварин / О. В. Жуков. – Д. : Вид-во «Свідлер А. Л.», 2009. – 239 с.

Zhukov A. V., 2009, "Ecomorphic analysis of the soil animal consortia", Dnipropetrovsk, Svidler A. L., 239 p.

Жуков О. В. Екоморфи Бельгард–Акімова та екологічні матриці / О. В. Жуков // Еколо- гія та ноосферологія. – 2010. – Т. 21, № 3–4. – С. 109–111.

Zhukov A. V., 2010, "Belgard-Akimov eco- morphes and ecological matrixes", Ecology and Noospherology, 21, no. 3–4, pp. 109–111.

Жуков А. В. Педотурбационная активностъ слепышей (*Spalax microphthalmus*) как фактор пространственной организации пауков (Ага- пей) / А. В. Жуков, О. Н. Кунах, Е. В. Прокопе- нко, Т. М. Коновалова // Вісник Дніпро- петровського державного аграрного універ- ситету. – 2011. – № 2. – С. 28–35.

Zhukov A. V., Kunah O. N., Prokopenko E. V., Konovalova T. M., 2011, "The pedoturbation activity of the Spalax microphthalmus as factor of the spatial organization of the spider (Aranei) community", Visnik of the Dnipropetrovsk state agrarian university, no. 2, pp. 28–35.

Жуков О. В. Біологічне різноманіття Укра- їни. Дніпропетровська область. Дошлові черв'яки (Lumbricidae): моногр. / О. В. Жу- ков, О. Є. Пахомов, О. М. Кунах. – Д. : Вид- во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2007. – 371 с.

Zhukov A. V., Pahomov A. Y., Kunah O. N., 2007, "Biological diversity of the Ukraine. Dni- propetrovsky region. Eathworms (Lumbrici- dae)", Dnipropetrovsk, DNU press, 371 p.

Жуков А. В. Пространственное размещение пороев слепышей (*Spalax microphthalmus*) и твёрдость почвы / А. В. Жуков, О. Н. Кунах, Т. М. Коновалова // Поволжский экологиче- ский журнал. – 2013. – № 1. – С. 3–15.

Zhukov A. V., Kunah O. N., Konovalova T. M., 2013, "The spatial Spalax microphthalmus mounds distribution and soil penetration resis- tance", Povolzhsky ecological journal, no. 1, pp. 3–15.

Задорожная Г. А. Пространственная организация дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах / Г. А. Задорожная, О. Н. Кунах, А. В. Жуков // Проблемы экологии та охорони природи техногенного регіону. – 2012. – № 1 (12). – С. 226-237.

Zadorozhnaya G. A., Kunah O. N., Zhukov A. V., 2012, "The spatial organization of the sod lithogenic soils on the red brown clay", The problems of the ecology and nature protection of the technogenic region, no. 1(12), pp. 226-237.

Кабарь А. Н. Биолого-экологические свойства почвенного покрова ботанического сада Днепропетровского национального университета (становление, развитие, рациональное использование) / А. Н. Кабарь : Дис. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. – Д., 2003. – 203 с.

Kabar A. N., 2003, "Biological and ecological properties of the botanical garden of the Dnipropetrovsk national university soil cover (origin, development, rational usage)", Dnipropetrovsk, 203 p.

Карпачевский Л. О. Экологические почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М. : Геос, 2005. – 336 с.

Karpachevsky L. O., 2005, "Ecological soil science", Moscow, Geos, 336 p.

Кашкаров Д. Н. Основы экологии животных / Д. Н. Кашкаров. – Л. : Учпедгиз., 1945. – 383 с.

Kashkarov D. N., 1945, "The principles of the animal ecology", Leningrad, Uchpedgis, 338 p.

Кашкаров Д. Н. Основы экологии животных / Д. Н. Кашкаров. – М. Л.: Медгиз., 1938. – 602 с.

Kashkarov D. N., 1938, "The principles of the animal ecology", Moscow, Leningrad, Medgis, 602 p.

Кашкаров Д. Н. Среда и общество (основы синэкологии) / Д. Н. Кашкаров. – М. : Медгиз., 1933. – 244 с.

Kashkarov D. N., 1933, "Environment and community (the principles of the synecology)", Moscow, Medgis, 244 p.

Кирпотин С. Н. Жизненные формы организмов как паттерны организации и пространственные экологические факторы / С. Н. Кирпотин // Журн. общ. биологии. – 2005. – Т. 66., № 3. – С. 239-250.

Kirpotin S. N., 2005, "Life forms of the organisms as patterns of the organization and spatial ecological factors", Journal of General Biology, 66, no. 3, pp. 239-250.

Криволицкий Д. А. Жизненные формы и биологическое разнообразие животных / Д. А. Криволицкий // Бюл. Московского о-ва

испытателей природы. Отд. Биол. – 1999. – Т. 104. Вып. 5. – С. 61-67.

Krivolutzky D. A., 1999, "Life forms and biological diversity of the animals", Bulletin of Moscow Society of Naturalists, 104, no. 5, pp. 61-67.

Кунах О. Н. Экологический аспект твердости почвы в пристенной дубраве / О. Н. Кунах, А. А. Балдин // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2011. – Вип. 19, т. 1. – С. 65-74.

Kunah O. N., Baldin A. A., 2011, "Ecological aspect of the soil penetration resistance in the pristen oak forest", Vistnik of the Dnipropetrovsk university, no. 19, vol. 1, pp. 65-74.

Кунах О. Н. Пространственное варьирование экоморфической структуры почвенной мезофауны урбазема / О. Н. Кунах, А. В. Жуков, Ю. А. Балюк // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2013. – Том 26 (65), № 3. – С. 107-126.

Kunah O. N., Zhukov A. V., Baluk Yu. A., 2013, "Spatial variation of the ecomorphic structure of the urbazem soil mesofauna", Scientific notes of Taurida National V. I. Vernadsky University, Series "Biology and Chemistry", vol. 26 (65), no. 3, pp. 107-126.

Мірзак О. В. Досвід дослідження ґрунтів великих промислових центрів степової зони України (на прикладі м. Дніпропетровська) / О. В. Мірзак // Ґрунтознавство. – 2001. – Т. 1, № 1-2, – С. 87-92.

Mirzak O. V., 2001, "Experience of the investigation of the great industrial centers of the steppe zone of the Ukraine (city Dnipropetrovsk as example)", Gruntosnavstvo, 1, no. 1-2, pp. 87-92.

Пахомов А. Е. Пространственная организация экологической ниши почвенной мезофауны урбозема / А. Е. Пахомов, О. Н. Кунах, А. В. Жуков, Ю. А. Балюк // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2013. 21(1) – С. 51-57.

Pahomov A. Ye., Kunah O. N., Zhukov A. V., Baluk Yu. A., 2013, "Spatial organization of the ecological niche of the urbozem soil mesofauna", Visnik of the Dnipropetrovsk university, ser. Biology and Ecology, 21 (1), pp. 51-57.

Павлинов И. Я. Замечания о биоморфике (экоморфологической систематике) / И. Я. Павлинов // Журнал общей биологии. – 2010. – Т. 71, № 2. – С. 187-192.

Pavlinov I. Y., 2010, "Comments on biomorphics (ecomorphological systematics)", Journal of General Biology, 71, no. 2, pp. 187-192.

Покаржевский А. Д. Пространственная экология почвенных животных / А. Д. Покаржевский, К. Б. Гонгальский, А. С. Зайцев,

Ф. А. Савин. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 174 с.

Pokarzhevsky A. D., Gongalsky K. B., Zaytsev A. S., Savin F. A., 2007, "Spatial ecology of the soil animals", Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 174 p.

Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біологоекологічна характеристика видів / В. В. Тарасов. – Д. : Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с.

Tarasov V. V., 2005, "Flora of the Dni-propetrovsk and Zaporozhie regions. Biological and ecological species characteristic", Dni-propetrovsk, DNU university press, 276 p.

Чернов Ю. И. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы / Ю. И. Чернов // Успехи соврем. биологии. – 1991. – Т. 111. Вып. 4. – С. 499–507.

Chernov Yu. I., 1991, "Biological diversity: concept and problems", Advances in Modern Biology, 111, no. 4, pp. 499–507.

Шемавнев В. И. Устойчивое развитие сложных экотехносистем / В. И. Шемавнев, Н. А. Гордиенко, В. И. Дырда, В. А. Забалуев – Москва-Днепропетровск, 2005. – 355 с.

Shemavnev V. I., Gordienko N. A., Dirda V. I., Zabaluev V. A., 2005, "Stable development of the complex ecotechnosystems", Moscow, Dne-propetrovsk, 355 p.

Angermeier P. L., Winston M. R., 1998, "Local vs regional influences on local diversity in stream fish community of Virginia", *Ecology*, 79, pp. 911–927.

Austen D. J., Bayley P. B., Menzel B. W., 1994, "Importance of the guild concept to fisheries research and management", *Fisheries*, 19, pp. 12–20.

Bernhardt-Romermann M., C. Romermann, R. Nuske, A. Parth, S. Klotz, W. Schmidt, J. Stadler, 2008, "On the identification of the most suitable traits for plant functional trait analyses", *Oikos*, 117, pp. 1533–1541.

Brind'Amour A., D. Boisclair, S. Dray and P. Legendre, 2011, "Relationships between species feeding traits and environmental conditions in fish communities: A three-matrix approach", *Ecological Applications*, 21 (2), pp. 363–377.

Doledec S., D. Chessel, C.J.F. Ter Braak, S. Champely, 1996, "Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method", *Environ. Ecol. Stat.*, 3, pp. 143–166.

Doledec S., D. Chessel, C. Gimaret-Carpentier, 2000, "Niche separation in com-

munity analysis: a new method", *Ecology*, 81, pp. 2914–2927.

Dray S., N. Pettorelli, D. Chessel, 2002, "Matching data sets from two different spatial samples", *J. Veg. Sci.*, 13, pp. 867–874.

Friederichs K., 1930, "Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie, insbesondere der Entomologie", Berlin: Parey, Bd. 1., 417 S.; Bd. 2, 463 S.

Gams H., 1918, "Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Berggiffsklarung und Methodik der Biocoenologie", *Vierteljahrsschr. Naturf. Ges.*, Zurich, № 63, S. 293–493.

McGill B.J., B.J. Enquist, E. Weiher, M. Westoby, 2006, "Rebuilding community ecology from functional traits", *Trends Ecol. Evol.*, 21, pp. 178–185.

Minden V., S. Andratschke, J. Spalke, H. Timmermann, M. Kleyer, 2012, "Plant-trait environment relationships in salt marshes: deviations from predictions by ecological concepts", *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14, pp. 183–192.

Mouillot D., S. Spatharis, S. Reizopoulou, T. Laugier, L. Sabetta, A. Basset, T. Do Chi, 2006, "Alternatives to taxonomic-based approaches to assess changes in transitional water communities", *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16, pp. 469–482.

Olden J. D., D. A. Jackson, 2002, "A comparison of statistical approaches for modelling fish species distributions", *Freshwater Biology*, 47, pp. 1976–1995.

Pennisi, B.V., M. van Iersel, 2002, "3 ways to measure medium EC", *GMPro*, 22(1), pp. 46–48.

Santoul F., J. Cayrou, S. Mastrorillo, R. Cereghino, 2005, "Spatial patterns of the biological traits of freshwater fish communities in south-west France", *Journal of Fish Biology*, 66, pp. 301–314.

"The R Foundation for Statistical Computing", 2010, R Version 2.12.1.

Thuiller W., S. Lavorel, G. Midgley, S. Lavergne, T. Rebelo, 2004, "Relating plant traits and species distributions along bioclimatic gradients for *Leucadendron* taxa", *Ecology*, 85, pp. 1688–1699.

Tonn W. M., J. J. Magnuson, M. Rask, J. Toivonen, 1990, "Intercontinental comparison of small-lake fish assemblages: the balance between local and regional processes", *The American Naturalist*, 136, pp. 345–375.

Zobel M., 1997, "The relative role of species pools in determining plant species richness: alternative explanation of species coexistence?", *Trends in Ecology and Evolution*, 12, pp. 266–269.

Стаття надійшла в редакцію: 18.09.2013

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

FOREST SOIL SCIENCE



Eu. I. Maltsev

D. M. Nehrulya

UDK 502.211 (477.64)

*B. Chmelniitskiy Melitopol State Pedagogical University,
Melitopol, Ukraine,
e-mail: mz_5@ukr.net*

ALGAL FLORA OF FOREST FLOOR IN PLANTINGS OF PARK-MONUMENT LANDSCAPE ART "FOREST NURSERY"

Abstract. One characteristic of the twentieth century is the steady increase in the urban population with the simultaneous growth of urban areas. The result of the acceleration of urbanization is increasing recreational pressure on surrounding natural areas. One possible solution is the creation of sylvan parks as a suburban area of forest designated for urban recreation area. Often the creation of a sylvan park accompanied by a continuous plowing area and the creation of artificial forest plantings. With changes of plant-edificator will be significant changes of all phytocenosis, particularly in algae communities, where to the typical drought-tolerant and shade-tolerant species will join moisture-loving representatives. The aim was to assess the environmental features of algae communities in forest floor different plantings of Melitopol Sylvan Park.

In general, in the forest floor of pine planting "Forest nursery" marked 20 species of algae with 4 divisions, most of which related to green: Chlorophyta – 15 (75 %), Cyanophyta – 3 (15 %), Bacillariophyta – 1 (5 %) and Xanthophyta – 1 (5 %). Among the leading families of the greatest number of species (3) belonged to Phormidiaceae and Myrmeciaceae. During all studied seasons in base of algae communities were species resistant to extreme values of all climatic conditions.

Total in forest floor of silver-chain planting marked 15 species of algae with 4 divisions: Chlorophyta – 9 (60 %), Bacillariophyta – 3 (20 %), Cyanophyta – 2 (13 %) i Xanthophyta – 1 (7 %). Systematic structure of list species determine 4 family, which have the number of species in excess of the average number (1,4): Phormidiaceae, Myrmeciaceae, Chlorellaceae and Klebsormidiaceae. The base of algae community are moisture-loving and shade-tolerant species, which may be the result of favorable moisture regime.

In the forest floor of pine and silver-chain plantings in Melitopol local monument of landscape architecture "Forest nursery" found 28 species of algae with 4 divisions, which are dominated by green algae – 20 species (71 %), that exceed diatoms and blue-green – 3 species (22 %), and xanthophytes – 2 (7 %). Among the investigated forest floors largest number of algal species marked in pine planting – 20, against silver-chain planting – 15 species. List of leading families headed Myrmeciaceae, Klebsormidiaceae and Phormidiaceae. From an ecological point of view algal flora forest floor of studied plantings characterized by a predominance of species of soil-inhabiting algae from Ch-life forms, which is typical xerophyte. Analysis list of the species in relation to phytocenosis showed little content forest species, indicating the complexity of the processes forest planting in the steppe. Seasonal dynamics of algal species composition indicated an increase in the number of species in algae communities from spring to autumn.

Key words: forest floor, algae, algae communities, Sylvan Park.

© Eu. I. Maltsev, D. M. Nehrulya, 2013

УДК 502.211 (477.64)

Е. И. Мальцев

Д. Н. Негруля

*Мелитопольский государственный педагогический
университет им. Б. Хмельницкого,
г. Мелитополь, Украина,
e-mail: mz_5@ukr.net*

АЛЬГОФЛОРА ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ НАСАЖДЕНИЙ ПАРКА-ПАМЯТКИ САДОВО-ПАРКОВОГО ИСКУССТВА МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ «ЛЕСОПИТОМНИК»

Статья посвящена установлению экологических особенностей альгосообществ лесной подстилки соснового и белоакациевого насаждений парка-памятника садово-паркового искусства местного значения «Лесопитомник» в г. Мелитополе. Уставлены: видовой состав водорослей, ведущие семейства, доминанты и субдоминанты, спектр жизненных форм и сезонные изменения в альгофлоре различных горизонтов лесной подстилки. Предоставлены показатели мощности и содержания сухого органического вещества исследованного растительного опада.

Ключевые слова: лесная подстилка, водоросли, альгосообщества, лесопарк.

УДК 502.211 (477.64)

Є. І. Мальцев

Д. М. Негруля

*Мелітопольський державний педагогічний
університет ім. Б. Хмельницького,
м. Мелітополь, Україна,
e-mail: mz_5@ukr.net*

АЛЬГОФЛОРА ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ НАСАДЖЕНЬ ПАРКУ-ПАМ'ЯТКИ САДОВО-ПАРКОВОГО МИСТЕЦТВА «ЛІСОПИТОМНИК»

Стаття присвячена встановленню екологічних особливостей альгоугруповань лісової підстилки соснового і білоакацієвого насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Лісопитомник» у м. Мелітополі. Вставлено видовий склад водоростей, провідні родини, домінанти і субдомінанти, спектр життєвих форм і сезонні зміни у альгофлорі різних горизонтів лісової підстилки. Надаються показники потужності і вмісту сухої органічної речовини дослідженого рослинного опаду.

Ключові слова: лісова підстилка, водорості, альгоугруповання, лісопарк.

ВСТУП

Однією з характерних рис ХХ століття є постійне збільшення міського населення із одночасним зростанням територій міст. Наслідком такого пришвидшення процесів урбанізації є збільшення рекреаційного тиску на оточуючі міста природні території. Із 1924 року приміську лісову територію, призначену для оздоровчого відпочинку міського населення із елементами паркового впорядкування, які не порушують природного характеру ландшафту, починають називати лісопарком (Кучерявий, 2005). Створення штучних лісових насаджень у степовій зоні ускладнюється посушливістю клімату, солонцюватістю ґрунтів і часто проявляється в їх амфіценотичності (Бельгард, 1950, 1971; Травлєєв, 2008). Розвиток процесів сільватизації залежить від багатьох факторів, серед яких вагому роль відіграє тип світлової структури деревних насаджень, накопичення лісової підстилки, які створюють бар'єр для повернення степової рослинності (Травлєєв, 1961, 1965). Встановлено, що сформована лісова підстилка може надавати стимулюючий ефект деревним породам, збільшуючи їх приріст до 46 % (Травлєєв, 1969).

Зміна природної степової рослинності на лісову при створенні лісопарків

перебудовує взаємозв'язки між компонентами і елементами біогеоценозів, формує нові. Недостатні заходи з утримання лісопаркових насаджень призводять до повернення аборигенної рослинності і витіснення лісової: спочатку з'являються окремі степові види на узбіччі лісових кварталів, на схилах, які згодом перетворюються на латки степової рослинності. Угрупування наземних водоростей в таких умовах також зазнають трансформації через поєднання типових видів степових біогеоценозів і тіньовитривалих, вологолюбних лісових представників. Метою роботи було дослідити склад видів і життєвих форм, систематичну структуру та сезонну динаміку угруповань водоростей лісових підстилок різних насаджень лісопарку м. Мелітополя для характеристики процесів сільватизації у штучних лісових насадженнях в степовій зоні.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження екологічних особливостей альгоугруповань підстилки проводили у насадженнях парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Лісопитомник», створеного на базі мелітопольського лісопарку. Лісопарк площею 80 га розташований на північно-східній околиці міста на майже рівній ділянці третьої надзаплавної тераси правого берегу р. Молочної на висоті 30–40 м над р.м. Як лісотвірні породи тут використані дуб звичайний, робінія звичайна, сосна кримська, клен ясенелистий та ін. (Подорожний, 2006).

Відбір підстилки проводили по горизонталі квадратним шаблоном 20×20 см із двадцятикратним повтором (Вишенська, 2010). Верхній горизонт (A0¹) складався із свіжого листя, гілок, частин кори і плодів, середній горизонт (A0²) містив напіврозкладені рослинні залишки, а нижній (A0³) – мав вигляд однорідної органічної маси (детриту). Дослідження проводили навесні, влітку і восени. Зразки підстилки доводили до абсолютно сухого стану, зважували для встановлення запасу сухої органічної речовини (Вишенська, 2010).

Видовий склад водоростевий визначали на основі культур із скельцями обростання і агарових. Домінанти і субдомінанти встановлювали на основі шкали, запропонованою Г. Г. Кузяхметовим (Кузяхметов, 2001). Життєві форми водоростей виділені за рекомендаціями Е. А. Штини і М. М. Голлербаха (Штина, 1976) і О. Л. Бельгарда (Бельгард, 1950). Для аналізу фітоценотичних зв'язків використовували спектри водоростей, індикаторні для різних фітоценозів, складені І. А. Мальцевою (Мальцева, 2009). Таксономічна структура водоростей надана у відповідності із роботою І. Ю. Костікова із співавторами (Водорості, 2001). Аналіз гетерогенності видового складу водоростей проводили на основі коефіцієнту флористичної спільності Жаккара за повним видовим складом водоростей окремих проб:

$$K_{ж}(\%) = \frac{N_{AB} \times 100}{N_A + N_B - N_{AB}},$$

де $K_{ж}$ – коефіцієнт Жаккара, N_{AB} – кількість спільних видів, N_A та N_B – кількість видів, знайдених у першому та другому угрупованнях відповідно.

Для оцінки сільватуючого ефекту насаджень на склад альгоугруповання використовували формулу:

$$K_{sil} = \frac{\sum x_i}{n},$$

де K_{sil} – коефіцієнт сільватизації; x_i – число видів водоростей *X*, *H*, *C*, *B*, *amph*-життєвих форм; n – число едафотрофних видів водоростей.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Перша пробна площа розташовувалась у 20 кварталі «Лісопитомнику», який складається із рядових насаджень *Pinus pallasiana* D. Don віком 40 років із середньою висотою 16 м (Подорожний, 2006). З кінця травня до жовтня у надгрунтовому

покриві домінувала *Ambrosia artemisiifolia* L. Решту часу підстилка залишалась вкритою трав'яним сухостоєм. Проективний стан трав'яного покриву у різні сезони коливався від 60 до 80 %. Впродовж досліджуваних сезонів потужність підстилки була неоднакова: навесні чітко виділялось 2 горизонти (A_0^1 і A_0^2) із середньою товщиною кожного 2 см і загальним запасом сухої органічної речовини на рівні $2,158 \text{ кг/м}^2$. Влітку і восени рослинний опад по товщині не перевищував 4 см і формував лише один горизонт, що є досить поширеним явищем для штучних деревних насаджень у степовій зоні (Артеменко, 1997), при цьому максимальний показник його запасу був влітку – $4,313$ та $2,725 \text{ кг/м}^2$ восени.

Навесні у верхньому горизонті соснового опаду відмічено 6 видів водоростей з 3 відділів: *Chlorophyta* – 4 (66 %), *Cyanophyta* – 1 (17 %), *Bacillariophyta* – 1 (17 %). В якості провідної родини виступила *Myrmeciaceae*. До домінантів увійшли *Phormidium autumnale* (Agardh) Gomont і *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve et Grunow, до субдомінантів – *Myrmecia incisa* Reising. Екологічну структуру водоростевого угруповання горизонту A_0^1 характеризує склад життєвих форм водоростей. Представлений у вигляді формули він має вигляд $Ch_2B_1H_1P_1X_1$ (6), де літерами позначені життєві форми, цифрами кількість видів кожної життєвої форми, а у дужках після формули вказана загальна кількість видів. Аналіз показав незначне переважання видів, стійких до екстремальних умов існування із життєвої форми Ch.

Водоростеве населення нижнього горизонту підстилки (A_0^2) соснового насадження було представлено 8 видами, які відносились до 3 відділів: *Chlorophyta* – 5 (63 %), *Cyanophyta* – 2 (25 %), *Bacillariophyta* – 1 (12 %). *Phormidiaceae* виділили як провідну родину. Список домінантів сформували: *Phormidium autumnale* і *Phormidium retzii* (Agardh) Gomont, а субдомінанті: *Bracteacoccus minor*, *Klebsormidium flaccidum* (Kützinger) Silva et al. і *Chlorella vulgaris* Beijerinck. Аналіз екологічної структури альгоугруповання показав рівне співвідношення видів-убіківців і тінювитривалих, проте нестійких проти посухи та екстремальних температур: $Ch_2P_2X_2B_1H_1$ (8).

Влітку, коли в рослинному опаді виділявся лише один горизонт, альгоугруповання складалося з 4 видів зелених водоростей, серед яких домінантом був *Bracteacoccus minor*, а субдомінантом – *Stichococcus minor* Nägeli. Спектр життєвих форм отримав вид Ch_3X_1 (4) із домінуванням видів із винятковою витривалістю до посушливих умов літнього сезону.

Найбільше видове різноманіття водоростей спостерігалось восени – 18 видів із 4 відділів: *Chlorophyta* – 14 (78 %), *Cyanophyta* – 2 (11 %), *Bacillariophyta* – 1 (5,5 %) і *Xanthophyta* – 1 (5,5 %). Провідними родинами були *Myrmeciaceae*, *Phormidiaceae*, *Chlorococcaceae*, *Stichococcaceae* і *Klebsormidiaceae*. Комплекс домінантів склали *Klebsormidium flaccidum* і *Chlorella vulgaris*, а субдомінантів – *Stichococcus minor*, *Bracteacoccus minor* і *Hantzschia amphioxys*. На відміну від попередніх сезонів, восени слід відмітити зростання частки видів, вимогливих до вологості із життєвих форм C, H і amph – від мезофітів (Ms) до гігрофітів (Hgr), однак основу альгоугруповання все ж складають убіківці: $Ch_8C_2H_2P_2X_2B_1amph_1$ (18).

Загалом, у підстилці соснового насадження «Лісопитомнику» відмічені 20 видів водоростей із 4 відділів, більшість з яких відносились до зелених: *Chlorophyta* – 15 (75 %), *Cyanophyta* – 3 (15 %), *Bacillariophyta* – 1 (5 %) і *Xanthophyta* – 1 (5 %). Серед провідних родин найбільша кількість видів (по 3) належала до *Phormidiaceae* і *Myrmeciaceae*. Переважання видів родин зелених водоростей у сосновій підстилці штучних і природних деревних насаджень відмічалось й іншими дослідженнями. На високе різноманіття *Bracteacoccaceae*, *Chlamydomonadaceae* і *Chlorellaceae* у Старо-Бердянському лісі вказували С. П. Черевко, (1996), І. А. Мальцева (2009), *Chlamydomonadaceae* у Великопетиському і Великоанадольському лісах (Мальцева, 2009). Також, як показують наші дослідження (Мальцев, 2012, 2013), лісова підстилка соснових насаджень в умовах степової зони багата на види

Myrmeciaceae. Впродовж усіх досліджуваних сезонів основу альгоугруповання складали види, стійкі до екстремальних значень усіх кліматичних умов із Ch життєвої форми: $Ch_9P_3C_2H_2X_2B_1amph_1$ (20) – убіквістам значно поступаються типові ксерофіти із ниткоподібних синьозелених водоростей (P-форма).

Друга пробна площа розміщувалась у насадженні *Robinia pseudoacacia* L (квартал № 2). Окрім білої акації відмічались поодинокі екземпляри дубу звичайного і ясену високого, а у другому ярусі – рядові насадження в'язу гладкого. Середній вік дерев – 40 років, висота першого ярусу – 14 м (Подорожний, 2006). У живому надґрунтовому покриві слід відмітити *Anisantha tectorum* (L.) Nevski і *Hordeum murinum* L., які починали з'являтися з середини весни, і *Ambrosia artemisiifolia*, *Taraxacum officinale* Webb. Ex Wigg., *Potentilla impolita* Wahlenb., які приєдналися до них влітку. Восени зустрічались *Geum urbanum* L і *Malva pusilla* Smith. Зімкнутість трав'янистої рослинності коливалась від 40 % навесні до майже суцільного наприкінці літа. Впродовж досліджених сезонів спостерігалось поступове збільшення потужності лісової підстилки: від одного горизонту, товщиною 1,5 см і запасом 0,65 кг/м² навесні – до двох горизонтів загальною товщиною 4 см і запасом 2,325 кг/м² восени.

У білоакацієвому насадженні навесні альгоугруповання лісової підстилки було сформоване 6 видами водоростей, що відносились до 3 відділів: *Chlorophyta* – 3 (50 %), *Cyanophyta* – 2 (33 %), *Bacillariophyta* – 1 (17 %). Провідною родиною стала *Phormidiaceae*. До домінантів віднесли *Phormidium retzii*, а до субдомінантів – *Phormidium autumnale* і *Hantzschia amphioxys*. Особливістю водоростевого угруповання є об'єднання у собі посухостійких, світлолюбних і вологолюбних та тіньовитривалих видів: $P_2B_1Ch_1H_1X_1$ (6).

Влітку рослинний опад у насадженні білої акації населяли 4 види водоростей з 2 відділів: *Chlorophyta* – 3 (75 %) і *Bacillariophyta* – 1 (25 %). Найбільш активним розвитком характеризувалася *Hantzschia amphioxys*, а позицію субдомінанта зайняв *Stichococcus minor*. Розставляючи індекси життєвих форм за зменшенням частки тієї чи іншої з них, можна отримати наступну формулу: $X_2B_1Ch_1$ (4), із переважанням видів, що характеризуються як сциофіти (Sc) і мезофіти (Ms).

Восени, коли лісова підстилка складалась із двох горизонтів, частина альгоугруповання, яка розміщувалася у верхньому з них, складалась з 3 видів водоростей: *Chlorophyta* – 2 (67 %), *Cyanophyta* – 1 (33 %). Домінантом був *Phormidium autumnale*, а субдомінантом – *Scotiellopsis rubescens* Vinatzer. З екологічної точки зору, досліджувану частину угруповання утворили водорості, стійкі проти високих температур і нестачі вологи: Ch_2P_1 (3).

Нижній горизонт осіннього рослинного опаду був населений 9 видами водоростей, які відносились до 4 відділів: *Chlorophyta* – 4 (44 %), *Bacillariophyta* – 3 (34 %), *Cyanophyta* – 1 (11 %) і *Xanthophyta* – 1 (11 %). Як і в верхньому горизонті, найбільш активний розвиток спостерігався у *Phormidium autumnale*, дещо менший – у *Stichococcus minor*. На відміну від верхнього горизонту, у даному на перший план виходять тіньовитривалі і вологолюбні види: $X_4B_2H_1P_1hydr_1$ (9).

Усього у лісовій підстилці білоакацієвого насадження відмічені 15 видів водоростей із 4 відділів: *Chlorophyta* – 9 (60 %), *Bacillariophyta* – 3 (20 %), *Cyanophyta* – 2 (13 %) і *Xanthophyta* – 1 (7 %). Систематичну структуру списку видів визначають 4 родини, кількість видів у яких перевищує їх середнє значення у родині 1,4: *Phormidiaceae*, *Myrmeciaceae*, *Chlorellaceae* і *Klebsormidiaceae*. Розміщуючи індекси життєвих форм за зменшенням їх участі в угрупованні, отримали формулу $X_5Ch_3B_2H_2P_2hydr_1$ (15). Основу угруповання становлять вологолюбні, тіньовитривалі види, що може бути результатом сільватуючого впливу насадження.

Таким чином, список видів водоростей різних насаджень парку-пам'ятки «Лісопитомник», отриманий на основі наших досліджень включає 28 видів водоростей: *Chlorophyta* – 20 (71 %), *Cyanophyta* – 3 (11 %), *Bacillariophyta* – 3 (11 %)

і *Xanthophyta* – 2 (7 %). У цілому систематичну структуру альгофлори двох типів насаджень визначають представники 17 родин, серед яких значну роль відіграють: *Myrmeciaceae* (4 види), *Klebsormidiaceae* і *Phormidiaceae* (по 3 види); *Chlorococcaceae*, *Chlorellaceae* і *Stichococcaceae* (по 2 види) при середній кількості видів у родині 1,6. Проаналізувавши списки домінантів і субдомінантів можна відзначити часте потрапляння до них видів із роду *Stichococcus*, переважання яких не раз відмічалось як у сосновій підстилці, так і у ґрунті під нею (Гаврилов, 1950; Черевко, 1993; Мальцева, 2009). Розраховано коефіцієнт флористичної спільності по Жаккару за повним видовим складом склав 25 %, що показує низький рівень схожості досліджених альгоугруповань.

З екологічної точки зору для альгофлори різних типів насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва є характерним високе різноманіття видів Ch- і X-форм, що відповідає загальним закономірностям, визначеним для лісових альгоугруповань. Загальний спектр життєвих форм має вигляд: $Ch_{11}X_5H_3P_3C_2B_2amph_1hydr_1$ (28).

Аналіз видового списку водоростей за ценоморфами показав переважання у ньому видів, які широко поширені у різних фітоценозах: лісових, степових, лучних. До видів-сильвантів (Sil), поширення яких пов'язано переважно із лісовими фітоценозами, віднесені лише: *Gloeobotrys sphagnophilus* Ettl, *Spongiochloris minor* Chantanachat et Bold і *Stichococcus mirabilis* Lagerheim. Незначне різноманіття лісових видів водоростей свідчить про складність протікання процесів сильватизації у лісових насадженнях степової зони. Розрахований коефіцієнт сильватизації угруповань водоростей є низьким і для соснового насадження у середньому становив 0,4; для білоакацієвого – 0,64. Сильватуючий ефект соснового насадження навесні і восени приблизно однаковий – 0,5–0,44 і є найменшим влітку – 0,13. В насадженні листопадних порід (біла акація і супутні види) значення коефіцієнту сильватизації альгоугруповання змінюється від 0,5 навесні, до 0,75 влітку і 0,88 восени.

Дослідження сезонної динаміки складу водоростевих угруповань лісових підстилок різних насаджень впродовж трьох сезонів показало зменшення кількості видів водоростей влітку і збільшення восени порівняно з весною (таблиця), що підтверджує вплив температурного режиму, вологості й освітленості впродовж року на зміни у альгоугрупованнях (Алексахина, 1984; Черевко, 1996; Мальцева, 2009).

Сезонні зміни видового складу водоростей лісових підстилок різних насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Лісопитомник»

Насадження	Відділ водоростей	Кількість видів, од. (%)		
		Весна	Літо	Осінь
<i>Pinus pallasiana</i>	<i>Cyanophyta</i>	2 (25)	–	2 (11)
	<i>Chlorophyta</i>	5 (62,5)	4 (100)	14 (78)
	<i>Xanthophyta</i>	–	–	1 (5,5)
	<i>Bacillariophyta</i>	1 (12,5)	–	1 (5,5)
	Разом	8 (100)	4 (100)	18 (100)
<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Cyanophyta</i>	2 (33)	–	1 (9)
	<i>Chlorophyta</i>	3 (50)	3 (75)	6 (55)
	<i>Xanthophyta</i>	–	–	1 (9)
	<i>Bacillariophyta</i>	1 (17)	1 (25)	3 (27)
	Разом	6 (100)	4 (100)	11 (100)

Для досліджених насаджень характерним є відсутність представників відділу *Cyanophyta* влітку, поява жовтозелених водоростей лише восени і домінування впродовж усіх сезонів видів *Chlorophyta*. В якості сезонних особливостей слід виділити значне видове різноманіття навесні нитчастих синьозелених водоростей з роду *Phormidium*, а восени – нитчастих зелених – *Klebsormidium* і *Stichococcus*.

ВИСНОВКИ

У лісових підстилках соснового і білоакацієвого насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Лісопитомник» (м. Мелітополь) виявлено 28 видів водоростей з 4 відділів, серед яких переважали зелені водорості – 20 видів (71 %). У меншій кількості представлені синьозелені і діатомові – по 3 види (22 %) та жовтозелені – 2 (7 %). Підстилка соснового насадження населена 20, а акацієвого – 15 видами водоростей. Список провідних родин альгоугруповань очолюють: *Myrmeceiaceae*, *Klebsormidiaceae* і *Phormidiaceae*. З екологічної точки зору альгофлора підстилок досліджених насаджень характеризується переважанням едафотільних видів водоростей Ch та X життєвих форм. Сезонна динаміка складу водоростевих угруповань вказала на збільшення кількості видів в альгоугрупованнях з весни до осені. Розрахований коефіцієнт сільватизації досліджених альгоугруповань та незначна кількість у їх складі видів, характерних для лісових фітоценозів, вказує на складність формування лісового середовища у штучних деревних насадженнях степової зони та їх амфіценотичність у розумінні О. Л. Бельгарда.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Алексахина Т. И. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов / Т. И. Алексахина, Э. А. Штина. – М. : Наука, 1984. – 150 с.
- Aleksakhina, T. I., Shtina, E. A., 1984, "Soil algae of forest biogeocenozov", Moscow, Nauka, 150 p.
- Артеменко В. Н. Экологические и методологические принципы исследования лесных подстилок Днепровско-Орельского природного заповедника / В. Н. Артеменко // Вопросы степного лесоведения и лесной рекультивации земель. – 1997. – № 1. – С. 57-64.
- Artemenko, V. N., 1997, "Ecological and methodological principles of research of the forest floor of Dneprovsko-Orelskogo of natural preserve", Issues of steppe silvics and forest revegetation of lands, no. 1, pp. 57-64.
- Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока УССР / А. Л. Бельгард. – К. : Изд-во Киевского гос. ун-та им. Т. Г. Шевченко, 1950. – 256 с.
- Belgard, A. L., 1950, "Forest vegetation of southeast Ukrainian SSR", Kyiv, Shevchenko state university of Kiev, 256 p.
- Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
- Belgard, A. L., 1971, "Steppe silvics", Moscow, Forest industry, 336 p.
- Вишенська І. Г. Методичні аспекти визначення енергетичного запасу лісової підстилки / І. Г. Вишенська, А. А. Жовтенко, Я. П. Дідух // Наукові записки. Біологія та екологія. – 2010. – Т. 106. – С. 40-44.
- Vishenska, I. G., Zhovtenko, A. A., Didukh, Ya. P., 2010, "Methodical aspects of determination of power supply of the forest floor", Scientific messages. Biology and ecology, 106, pp. 40-44.
- Водорості ґрунтів України (Історія й методи дослідження, система, конспект флори) / І. Ю. Костіков, П. О. Романенко, Є. М. Демченко та ін. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
- "Soil algae of Ukraine: history and methods of research, system, synopsis of flora", 2001, Kostikov, I. Yu., Romanenko, P. O., Demchenko, Ye. M. and others, Kyiv, Phytosociocentr, 300 p.
- Гаврилов К. А. Влияние состава лесонасаждений на микрофлору и фауну лесных почв / К. А. Гаврилов // Почвоведение. – 1950. – № 3. – С. 129-141.
- Gavrilov, K. A., 1950, "Effect of forest plantations on the microflora and fauna of forest soils", Eurasian Soil Science, no. 3, pp. 129-141.
- Кузяхметов Г. Г. Методы изучения почвенных водорослей: Учебное пособие / Г. Г. Кузяхметов, И. Е. Дубовик. – Уфа : Изд-во Башкирского ун-та, 2001. – 60 с.
- Kuzyakhmetov, G. G., Dubovik, I. E., 2001, "Methods of study of soil algae", Ufa, Publication of Bashkir University, 60 p.
- Кучерявий В. П. Озеленення населених місць / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2005. – 456 с.

Kucheryavyyi, V. P., 2005, "Greening of settlements", Lviv, Svit, 456 p.

Мальцев Є. І. Водорості лісових підстилок різних насаджень Старо-Бердянського лісу / Є. І. Мальцев // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2013. – № 2. – С. 133–141.

Maltsev, Eu. I., 2013, "Algae of different duffs in Staro-Berdyansk forest", *Journal of Zaporizhzhya National University: Biological Sciences*, no. 2, pp. 133–141.

Мальцев Є. І. Водорості лісових підстилок соснових насаджень Самарського лісу / Є. І. Мальцев, М. Ю. Волгін // Матеріали міжнародної конференції молодих учених «Актуальні проблеми ботаніки та екології», Ужгород, 19–23 вересня 2012 р. – Ужгород: Видавництво ФОП Брежа А.Е., 2012 – С. 37–38.

Maltsev, Eu. I., Volgin, M. Yu., 2012, "Algae of forest floor of pine plantations in Samara forest International Conference of young scientists", *Proceedings of the International Conference of Young Scientists "Actual problems of botany and ecology"*, Uzhgorod, Publisher FOP Breza A.E., pp. 37–38.

Мальцева І. А. Ґрунтові водорості лісів степної зони України / І. А. Мальцева. – Мелітополь : Люкс, 2009. – 312 с.

Maltseva, I. A., 2009, "Soil algae of the forests of steppe area of Ukraine", *Melitopol, Luks*, 312 p.

Подорожний С. М. Робочий щоденник обліку зелених насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Лісопітомник» в м. Мелітополі Запорізької області / С. М. Подорожний. – 2006. – 40 с.

Podorozhniy, S. M., 2006, "Working diary of keeping greenery park monument landscape art local "Lisopitomnyk" in Melitopol, Zaporozhye region", 40 p.

Травлєєв А. П. Лес как фактор почвообразования / А. П. Травлєєв, Н. А. Белова // Ґрунтознавство. – 2008. – Т. 9, № 3–4. – С. 6–26.

Travlyeyev, A. P., Belova, N. A., 2008, "Forest as a soil-forming factor", *Gruntoznavstvo*, 9, no. 3–4, pp. 6–26.

Травлєєв А. П. Лесная подстилка как

структурный элемент искусственного лесного сообщества в степи: автореф. дис. ...канд. биол. наук / А. П. Травлєєв. – Х., 1961. – 20 с.

Travlyeyev, A. P., 1961, "Forest floor as a structural element of an artificial xylum in the steppe", *The dissertation abstract on competition of a scientific degree of cand. biol. sci.*, Kharkov, 20 p.

Травлєєв А. П. До питання про роль лісової підстилки в штучних лісах степової зони СРСР / А. П. Травлєєв // Матеріали III з'їзду українського ботанічного товариства. – К. : Наукова думка, 1965. – С. 288–289.

Travlyeyev, A. P., 1965, "To the question about the role of the forest floor in the artificial forests of steppe area of the USSR", *Materials of III convention of Ukrainian botanical society*, Kyiv, Naukova dumka, pp. 288–289.

Травлєєв А. П. Про позитивний вплив лісової підстилки на приріст деревних порід в штучних лісах степової України / А. П. Травлєєв // Матеріали IV з'їзду українського ботанічного товариства. – К. : Наукова думка, 1969. – С. 236–237.

Travlyeyev, A. P., 1969, "About a positive impact the forest floor on growth trees in artificial forest in steppe Ukraine", *Materials of IV convention of Ukrainian botanical society*, Kyiv, Naukova dumka, pp. 236–237.

Черевко С. П. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов подзоны настоящих степей Украины / С. П. Черевко // Альгология. – 1993. – 3, № 2. – С. 49–52.

Cherevko, S. P., 1993, "Soil algae of forest phytocenoses from true steppe subzone of Ukraine", *Algologia*, 3, no. 2, pp. 49–52.

Черевко С. П. Почвенные водоросли Старо-Бердянського леса (Запорожская обл., Украина) / С. П. Черевко // Альгология. – 1996. – 6, № 3. – С. 265–271.

Cherevko, S. P., 1996, "Soil algae of the Staro-Berdyansk forest (Zaporozhye region, Ukraine)", *Algologia*, 6, no. 3, pp. 265–271.

Штина Э. А. Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М. : Наука, 1976. – 143 с.

Shtina, E. A., Gollerbach, M. M., 1976, "Ecology of soil algae", *Moscow, Nauka*, 143 p.

Стаття надійшла в редакцію: 05.09.2013

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

REMOTE METHODS OF SOIL INVESTIGATION



S. G. Chorny

Dr. Sci. (Agric.), Professor

D. O. Abramov

UDK 631.445.41

*Mykolayiv National Agrarian University,
Mykolayiv, Ukraine,
e-mail: s.g.chorny@gmail.com*

DETERMINATION OF SOIL LINE PARAMETERS OF RIGHT-BANK UKRAINE CHORNOZEMS BY MEANS OF "LANDSAT-7" SPECTRAL SATELLITE IMAGES

Abstract. Identification of soil properties and soil processes using remote sensing satellite methods is necessary technology in the procedures of soil mapping and soil monitoring, by intensive development of various processes of soil degradation – erosion, salinization, solonchification, underflooding, etc.

A spectral reflectance is important color characteristic of the bare soil. Spectral reflectance can be related to site-specific soil conditions within a field, especially organic C content, mineralogical composition of the parent material, as well as, CaCO_3 soluble salts, oxides of iron content, etc.

New interpretation of spectral reflectance data is the concept of the soil line - linear relationship between the near-infrared (NIR) and red (R) reflectance of bare soil as characterized by slope (β_1) and intercept parameters (β_0). For identification of soil line parameters Right-Bank Ukraine black soil ("chornozem") a data of multispectral scanning by American satellite «Landsat-7» was used. Five scenes of 2011 and 2012 spring were used. Analysis of the structure of crop area in the region showed that the end of March - beginning of May is the most favorable period for remote sensing of the soil surface, as during this period the soil as not covered agricultural vegetation.

The presence of vegetation on the surface of the soil and its density is generally determined through various vegetation indices. The most often used indicators - NDVI, RVI, NRVI. The analysis of the published data showed that the critical values of these indices, showing the almost complete absence of vegetation on the surface of the soil following - to NDVI = -0,05 - +0,05, RVI = +0,90 - +1,10, NRVI = -0,06 - +0,05. Using these criteria 752 pixel with the bare soil were selected.

For the southern and ordinary chornozem a linear equation of the soil line had the coefficient of determination (r^2) 0.89 (n=306) and 0.92 (n=446), respectively. A value by slope (β_1) for southern chornozem 1.05 and ordinary chornozem 1.01 were corresponded. The intercept parameter (β_0) had a value -3.83 and -3.68, respectively.

Organic C content, which, as it is known, determines the reflectance of the soil surface in the red and (or) the near-infrared range, is not only the color basis for southern chornozems soil line have shown. The soil line parameters of southern chornozem by the combination of organic C content, qualitative composition of soluble salts and presence solonchicity in the top soil's layer was defined.

At the same time, the parameters of ordinary chornozems soil line, against background monotonous bedrock, only the organic C content (humus content) determining. The change under the influence of soil erosion, when plowing lower horizons with low content of humus led to the clarification of the soil surface the parameters of the line soils.

© S. G. Chorny, D. O. Abramov, 2013

A strong similarity of southern and ordinary chernozems soil lines visual analysis shows however.

For a quantitative estimation of differences (similarity) equations describing line soils ordinary and southern chernozems the following procedure was performed. Randomly selected arguments allowed simulating by these equations and getting two sample values NIR separately for southern chernozems and separately for ordinary chernozems. Then was determined by the degree of the differences (and similarities) of these samples using the nonparametric criterion χ^2 (Pearson criterion). Calculations showed that the empirical value of criterion χ^2 (0,62) much less than its theoretical (standard) values at 95% probability (12,59, at $v=6$). I.e., differences at the specified level of significance between samplings not observed.

Use of Pearson criterion and graphical analysis to admit the possibility of obtaining for both subtypes of chernozem the single soil line. The generalizing soil line has the following parameters: $r^2 = 0.88$ ($n = 752$), $\beta_1 = 1.01$, $\beta_0 = -2.96$.

Line soils with these settings and allows its use for the identification of chernozems in satellite images, use in procedures mapping of soil cover, as well as to make assessment of the degree of heterogeneity of the soil cover.

Keywords: soil line, multispectral scanning, vegetation indices, soil erosion, southern chernozem, ordinary chernozem.

УДК 631.445.41

С. Г. Чорний

д-р с.-г. наук, проф.

Д. О. Абрамов

*Миколаївський національний аграрний університет,
м. Миколаїв, Україна,
e-mail: s.g.chorny@gmail.com*

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛІНІЇ ҐРУНТІВ ЧОРНОЗЕМІВ ПРАВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ СПЕКТРАЛЬНИХ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ «ЛАНДСАТ-7»

Параметри ліній ґрунтів звичайних і південних чорноземів Правобережної України, які отримані за даними багатоспектрального сканування, що виконувалося супутником «Ландсат-7» залежить від складної комбінації спектральних здібностей до відбивання поверхні цих ґрунтів. При цьому суттєвої, статистично достовірної різниці між параметрами лінії ґрунтів південних чорноземів та лінії ґрунтів звичайних чорноземів не виявлено та запропоновано використовувати єдину для чорноземів регіону лінію.

Ключові слова: лінія ґрунтів, багатоспектральне сканування, вегетаційні індекси, ерозія ґрунтів, південний чорнозем, звичайний чорнозем.

УДК 631.445.41

С. Г. Черный

д-р с.-х. наук, проф.

Д. А. Абрамов

*Николаевский национальный аграрный университет,
г. Николаев, Украина,
e-mail: s.g.chorny@gmail.com*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИИ ПОЧВ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ УКРАИНЫ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ «ЛАНДСАТ-7»

Параметры линий почв обыкновенных и южных черноземов Правобережной Украины, полученные по данным многоспектрального сканирования спутником «Ландсат-7» зависят от сложной комбинации спектральных отражательных способностей поверхности этих почв. При этом существенной, статистически достоверной, разницы между параметрами линии почв южных черноземов и линии почв обыкновенных черноземов не обнаружено и предложено использовать единую для черноземов региона прямую.

Ключевые слова: линия почв, многоспектральное сканирование, вегетационные индексы, эрозия почв, южный чернозем, обыкновенный чернозем.

ВВЕДЕНИЕ

Идентификация свойств почв и почвенных процессов с помощью дистанционных спутниковых методов – необходимая технология в процедурах почвенного картирования и почвенного мониторинга, в частности, в условиях интенсивного развития различных процессов деградации почв – эрозии, засоления, осолонцевания, подтопления и т.п.

Работы последних 20 лет показывают (Baret et al., 1993; Garey et al., Huete et al., 2004; Кравцов, 2005; Fox, Sabbagh, 2008), что почвенные свойства при применении дистанционных методов чаще всего идентифицируются как по косвенным признакам – состоянию растительности, микро- и мезоформ рельефа, так и по прямым признакам. В последнем случае речь, как правило, идет о цветовых параметрах почвенного покрова.

Важной цветовой характеристикой почвы является их спектральная отражательная способность (СОС), которая определяется рядом почвенных параметров – минералогическим составом почвообразующих пород, влажностью почвы, шероховатостью ее поверхности, а также содержанием гумуса, карбонатов, водорастворимых солей, соединений железа, марганца и т.п. (Караванова, 2003; Кравцова, 2005). В настоящей работе речь пойдет об относительно новой интерпретации данных СОС почв, а именно – использовании концепции линии почв (Baret et al., 1993; Кирьянова, 2006).

Линия почв или почвенная линия (*soil line*) – это линейная зависимость между отражательной способностью открытой от растительности поверхности почвы в ближнем инфракрасном (NIR) и красном (R) участке спектра:

$$NIR = \beta_1 \cdot R + \beta_0, \quad (1)$$

где β_1 – угловой коэффициент и β_0 – величина отрезка, который отсекается прямой линией на оси ординат.

На первых этапах использования дистанционных методов при изучении природных и антропогенных ландшафтов в 80-е и 90-е годы XX века концепция линии почв и значение ее параметров, чаще всего, применялись для расчетов так называемых «вегетационных индексов». Последние использовались для минимизации влияния цветовых характеристик почвенного покрова в процедурах оценки состояния растительности дистанционными, в том числе, спутниковыми, методами.

В последнее время предпринимаются попытки применить концепцию почвенной линии в контексте почвенных исследований. Считается, что линия почв и ее параметры имеют определенное прикладное назначение. В частности, ее параметры могут использоваться для идентификации отдельных почвенных свойств на спутниковых изображениях, в процедурах картировании почвенного покрова, оценок его неоднородности и т.п.

Что касается универсальности или уникальности линий почв, то в этом плане существует два подхода. Часть ученых считают, что существует общая универсальная почвенная линия. Например, об общей линии почв со стабильными параметрами β_1 и β_0 (1,166 и 0,042, соответственно) сообщил Хост с соавторами (1984) в работе, посвященной 20 американским почвам с широким диапазоном физических и химических свойств. Гальвао и Виторелло (1998) получили общую линию почв для 14 наиболее распространенных типов почвы в юго-восточной Бразилии с параметрами $\beta_1=1,36$, $\beta_0=0,0117$. Однако ряд авторов (Кирьянова, 2006; Demattê et al., 2009) утверждают, что, скорее всего, каждому типу (подтипу) почв соответствует своя линия почв с индивидуальными величинами параметров (β_1 , β_0). Уникальность линии почв конкретного типа (подтипа) определяется по присущему только этой почве набору относительно стабильных почвенных свойств. Это определенный диапазон содержания гумуса, количество и качественный состав солей в верхнем слое почвы, минералогический состав почвообразующих пород и т.п. В то же время, лабильные свойства верхнего слоя почвенного покрова – содержание влаги

и, определяемая обработкой почвы, шероховатость поверхности, которые также влияют на отражательную способность в ближней инфракрасной составляющей спектра и видимой его части, скорее всего, не определяют количественные параметры линии почв (β_1, β_0).

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для получения параметров линии почв черноземов Правобережной Украины использовались данные многоспектрального сканирования (МСС), которое осуществляется камерой ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), которая находится на борту американского спутника «Ландсат-7». Камера ETM+ работает в семи частях спектра (спектральных каналах): голубой – 0,45–0,52 мкм, зеленый – 0,53–0,61 мкм, красный – 0,63–0,69 мкм, ближний инфракрасный – 0,78–0,90 мкм, два средних инфракрасных – 1,55–1,75 мкм и 2,09–2,35 мкм, а также тепловой инфракрасный канал – 10,4–12,5 мкм. Элементарная пространственная единица (пиксель на экране дисплея), с которой камера ETM+ получает данные по каждому из семи каналов, равна на местности квадрату в 30×30 м или 0,09 га.

Для получения линии черноземных почв использовались пять сцен весны 2012 года (21.04, 30.04, 09.05) и весны 2011 года (5.04 и 23.05) двух спектральных каналов – 3-го (красный) и 4-го (ближний инфракрасный). Анализ структуры посевных площадей региона показал, что конец марта – начало мая является наиболее благоприятным периодом для дистанционного зондирования поверхности почвы, так как в этот период почва максимально не покрыта сельскохозяйственной растительностью. Снимки загружались с сервера Геологической службы США (USGS) (www.glovis.usgs.gov). Для спектрального анализа снимков использовалось специальное программное обеспечение – ENVI 4.8. Значение СОС или величины яркости в каждом из спектральных каналов определяется по масштабированной шкале от 0 до 255. Значение 0 соответствует минимальной величине отражения поверхностей.

В качестве стационарных тестовых участков использовались несколько полей с разными почвами. Это поля №6 и №7 УНПЦ (учебно-научно-практического центра) Николаевского национального аграрного университета (ННАУ), площадью в 328 га и расположенные в Николаевском районе Николаевской области, с модальными черноземами южными средне- и тяжелосуглинистыми. Здесь также имеются эродированные варианты южных черноземов. С координатами северо-восточного угла участка – 46°55'20,4" с.ш. и 31°40'57,9" в.д. (участок 1 на рис. 1). Следующим объектом для получения информации были фермерские земли на восточной окраине села Шевченково Жовтневого района Николаевской области, с черноземами южными солонцеватыми тяжелосуглинистыми площадью в 104 га, с координатами северо-восточного угла участка – 46°51'52,6" с.ш. и 32°15'28,9" в.д. (участок 2 на рис. 1). И наконец, СОС черноземов обыкновенных изучались на двух полях в Братском районе Николаевской области. Это земли фермерского хозяйства «Олена» с модальными черноземами обыкновенными тяжелосуглинистыми, а также с черноземами обыкновенными разной степени эродированности, площадью в 149 и 88 га, с координатами крайне северного угла участков 47°46'04,0" с.ш., 31°46' 09,2" в.д. и 48°03'15,9" с.ш., 31°40' 09,2" в.д., соответственно (участки 3 и 4 на рис. 1).

Известно (Кириянова, 2006), что плотный растительный покров не позволяет изучать СОС почвенного покрова. Наличие растительности на поверхности почв и его плотность, как правило, рассчитывается через различные вегетационные индексы. Наиболее часто применяются следующие показатели (Кириянова, 2006) – NDVI, RVI, NRVI:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (2)$$

$$RVI = \frac{RED}{NIR}, \quad (3)$$

$$NRVI = \frac{RVI - 1}{RVI + 1}. \quad (4)$$

В (2–4) NIR – значение яркости ближнего инфракрасного канала, RED – значение яркости красного канала.



Рис. 1. Схема расположения опытных участков:

1 – поля № 6 и № 7 УНПЦ ННАУ; 2 – фермерские земли Жовтневого района;
3, 4 – земли фермерского хозяйства «Олена»

Анализ литературных данных (Кириянова, 2006) показал, что критическими значениями этих индексов, показывающие на практически полное отсутствие растительности на поверхности почвы следующие – для NDVI = -0,05 – +0,05, для RVI = +0,90 – +1,10, для NRVI = -0,06 – +0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего из пяти сцен было отобрано 306 пикселей без растительности, характеризующие СОС только южных черноземов и 446 пикселей без растительности, характеризующие СОС только черноземов обыкновенных. Полученные линии почв для этих почвенных подтипов показаны на рисунке 2.

Для черноземов южных линия почв будет иметь следующее уравнение (n=306):

$$NIR = 1,05 \cdot R - 3,83, \quad (5)$$

при этом коэффициент детерминации (r^2) равняется 0,89, а стандартная ошибка (σ_0) – 2,99.

Для черноземов обыкновенных уравнение линии почв имеет следующий вид (n=446):

$$NIR = 1,01 \cdot R - 3,68. \quad (6)$$

Коэффициент детерминации (r^2) в этом случае будет равняться 0,92, а стандартная ошибка (σ_0) – 1,46.

Таким образом, для двух подтипов черноземов Правобережной Украины получены достаточно надежные, с высокими значениями коэффициентов детерминации уравнения линии почв.

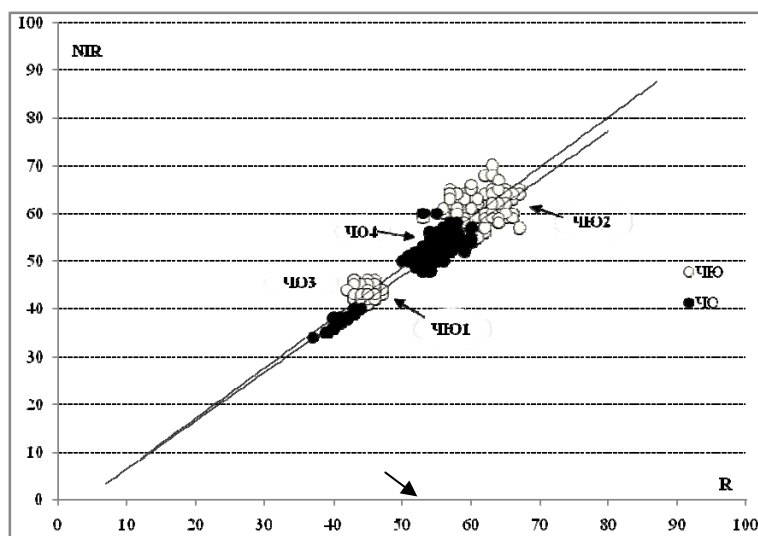


Рис. 2. Линии почв южных и обыкновенных черноземов Правобережной Украины

Анализ данных, на основании которых были построены обе линии почв, показывает, что их параметры при одинаковой подстилающей породе и гранулометрическом составе почвы зависят от сложной комбинации почвенных свойств. Во всяком случае, содержание гумуса, которое, как известно в значительной мере (Орлов, 2001; Караванова, 2003; Кравцова, 2005; Черный, 2013), определяет яркости поверхности почвы в красном и (или) ближнем инфракрасном диапазоне, не является единственной цветовой основой такой прямой. Например, выборка, на основании которой была построена линия почв для южных черноземов, распадается на два массива, скорее всего с разными свойствами почв в верхнем слое. Выборка ЧЮ1 (рис. 2) представлена модальными и эродированными черноземами южными средне- и тяжелосуглинистыми с содержанием гумуса в слое почвы 0–10 см 3,8–6,7 %. Столь большой диапазон связан с наличием почв разной степени эродированности, а также наличием намывных почв в нижних частях склонов. При этом, следует отметить, что относительно линии почв данные по выборке ЧЮ1 не разнесены, а легли достаточно кучно. В таблице 1 представлены статистические параметры рядов значений яркостей в видимых частях спектра и ближнем инфракрасном. Следует отметить, что дисперсии рядов яркостей в красном и инфракрасном частях спектра в выборке ЧЮ1 незначительные и, в частности, они намного меньше значений дисперсий в выборке ЧЮ2. То есть большой перепад в значениях содержания гумуса и, вероятно, содержания карбонатов (для эродированных почв) существенно не повлиял на СОС этих почв – они имеют меньшую яркость по сравнению с почвами выборки ЧЮ.

Вторая выборка ЧЮ2 (рис. 2) представлена солонцеватыми южными черноземами с содержанием гумуса в слое 0–10 см 2,9–3,2 %, а также наличием большого содержания натрия в ППК и воднорастворимых солей. При этом точки выборки ЧЮ2 расположены на рисунке 2 менее кучно, с большим разбросом относительно линии почв и по сравнению с выборкой ЧЮ1. Скорее всего, такой разброс определяется влиянием на СОС сложной комбинацией гумусовых параметров, солями и солонцеватостью в верхнем слое почвы.

Значения яркостей в красной и инфракрасной части спектра здесь более высокие по сравнению с данными выборки ЧЮ1. То есть, наличие солей и

солонцеватость делает поверхность почвы более светлой по сравнению с модальными и эродированными южными черноземами, невзирая на наличие среди последних увеличенного содержания карбонатов (*таблица*). При всем этом, следует отметить, что разница между значениями каждой пары яркостей статистически существенна, что подтверждается рассчитанной величиной статистики Т Стьюдента, которая значительно выше теоретических величин на всех известных уровнях значимости.

**Статистические параметры рядов наблюдений,
характеризующих яркости поверхности почв**

Канал камеры ЕТМ+ (длина волны, мкм)	Почва	Среднее (М)	Дисперсия (σ)	Ошибка среднего (m)	Статистика T _{st} [*]
Чернозем южный					
3 (0.63–0.69)	ЧЮ1	44,9	0,92	0,06	16,63
	ЧЮ2	61,6	8,09	0,94	
4 (0.75–0.90)	ЧЮ1	42,9	1,15	0,08	19,12
	ЧЮ2	61,4	7,37	0,86	
Чернозем обыкновенный					
3 (0.63–0.69)	ЧО3	40,1	3,02	4,09	18,20
	ЧО4	55,1	0,44	0,24	
4 (0.75–0.90)	ЧО3	36,2	3,17	0,47	19,29
	ЧО4	52,2	3,85	0,22	

* $T_{0,05}=1,97$; $T_{0,01}=2,60$; $T_{0,001}=3,34$.

Разброс точек с обыкновенными черноземами обусловлен тем, что почвы из выборки ЧО4 более эродированы, чем почвы выборки ЧО3. Водная эрозия приводит к смыву поверхностных слоев почвы, что вызывает постепенное снижение мощности гумусовых горизонтов, потере органического вещества. На поверхность выходят малоплодородные нижележащие генетические горизонты. Чернозем обыкновенный характеризуется хорошо дифференцированным по окраске профилем, яркости генетических горизонтов сильно различаются и, следовательно, припахивание нижележащих горизонтов приводит к осветлению поверхности почвы. Этот процесс наиболее точно будет выражен в увеличении яркости каналов, параметры которых наиболее тесно связанных с содержанием гумуса в почве – красный и ближний инфракрасный (третий и четвертый каналы камеры ЕТМ+). Что касается исследуемых данных, то, действительно, в нашем случае, разница в яркостях между выборкой ЧО3 и ЧО4 в красном и инфракрасных каналах максимальная – 15,0 и 16,0 единиц, соответственно. Это и привело к формированию двух разных массивов точек с черноземами обыкновенными относительно линии почв (рис. 2).

Следует отметить, что визуально заметна сильная схожесть линий почв обыкновенных и южных черноземов (рис. 2) между собой. Их угловые коэффициенты (β_1) отличаются на относительно небольшую величину – 0,04, а величина отрезка, который отсекается прямой линией на оси ординат (β_0) лишь на 0,17. Поэтому существует необходимость количественно проверить различие (сходство) уравнений 5 и 6 между собой.

Для этой цели была выполнена следующая процедура. Случайно подобранные аргументы, количеством в 52 значения позволили провести моделирование по этим уравнениям и получить две выборки значений NIR отдельно для южных черноземов и отдельно для обыкновенных черноземов. Затем была определена степень различия (сходства) этих выборок с помощью непараметрического критерия χ^2 . Расчеты показали, что эмпирическое значение критерия χ^2 (0,62) намного меньше его теоретических (стандартных) значений при 95 % вероятности реализации (12,59, при $v=6$). То есть, различия на заданном уровне значимости между выборками нет.

Поэтому был сделан вывод о возможности получения единой для обоих подтипов черноземов линии почв. Расчеты при $n = 752$ показали, что такая почвенная линия имеет следующие параметры: $r^2 = 0,88$, $\beta_1 = 1,01$, $\beta_0 = -2,96$, $\sigma_0 = 2,39$. Именно линия почв с такими параметрами и позволяет ее использовать для идентификации черноземов на спутниковых изображениях, и использовать полученные данные в процедурах картирования почвенного покрова, а также делать оценки неоднородности почвенного покрова.

ВЫВОДЫ

Параметры линий почв обыкновенных и южных черноземов Правобережной Украины, полученные по данным многоспектрального сканирования, которое осуществлялось камерой ЕТМ+, что находится на борту американского спутника «Ландсат-7» зависят от сложной комбинации спектральных отражательных способностей поверхности этих почв. Отражательные способности, в свою очередь, определяются такими почвенными свойствами как содержанием гумуса, карбонатов, солей, а также наличием или отсутствием солонцеватости. При этом существенной, статистически достоверной, разницы между параметрами линии почв южных черноземов и линии почв обыкновенных черноземов не обнаружено и предложено использовать единую для черноземов региона прямую.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Караванова Е. И.** Оптические свойства почв и их природа / Е. И. Караванова. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 151 с.
Karavanova, E. I., 2003, "Optical soils properties and their origin", Moscow, MGU, 151 p.
- Кравцова В. И.** Космические методы исследования почв / В. И. Кравцова. – М. : Аспект Прогресс, 2005. – 190 с.
Kravschova, V. I., 2005, "Space methods of soils research", Moscow, Aspect Progress, 190 p.
- Кириянова Е. Ю.** Линия почв как индикатор почвенного покрова / Е. Ю. Кириянова, И. Ю. Савин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8, № 4. – С. 310-318.
Kiriyanova, E. Yu., Savin, I. Yu., 2011, "Soil line as an indicator of soil cover heterogeneity", Modern problems of remote sensing to Earth from space, Vol. 8, no. 4, pp. 310–318.
- Орлов Д. С.** Спектральная отражательная способность почв и их компонентов / Д. С. Орлов, Н. И. Суханова, М. С. Розанова. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 176 с.
Orlov, D. S., Sukhanova, N. I., Rozanov, M. S., 2001, "Spectral reflectivity of soils and their components", Moscow, MGU, 176 p.
- Черный С. Г.** Мониторинг гумусового состояния чернозема южного с использованием многоспектральных снимков спутника Landsat 7 / С. Г. Черный, Д. А. Абрамов // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 1 (50). – С. 97-105.
Chorny, S. G., Abramov, D. A., 2013, "The humus condition monitoring of chernozem southern with using multispectral satellite image Landsat-7", Soil science and agrochemistry, no. 1 (50), pp. 97–105.
- Baret, F., Jacquemoud, S., Hanocq, J. F., 1993,** "About the soil line concept in remote sensing", *Adv. Space Res.*, no. 5, pp. 281–284.
- Demattê, J. A. M., Huete, A. R., Nanni, L. M. R., Alves, M. C., Fiorio, P. R., 2009,** "Methodology for bare soil detection and discrimination by Landsat TM image", *The open remote sensing journal*, no. 2, pp. 24–35.
- Fox, G. A., Sabbagh, G. J., 2002,** "Estimation of soil organic matter from red and near-infrared remotely sensed data using a soil line Euclidean distance technic", *Soil Sci. Soc. Am. J.*, no. 66, pp. 1922–1928.
- Galvao, L. S., Vitorello, I., 1998,** "Variability of laboratory measured soil lines of soils from southeastern Brazil", *Remote Sens. Environ.*, no. 63, pp. 166–181.
- Garey, A., Fox, G. A., Sabbagh, G. J., Searcy, S. W., Yang, C., 2004,** "An Automated Soil Line Identification Routine for Remotely Sensed Images", *Soil Sci. Soc. Am. J.*, no. 68, pp. 1326–1331.
- Huete, A. R., Jackson, R. D., Post, D. F., 1984,** "Soil spectral effects on 4-space vegetation discrimination", *Remote Sens. Environ.*, no. 15, pp. 155–165.

Стаття надійшла в редакцію: 10.05.2013

Рекомендує до друку: д-р с.-г. наук, проф. М. Є. Опанасенко

DISCUSSIONS



S. M. Pol'chyna¹

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

V. A. Nikorych¹

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

W. Szymański²

Cand. Sci. (Geogr.), Adjunct

UDK 631.472.61

¹*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
Chernivtsi, Ukraine,*

e-mail: fampol@mail.ru

²*Jagiellonian University, Krakow, Poland*

PROPOSALS TO IMPROVE DESIGNATION SYSTEM OF ILLUVIAL SOIL HORIZONS

Abstract. Problems of actual designation of illuvial genetic horizons in Ukrainian soil science were analyzed.

It was found that the current system does not reflect all the subtleties of illuvial horizon and it is not in accordance with the current trends in international soil science. On the basis of the brown-podzolic gleyed soils of the Precarpathians, which are being studied for along time, it is stated that modification of designation is very necessary. Possible schemes of these soil profiles, taking into account of their morphogenetic variability, are offered for discussion. In addition it is proposed for discussion system of designation of illuvial horizons, which will take into consideration not only their illuvial character, but also kind of illuvial material. It is recommended the necessity of updating system of designation of illuvial horizons using superscript, which indicate their origin:

I^t – argic (texture);

$I^{fe,al}$ – spodic;

I^h – sombric;

I^k – calcic;

SI (or I^n) – natric.

The authors hope that the proposed debate will be continued and this paper will encourage discussion about this problem in the Ukrainian national soil science community.

Keywords: illuvial horizons, horizons indexing standards, brownish-podzolic soils.

УДК 631.472.61

С. М. Польчина¹

д-р биол. наук, доц.

В. А. Никорич¹

канд. биол. наук, доц.

В. Шиманский²

канд. геогр. наук, доц.

¹*Черновицкий национальный университет*

им. Ю. Федьковича, г. Черновцы, Украина,

e-mail: fampol@mail.ru

²*Ягеллонский университет, г. Краков, Польша*

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ ИНДЕКСАЦИИ ИЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ГОРИЗОНТОВ

Проанализировано состояние проблемы индексации иллювиальных генетических горизонтов в украинском почвоведении и выявлено, что существующая система не отражает

© S. M. Pol'chyna, V. A. Nikorych, W. Szymański, 2013

всех тонкостей их природы и отстает от современных тенденций развития почвенной науки в мире. На основании обзора современных систем индексации горизонтов рекомендованы индексы, применение которых решает данную проблему.

Ключевые слова: иллювиальные горизонты, стандарты индексации горизонтов, буровато-подзолистые почвы.

УДК 631.472.61

С. М. Польшина¹

д-р біол. наук, доц.

В. А. Нікорич¹

канд. біол. наук, доц.

В. Шиманський²

канд. геогр. наук, доц.

¹Чернівецький національний університет

ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна,

e-mail: fatpol@mail.ru

²Ягеллонський університет, м. Краків, Польща

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ІНДЕКСАЦІЇ ІЛЮВІАЛЬНИХ ҐРУНТОВИХ ГОРИЗОНТІВ

Проаналізовано стан проблеми індексації ілювіальних генетичних горизонтів в українському ґрунтознавстві та виявлено, що існуюча система не відображає всіх тонкощів їх природи і відстає від сучасних тенденцій розвитку ґрунтознавчої науки в світі. На основі огляду сучасних систем індексації горизонтів рекомендовані індекси, застосування яких вирішує дану проблему.

Ключові слова: ілювіальні горизонти, стандарти індексації горизонтів, буровато-підзолисті ґрунти.

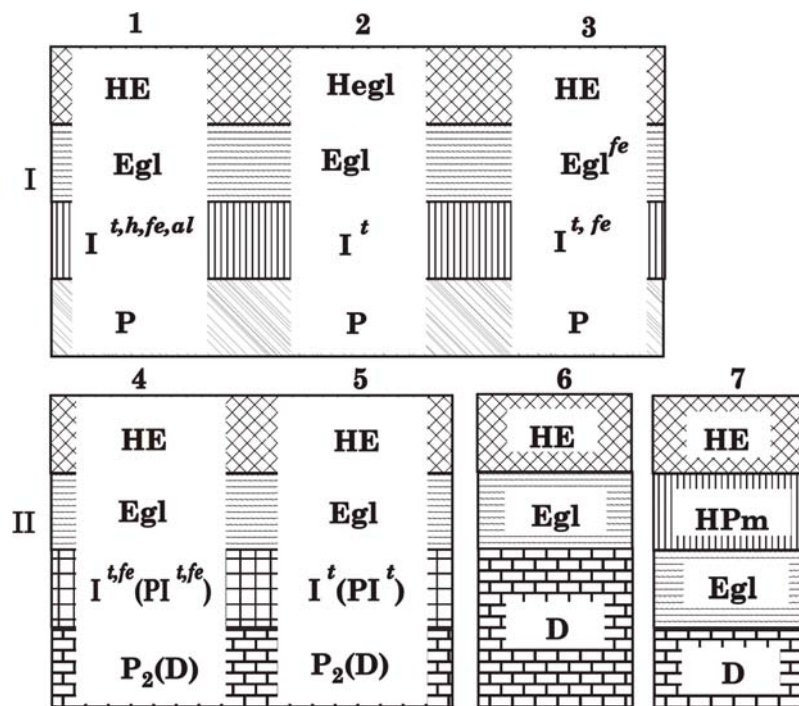
ВСТУП

Точна, логічна та уніфікована система індексації генетичних ґрунтових горизонтів є важливою складовою першого етапу діагностики ґрунтів – їх макроморфологічного опису. Тому створенню та розвитку такої системи завжди приділялась велика увага, починаючи з часів В. В. Докучаєва, який першим застосував індексацію горизонтів ґрунтів (в першу чергу – чорноземів), що потім використовувалась для позначення горизонтів інших типів ґрунтів, інтенсивно розвивалась та удосконалювалась протягом сторіччя (Полынов, 1929; Розанов, 2004). Необхідно відмітити, що в Україні автономно створена О. Н. Соколовським оригінальна система індексації, яка відрізнялась від російської більшою, на нашу думку, логічністю, і тому успішно та активно використовувалась для позначення горизонтів всіх ґрунтів на території України (Соколовский, 1956; Методика крупномасштабного дослідження..., 1958), особливо після її часткової модифікації в 80-х роках минулого століття (Полевой определитель почв, 1981). Система виявилась настільки вдалою, що її елементи (як то позначення елювіальних, оглеєного та деяких інших горизонтів) введені не тільки в ряд національних індексацій інших країн, а й в міжнародні системи (IUSS Working Group WRB, 2007; Marcinek, 2012; Soil Taxonomy, 1999; Классификация и диагностика..., 2004). Однак, з розвитком ґрунтознавства, систем класифікацій ґрунтів, які на світових теренах все більше схилиються до субстантивно-генетичного принципу, в міру нагромадження нових даних про генезис та властивості ґрунтів, виявляються деякі недоліки та неповноти української системи індексації. На нашу думку, це особливо стосується індексації ілювіальних горизонтів ґрунтів. Про важливість саме серединних горизонтів (особливо ілювіальних) для діагностики ґрунтів наголошується в більшості сучасних класифікаційних систем (Gerasimova, 2013).

Обґрунтувати необхідність такої модифікації можна, зокрема, на основі результатів багаторічного системного дослідження нами генези та властивостей профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття, відомих науковому загалу як,

переважно, бурувато-підзолисті оглеєні ґрунти. В процесі вивчення даних ґрунтів ми зіткнулися, насамперед, з проблемою використання індексів для ілювіальних горизонтів – індексів, які засвідчували б не тільки їх ілювіальний характер, але й природу ілювіювання.

На основі власних досліджень та аналізу літературних даних (Польчина, 2013) нами спроектовані ймовірні схеми будови профілів вказаних ґрунтів із врахуванням варіацій їх генетичної природи (рисунок).



Імовірні схеми морфо-генетичної організації
бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів:

I – на однорідній материнській породі;
II – на двочленній материнській породі;
1–7 – процесні типи

1. Процесний тип глеє-підзолисті ґрунти (відомі в літературі як вторинні псевдоглеї) – відрізняються оглеєнням верхніх горизонтів з ілювіальною акумуляцією в горизонті I незруйнованих тонкодисперсних мінеральних часток і аморфних сполук гумусу й (або) заліза й алюмінію, коли поверхнєве оглеєння є наслідком текстурної диференціації профілю при підзолизації.

2. Процесний тип глеє-обезмулені ґрунти (відомі в літературі як вторинні псевдоглеї; глеєві псевдопідзоли) – характеризуються ілювіальною акумуляцією в горизонті I незруйнованих тонкодисперсних мінеральних часток, коли поверхнєве оглеєння є наслідком текстурної диференціації профілю при обезмулюванні (лесиважу).

3. Процесний тип вибілені ґрунти (відомі в літературі як глеє-ілювіальні, підбіли, стагносолі WRB) – ґрунти з ілювіальною акумуляцією в горизонті I тонкодисперсних мінеральних часток і аморфних сполук заліза при сегрегації його в горизонті E в умовах різкопульсуючого окисно-відновного режиму у верхній частині профілю.

4. Процесний тип підзолисті контактено-оглеєні ґрунти (відомі в літературі як вторинні псевдоглеї) – мають у горизонті I ілювіальну акумуляцію тонкодисперсних мінеральних часток та аморфних сполук заліза й алюмінію при збігу горизонту I з вихідним важчим шаром ґрунтоутворювальної породи.

5. Процесний тип обезмулені контактнo-оглеєні ґрунти (відомі в літературі як вторинні псевдоглеї) – характеризуються ілювіальною акумуляцією в горизонті І тонкодисперсних мінеральних часток при збігу горизонту І з вихідним важчим шаром ґрунтоутворювальної породи.

6. Процесний тип двочленні контактнo-оглеєні ґрунти (відомі в літературі як первинні псевдоглеї) – мають контактнo-оглеєний горизонт Egl на межі з важчою підстилаючою породою, яка не має ознак горизонту І.

7. Процесний тип двочленні контактнo-оглеєні буроземи (первинні) – профільно-диференційовані кислі сіалітні ґрунти типу буроземів, що характеризуються контактним оглеєнням нижче горизонту HPm (структурного горизонту) на межі з важчою підстилаючою породою, яка не має ознак горизонту І.

Отже, в ґрунтах складної генези формування ілювіальних генетичних горизонтів може бути результатом елювіально-глеєвого процесу, лесиважу, підзолизації в класичному розумінні її як альфегумусового процесу, а також відбілювання на легких материнських породах. Очевидно, що в наукових (та й навчальних) публікаціях ці особливості повинні знайти своє відображення.

Будь-яка система індексації має на меті полегшення сприйняття інформації та практичність її запису. Не менш важлива роль у її комунікаційних можливостях, особливо на міжнародному рівні. Тому модифікувати національну систему взагалі, чи її елементи, як наприклад, індексацію ілювіальних горизонтів, неможливо без вивчення світового досвіду.

Нами проаналізовано стан питання в деяких національних ґрунтознавчих школах (в російській також в історичному аспекті) та в міжнародній загальновизнаній системі класифікації та діагностики ґрунтів. Результати порівняльного аналізу наведені в таблиці.

Порівняльна таблиця різних систем індексації ілювіальних горизонтів

Системи							Назва
I	II	III	IV	V	VI	VII	
B	B	B	B	B	B	I	ілювіальний (загалом)
–	BI	BI, BT	Bt	Bt	Bt	–	глинисто-ілювіальний (син. текстурний, арджиковий)
–	BFe	BFM	Bs	–	–	–	залізисто-ілювіальний (син. сподіковий)
–	Bh	BH	Bh	Bh	Bh	–	гумусово-ілювіальний (син. сомбріковий)
		BHF		Bs чи Bhs чи Bhfe	Bs чи Bhs		ілювіально-гумусово-залізистий (син. – альфегумусовий, сподіковий)
–	Bna	SN	Bn	–	Bn	SI	солонцевий
–	BCa	BCA	k	Bk	Bk	–	карбонатно-ілювіальний
–	BSa	S	z	–	–	–	ілювіально-сольовий
–	Bcs	–	y	–	–	–	ілювіально-гіпсовий

I – Ґрунтового інституту ім. В. В. Докучаєва (Классификация и диагностика..., 1977); II – В. А. Ковди та ін. (Розанов, 2004); III – сучасна російська індексація (Классификация и диагностика..., 2004); IV – USDA Soil Taxonomy (Soil Taxonomy, 1999); V – польська (Marcinek, 2012); VI – WRB (IUSS Working Group WRB, 2007); VII – українська (Полевой определитель почв, 1981)

Порівняльний аналіз засвідчує, що в останні десятиріччя більшість національних шкіл, як і міжнародне ґрунтознавство в цілому, диференціює ілювіальні горизонти за їх природою. В історичному аспекті диференціація ілювіальних горизонтів та їх індексів добре простежується в російській школі – від спрощеного єдиного індексу B до надто детальної і, на нашу думку, ускладненої сучасної системи. Щодо української індексації, то слід зазначити, що на початкових

стадіях розвитку вона була прогресивною, оскільки дозволяла виділяти два різні за природою ілювіальні горизонти: власне ілювіальний та солонцевий. Але в наш час система не розвивається і далека від світових тенденцій. Ця ситуація стосується загалом розвитку системи індексації, а не тільки ілювіальних горизонтів. Аналогічна проблема існує з характером елювіальних горизонтів та його відображенням в індексах, абсолютно не розроблена система антропогенно-трансформованих та штучних горизонтів тощо. Аналіз останніх публікацій (зокрема, в журналі «Грунтознавство») засвідчує, що навіть традиційні для нашої науки індекси використовуються безсистемно – подекуди в українських авторів зустрічаються архаїчні індекси А, В, С, нехтується правило першочерговості в позначенні домінуючої ознаки генетичних горизонтів великою літерою, трапляються позначення горизонтів тільки маленькими літерами тощо.

Тому на першому етапі систематизації та уніфікації індексів генетичних горизонтів пропонуємо поповнити індексацію ілювіального горизонту надстроковим індексом, який вказуватиме на його походження: I' – ілювіально-глинистий (текстурний); $I^{fe,al}$ – ілювіально-ферумовий (альфегумусовий, сподіковий); I^h – ілювіально-гумусовий (сомбріковий); I^k – ілювіально-карбонатний. Вважаємо за доцільне залишити без змін тільки традиційне для українського ґрунтознавства позначення солонцевого горизонту символом SL, і як можливий варіант при необхідності для міжнародної комунікації означати його I'' .

Запропонована стилістика індексації наблизить запропоновану систему до міжнародної, полегшить інтернаціональне взаєморозуміння та зробить саму систему доступною для іноземних вчених без кореляційних таблиць.

Чому саме надстроковим індексом? У вітчизняній системі малі букви біля основного індексу (так склалось історично і загалом вважається прогресивним) фіксують слабкий ступінь розвитку тієї чи іншої ознаки або ознаку, властиву перехідному горизонту – тобто мала буква (яка застосовується в міжнародних підходах для позначення природи ілювіального горизонту) вже зарезервована. Підстроковий індекс часто використовують для позначення порядкового номеру підгоризонтів (H_1 , T_2 тощо). Вільним залишається надстроковий індекс – тому саме у такому вигляді логічно вказувати природу того чи іншого горизонту. Таке доповнення великою мірою вирішувало би й інші проблеми індексації. Наприклад, в одній із останніх публікацій (Горбань, 2012) еоловий характер гумусового горизонту позначений так Неол. Доцільніше було б *eol.* зобразити у вигляді надстрокового індексу – і тоді проблема однозначного читання позначення вказаного горизонту була б вирішена.

Отже, назріла проблема модифікації індексації генетичних горизонтів ґрунтів потребує нагального вирішення у світлі сучасних світових тенденцій. Сподіваємося, що дана публікація буде стимулювати обговорення даного питання у вітчизняному ґрунтознавчому співтоваристві.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Горбань В. А. Фізико-хімічні властивості еолових відкладів та едафотопів лісових культурбіогеоценозів Асканії-Нова / В. А. Горбань // Грунтознавство. – 2012. – Т. 13, № 3-4. – С. 32-39.

Gorban, V. A., 2012, "Physicochemical properties of eolian deposits and forest artificial biogeocenosis edaphotopes of Askania-Nova", *Gruntoznavstvo*, 13, no. 3-4, pp. 32-39.

Классификация и диагностика почв России. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.

"Classification and diagnosis of Russian soils", 2004, Smolensk, Oikumena, 342 p.

Классификация и диагностика почв СССР. – М. : Колос, 1977. – 123 с.

"Classification and diagnosis of soil of USSR", 1977, Moscow, Kolos, 123 p.

Методика крупномасштабного дослідження ґрунтів колгоспів і радгоспів Української РСР / О. М. Грінченко, Г. С. Гринь, М. К. Крупський та ін. – Х. : Держсільгоспвидав УРСР, 1958. – 485 с.

"Technique of large-scale studies of soil collective and state farms of the Ukrainian

SSR", 1958, O. M. Grinchenko, G. S. Grin, M. K. Krupsky, Kharkov, Derzhsilhospyvdav USSR, 485 p.

Полевой определитель почв / под ред. Н. И. Полупана, Б. С. Носко, В. П. Кузьмичева. – К. : Урожай, 1981. – 320 с.

"Field Soil's determinant", 1981, ed. N. I. Polupan, B. S. Nosko, V. P. Kuz'michev, Kyiv, Urozhai, 320 p.

Полевой определитель почв России. – М. : Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2008. – 182 с.

"Field determinant of Russia Soils", 2008, Moscow, V. V. Dokuchaev Soil Institute, 182 p.

Полынов Б. Б. О генетических почвенных горизонтах / Б. Б. Полынов // Русский почвовед. – 1929. – № 1-2. – С. 79-83.

Polynov, B. B., 1929, "About the genetic soil horizons", Russian soil scientist, no. 1-2, pp. 79-83.

Польчина С. М. Процесна оцінка профільно-диференційованих оглеєних ґрунтів Передкарпаття / С. М. Польчина // Вісник Львівського університету. Сер. географічна. Вип. 44. – Львів : Вид-во ЛНУ, 2013. – С. 295-300.

Pol'chyna, S. M., 2013, "Process evaluation of profile-differentiated gleyed soils of the Precarpathians", Bulletin of Lviv University.

Geographical Series, 44, Lviv, Publishing House of Lviv National University, pp. 295-300.

Розанов Б. Г. **Морфология почв** / Б. Г. Розанов. – М. : Академический проект, 2004. – 432 с.

Rozanov, B. G., 2004, "Morphology of the soil", Moscow, Academic Project, 432 p.

Соколовский А. Н. Сельскохозяйственное почвоведение / А. Н. Соколовский. – М. : Сельхозгиз, 1956. – 328 с.

Sokolowsky, A. N., 1956, "Agricultural soil science", Moscow, Sel'khozgiz, 328 p.

Gerasimova, M. I., Lebedeva, I. I., Khitrov, N. B., 2013, "Soil Horizon Designation: State of the Art, Problems, and Proposals", Eurasian Soil Science, 46, no. 5, pp. 599-609.

IUSS Working Group WRB, 2007, World Reference Base for Soil Resources, 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports. no. 103. FAO, Rome. 116 p.

Marcinek, J., Komisarek, J., Bednarek, R., Mocek, A., Skiba, S., 2011, "Systematyka Gleb Polski", Wydanie 5, Roczniki Gleboznawcze, 62 (3), pp. 1-193.

Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making interpreting soil surveys (1999). Second edition. Agric. Handbook 436. Washington, DC, USDA, NRCS. 871 p.

Стаття надійшла в редакцію: 02.09.2013

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

REVIEWS



A. P. Travleyev

Corresponding member
of NAS Ukraine,
Dr. Sci. (Biol.), Professor
Cand. Sci. (Biol.), Assos. Prof.

V. A. Gorban

UDK 631.459

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Dnipropetrovsk, Ukraine,
e-mail: bnaitap@i.ua*

**Lisetskii F. N., Svetlitchnyi A. A., Chornyy S. G. Recent developments
in erosion science. – Belgorod : Konstanta, 2012. – 456 p.**

Abstract. The monograph “Modern problems on erosion science” was published in 2013 by well-known specialists in the field of water erosion of soil. In the work the features of the use of mathematical modeling in the calculation and forecasting of erosive soil loss under clearly expressed nonstationarity of stormwater alluvion formation process are considered including the application of modern geoinformational technologies. The analysis of research and modeling of spatial and temporal structure of the sloping land soil cover in the manifestation of water erosion is given. The evaluation and rationing of hydrometeorological (climate), soil and agrotechnical water erosion factors are presented. The developed by the authors methods of optimization the use of erosive dangerous lands are proposed.

The paper is characterized by original exposition and analysis of the latest domestic and foreign factual data, obtained using the advanced methods of research in the field of water soil erosion. In the monograph the attention is paid to the study, protection and management of chernozem soils. Thus, the work is an example of the full and new study of processes of water erosion on the basis of conceptual positions of modern Erosion Science.

Key words: *water soil erosion, Erosion Science, conceptual positions, modeling, management.*

УДК 631.459

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, м. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: bnaitap@i.ua*

**Лисецький Ф. М. Сучасні проблеми ерозієзнавства / Ф. М. Лисецький,
О. О. Світличний, С. Г. Чорний. – Белгород : Константа, 2012. – 456 с.**

Відомими спеціалістами в галузі дослідження водної ерозії ґрунтів Ф. М. Лисецьким, О. О. Світличним та С. Г. Чорним у 2013 році видано монографію «Сучасні проблеми ерозієзнавства». В роботі детально розглядаються особливості використання математичного моделювання при розрахунках та прогнозах ерозійних втрат ґрунту в умовах яскраво

© A. P. Travleyev, V. A. Gorban, 2013

вираженої нестационарності процесу наносоутворення, в тому числі з використанням сучасних геоінформаційних технологій. Наводиться аналіз досліджень та моделювання просторово-часової структури ґрунтового покриву схилів земель в умовах проявлення водної ерозії. Представлено оцінку та нормування гідрометеорологічного (кліматичного), ґрунтового та агротехнічного факторів водної ерозії. Пропонуються розроблені авторами методи оптимізації використання ерозійно небезпечних земель.

Робота відрізняється оригінальним викладенням та аналізом найсучаснішого вітчизняного та світового фактичного матеріалу, отриманого з використанням передових методів дослідження в галузі водної ерозії ґрунтів. В монографії значна увага приділяється питанню дослідження, охорони та раціонального використання чорноземних ґрунтів. Таким чином, робота є прикладом всебічного та нового дослідження процесів водної ерозії ґрунтів на основі концептуальних положень сучасного ерозієзнавства.

Ключові слова: водна ерозія ґрунтів, ерозієзнавство, концептуальні основи, моделювання, раціональне використання.

А. П. Травлев

чл.-кор. НАН України,

д-р біол. наук, проф.

В. А. Горбань

канд. біол. наук, доц.

Днепропетровский национальный университет

им. О. Гончара, г. Днепропетровск, Украина,

e-mail: bnaitap@i.ua

Лисецкий Ф. Н. Современные проблемы эрозиоведения / Ф. Н. Лисецкий, А. А. Светличный, С. Г. Черный. – Белгород : Константа, 2012. – 456 с.

Известными специалистами в области исследования водной эрозии почв Ф. Н. Лисецким, А. А. Светличным и С. Г. Черным в 2013 году издана монография «Современные проблемы эрозиоведения». В работе детально рассматриваются особенности использования математического моделирования при расчете и прогнозе эрозионных потерь почвы в условиях ярко выраженной нестационарности процесса ливневого наносообразования, в том числе с применением современных геоинформационных технологий. Дается анализ исследований и моделирования пространственно-временной структуры почвенного покрова склоновых земель в условиях проявления водной эрозии. Приводится оценка и нормирование гидрометеорологического (климатического), почвенного и агротехнического факторов водной эрозии. Предлагаются разработанные авторами методы оптимизации использования эрозионно опасных земель.

Работа отличается оригинальным изложением и анализом новейшего отечественного и зарубежного фактического материала, полученного с использованием передовых методов исследования в области водной эрозии почв. В монографии пристальное внимание уделяется вопросу исследования, охраны и рационального использования черноземных почв. Таким образом, работа является примером всестороннего и нового изучения процессов водной эрозии почв на основе концептуальных положений современного эрозиоведения.

Ключевые слова: водная эрозия почв, эрозиоведение, концептуальные основы, моделирование, рациональное использование.

В настоящее время во всем мире наблюдается интенсификация эрозионных процессов почвенного покрова. В 70–80-е годы XX столетия М. Н. Заславским было предложено выделение нового научного направления – эрозиоведения, основной задачей которого было углубить исследования водной эрозии почв.

В 2012 г. была издана монография «Современные проблемы эрозиоведения», авторами которой являются известные ученые Украины и России в области исследования процессов водной эрозии – С. Г. Черный, А. А. Светличный и Ф. Н. Лисецкий.

Рецензируемый труд посвящен современным и важным методологическим, методическим и прикладным вопросам эрозиоведения. В работе представлены

результаты многолетних исследований процессов водной эрозии почв, определены и разработаны новые подходы к математическому моделированию эрозионных и почвообразовательных процессов, прогнозу и рекомендаций по рациональному использованию подверженных эрозии земель, которые основываются на значительном отечественном и мировом опыте. Приведены и обоснованы решения задач прикладного эрозиоведения с использованием современных геоинформационных технологий. Монография весьма полезна для эрозиоведов, почвоведов, географов, экологов, специалистов в области землеустройства и охраны земель.

Во введении монографии «Современные проблемы эрозиоведения» рассматриваются масштабы и особенности проявления процессов водной эрозии как на всей планете, так и на территории Украины, России и других стран СНГ.

В главе 1 «Эрозия почв и эрозиоведение» рассматривается взаимоотношение эрозии почв и деградационных процессов в агроландшафтах, виды водной эрозии и ее последствий. Как известно, эрозия приводит к ухудшению качества почв, а в некоторых катастрофических случаях является причиной их полного разрушения. Кроме этого, эрозия является одной из основных причин развития процесса опустынивания. Действуя в совокупности, эти факторы приводят к значительному ежегодному снижению площади земель, пригодных для использования под выращивание сельскохозяйственной продукции. В некоторых странах процессы эрозии охватывают огромные территории, принося значительные финансовые потери и ставя под угрозу национальную безопасность. Также в данной главе рассматривается современная классификация водной эрозии почв и ее последствий. Кроме этого подчеркивается, что эрозия почв является одной из составляющей единого эрозионно-аккумулятивного процесса, учение о котором разработано Н. И. Маккавеевым. Как отмечают авторы, водная эрозия приводит к изменению свойств почв (дегумификации, карбонизации эродированных почв и деградации почвенной биоты), развитию овражной эрозии, уменьшению продуктивности почв, изменению состояния гидрографической сети.

Глава 2 «Почвы склоновых земель в условиях проявления водной эрозии» посвящена рассмотрению особенностей почвообразования на склонах. Приводится современная классификация эродированных или смытых почв, которая базируется на различных методологических подходах к этому вопросу. Значительное внимание уделяется проблеме градуировки эталонов, которые используются при установлении степени эродированности почв. Рассматриваются особенности профильного распределения параметров почвенного плодородия и закономерности их изменения под влиянием процессов эрозии. Кроме этого, приводится аналитическая оценка распределения плодородия по профилю различных генетических типов почв, преимущественно черноземных и темно-каштановых.

В главе 3 «Проблемы методологии и методики исследований водной эрозии» детально рассматривается использование ландшафтного подхода в эрозиоведении. Кроме этого, в данной главе приводятся особенности физического, математического и имитационного моделирования при исследовании процессов водной эрозии. Особый интерес вызывает современный и актуальный материал, посвященный использованию геоинформационных технологий и дистанционных методов в эрозиоведении, которые в настоящий момент отличаются быстрыми темпами развития.

Глава 4 «Математическое моделирование водной эрозии» посвящена углубленному рассмотрению использования данного типа моделирования в почвоведении. В частности, рассматриваются существующие математические модели водной эрозии, поднимается вопрос об их классификации. Особое внимание уделяется эмпирическим моделям смыва почвы, которые авторы делят на формально-статистические и физико-статистические. К последним относятся модели,

в основе которых лежат универсальное уравнение потерь почвы США и формула смыва, логико-математическая модель поверхностного смыва почвы.

Рассмотрению эмпирических моделей эрозионных процессов посвящена глава 5 «Совершенствование эмпирических моделей эрозионных потерь почвы». В данной главе рассматриваются основные принципы совершенствования моделей эрозионных потерь почвы представленного типа. Приводится анализ особенностей склоновой морфометрии в условиях интенсивного проявления водной эрозии, изменения интенсивности смыва почвы по длине склона. Подчеркивается важность в моделях смыва учитывать не только непосредственно процесс самого смыва, но также и процесс аккумуляции почвенного материала. В главе приведены результаты совершенствования авторами логико-математической модели смыва почвы. Особый интерес вызывает материал, посвященный пространственной реализации моделей смыва почвы с применением современных технологий географических информационных систем.

В главе 6 «Методологические и методические проблемы оценки факторов эрозионного процесса» основное внимание уделено пространственно-временным изменениям гидрометеорологического фактора ливневой эрозии почв и пространственно-временным изменениям противоэрозионной стойкости почв. В первом случае рассматривается суть гидрометеорологического фактора ливневого смыва почвы, вопросы методики его оценки. Также на примере Юга Украины детально рассматриваются методики и результаты оценки и картографирования нормы гидрометеорологического фактора ливневой эрозии. Особенно интересен материал, посвященный анализу влияния изменений климата на процесс ливневой эрозии. Во втором случае рассматриваются дефиниции и методы определения противоэрозионной стойкости почв, ее особенности, характерные для Лесостепи и Степи Украины, зависимость противоэрозионной стойкости от свойств почвы. Важное место занимает установление связи между показателями противоэрозионной стойкости, определенной различными способами. Кроме этого, рассматривается внутригодовая динамика, динамика под влиянием сельскохозяйственного использования, в том числе и ее пространственные аспекты. Особое внимание уделяется противоэрозионной стойкости орошаемых почв.

Глава 7 «Оценка противоэрозионной эффективности почвозащитных мероприятий» посвящена решению вопросов оценочных показателей способов защиты почвы от эрозии. Также уделяется внимание методологическим подходам к обобщению получаемых эмпирических данных. Рассматривается эффективность агротехнических приемов, направленных на защиту почвы. Отдельно обсуждается необходимость учета эффективности почвозащитных мероприятий при расчетах нормы смыва различных почв.

В главе 8 «Оценка эрозионной опасности земель» рассматривается само понятие «эрозионная опасность земель», ее балльные методы оценки. Особое место занимает представление методов оценивания эрозионной опасности, которые базируются на существующих математических моделях водной эрозии, обсуждение перспектив применения современных технологий геоинформационных систем при оценке и картографировании эрозионной опасности почв.

Глава 9 «Оптимизация землепользования на основе допустимых норм эрозии» посвящена всестороннему обсуждению такого важного понятия, как «допустимые нормы эрозии». В частности, рассматриваются основные подходы к определению данного понятия, а также его современная трактовка в научной литературе. Детально рассматриваются особенности основных методов определения допустимых норм эрозии, которые авторы делят на: экспертные оценки, определение по свойствам корнеобитаемого слоя, определение на основе оценки скоростей почвообразования, определение как функции мощности почв, определение на основе изменения продуктивности почв. Кроме этого, представлены некоторые особенности

определения допустимых норм эрозии на примере степной зоны Украины. В частности, рассматриваются основные функции почвы и допустимых норм эрозии, методологические основы оценки на основе почвенно-хронологических исследований, базовая математическая модель, нормативы для агроландшафтов в этих условиях. Также значительное внимание уделяется влиянию орошения на величину допустимых норм эрозии, а также на процесс восстановления почв. В конце главы подводятся итоги и перспективы по исследованию допустимых норм эрозии почв.

Глава 10 «Оптимизация использования эрозионно опасных земель на основе модели рационального использования возобновляемых ресурсов» посвящена основам рационального использования земель, которые подвергаются воздействию водной эрозии. Авторы вполне справедливо рассматривают почвы как условно возобновляемые природные ресурсы, не забывая при этом, что при достижении в некоторых случаях критического состояния почвы становятся невосстанавливаемым природным ресурсом. Рассматриваются концептуальные основы рационального использования эрозионно опасных земель. Приводится логико-математическая модель оптимизации и сценарии использования почвенных ресурсов. В окончании главы рассматриваются современные компьютерные технологии обоснования почвоводоохранной организации агроландшафтов.

В заключении рассматривается математическое моделирование, расчет и прогноз эрозионных потерь почвы в условиях ярко выраженной нестационарности процесса ливневого наносообразования, в том числе, с использованием современных геоинформационных технологий; исследование и моделирование пространственно-временной структуры почвенного покрова склоновых земель в условиях проявления водной эрозии; оценка и нормирование гидрометеорологического (климатического), почвенного и агротехнического факторов водной эрозии, а также разработка методов оптимизации использования эрозионно опасных земель.

Таким образом, монография хорошо известных ученых в области эрозиоведения является актуальной, когда часто не уделяется должного внимания почвенным ресурсам и их охране.

Монография «Современные проблемы эрозиоведения» еще раз обращает наше внимание на необходимость рачительного, хозяйственного, рационального и бережного отношения к такому бесценному природному ресурсу, которым является почва.

В монографии изложен новейший материал, современные методологические и методические подходы к изучению водной эрозии почв. Рассматривается применение в практических целях таких технологий, как компьютерное моделирование, геоинформационные системы, дистанционные исследования.

Монография является примером всестороннего и нового изучения процессов водной эрозии почв на основе концептуальных положений современного эрозиоведения. Рецензируемый труд Ф. Н. Лисецкого, А. А. Светличного и С. Г. Черного является не только монографическим сочинением, но также и великолепным учебным пособием для средних специальных и высших учебных заведений как Украины, так и смежных стран СНГ.

REVIEWS



A. V. Ivashov

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.95:631.618

*Taurida National V. I. Vernadsky University,
Simferopol, AR Crimea, Ukraine,
e-mail: aivashov@mail.ru*

**Demidov A. A., Kobets A.S., Gritsan Yu. I., Zhukov A. V.
Spatial agroecology and land recultivation. –
Dnipropetrovsk, 2013. – 560 p.**

Abstract. The monograph “Spatial agroecology and land recultivation” is devoted to the study of patterns of spatial organization of agroecosystems. The study of plant communities in the dumps at open mining in the Nikopol manganese ore basin was performed. It was found that the major source of environmental information on the nature of cultures of biogeocenosis that is formed in the process of restoration can be obtained on the basis of the ecomorphic analysis of vegetation according to A. L. Bellegarde. It should be noted that it is very effective to spread ideas of ecomorphic analysis on animal community. For the first time a high level of biological diversity of soil invertebrate communities of reclaimed areas and their spatial heterogeneity have been investigated.

Keywords: spatial agroecology, land recultivation, biogeocenosis, heterogeneity.

УДК 631.95:631.618

А. В. Івашов

д-р біол. наук, проф.

*Таврійський національний університет
ім. В. І. Вернадського, м. Сімферополь,
АР Крим, Україна,
e-mail: aivashov@mail.ru*

**Демидов О. А. Просторова агроекологія та рекультивация земель /
О. А. Демидов, А. С. Кобець, Ю. І. Грицан, О. В. Жуков. –
Дніпропетровськ, 2013. – 560 с.**

В монографії, що рецензується «Просторова агроекологія та рекультивация земель» проведено вивчення рослинних угруповань на відвалах за відкритого видобутку корисних копалин у Нікопольському марганцеворудному басейні. Встановлено, що, ґрунтуючись на екоморфічному аналізі рослинності за О. Л. Бельгардом, можна отримати важливе джерело екологічних відомостей про природу культурбіогеоценозу, який формується в процесі рекультивациі. Відзначено, що досить результативним є поширення ідей екоморфічного аналізу і на тваринне населення. Уперше виявлено високий рівень біологічного різноманіття угруповань ґрунтових безхребетних на рекультивованих територіях та їх просторової неоднорідності.

Ключові слова: просторова агроекологія, рекультивация земель, біогеоценоз, неоднорідність.

© A. V. Ivashov, 2013

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2013. Vol. 14, no. 3–4

125

А. В. Ивашов д-р биол. наук, проф.
Таврический национальный университет
им. В. И. Вернадского, г. Симферополь,
АР Крым, Украина,
e-mail: aivashov@mail.ru

Демидов А. А. Пространственная агроэкология и рекультивация земель /
А. А. Демидов, А. С. Кобец, Ю. И. Грицан, А. В. Жуков. –
Днепропетровск, 2013. – 560 С.

В рецензируемой монографии «Пространственная агроэкология и рекультивация земель» проведено изучение растительных сообществ на отвалах при открытой добыче полезных ископаемых в Никопольском марганцеворудном бассейне. Установлено, что, основываясь на экоморфическом анализе растительности по А.Л. Бельгарду, можно получить важный источник экологических сведений о природе культурбиогенноценоза, который формируется в процессе рекультивации. Весьма результативным является распространение идей экоморфического анализа и на животное население. Впервые установлен высокий уровень биологического разнообразия сообществ почвенных беспозвоночных рекультивируемых территорий и их пространственной неоднородности.

Ключевые слова: *Quercus, насекомые-филлофаги, консорты, дендропарк, Аскания-Нова.*

Монография «Пространственная агроэкология и рекультивация земель» написана коллективом авторов из Днепропетровского государственного аграрного университета. В стенах этого университета создана школа сельскохозяйственной рекультивации земель, которая имеет широкое признание, как в нашей стране, так и за её пределами. Рецензируемая монография продолжает развитие теоретических концепций и практических инструментов рекультивации земель, основоположниками которых являются профессора Н. Е. Бекаревич, Н. Т. Масюк и И. Х. Узбек.

В последние годы активно развивается комплекс теоретических и практических векторов исследований, которые объединяются под названием ГИС-технологии. В Украине с целью решения практических задач сельскохозяйственного производства проводятся активные научные исследования под руководством академиков А. Г. Тарарико и В. В. Медведева. Они направлены на адаптацию существующих подходов к анализу пространственных данных для оценки продуктивности агроэкосистем, качества поверхностных вод, охраны биоразнообразия и природной среды. Именно в работах этих ученых созданы предпосылки для нового научно-практического направления – пространственной агроэкологии. В рецензируемой монографии мы видим развитие идей этих ученых в деле рекультивации земель, нарушенных промышленными разработками.

Ключевым принципом, на котором строится изложение материала в монографии, является положение о том, что сельскохозяйственное производство находится в сильной зависимости от природных условий на конкретной территории и сложившейся экологической обстановки. В свою очередь, аграрные комплексы оказывают сильное влияние на состояние окружающей среды, условия жизни животных, растений, микроорганизмов, как в их непосредственном окружении, так и на значительном удалении. Известно, что промышленное производство за счет выброса отходов в окружающую среду оказывает воздействие на качество сельскохозяйственной продукции. В этой связи учет пространственного распределения техногенных поллютантов и ксенобиотиков, которые сегодня являются пока еще необходимыми компонентами традиционного сельскохозяйственного производства, имеет важное значение. Нарушение почвенного покрова в результате технологической деятельности человека приводит к необходимости решения ряда экологических проблем, связанных с рекультивацией земель с целью их возврата в цикл сельскохозяйственного производства. В этом

направлении сделано немало, но авторы вносят свой вклад, предлагая воспользоваться возможностями, которые открывает новая ветвь экологической науки – пространственная агроэкология.

Монография включает 9 глав, заключение и список цитируемой литературы.

В главе «Природно-ресурсный потенциал Приднепровского региона и экологическая оценка антропо-техногенного влияния на среду» достаточно хорошо представлена экономическая и экологическая характеристика Днепропетровской области, как важнейшего промышленного и аграрного региона Украины и дан анализ экологических проблем, которые необходимо решить для успешного социально-экономического развития. Авторы отмечают, что одним из главных условий возобновляющего природопользования является такая эксплуатация ресурсов естественной среды, при которой не нарушался бы воспроизведенный потенциал и не возникала бы необходимость в проведении специальных дорогостоящих восстановительных мероприятий. Также обсуждается место рекультивации земель в системе регионального промышленного и сельскохозяйственного производства.

В главе «Материалы и методы исследований» особое внимание уделено проблеме классификации и номенклатуры рекультивируемых почв. Основываясь на работах М. Т. Донченко и соавт. (1987), Т. М. Келеберды (1983), М. И. Полупана (1983), Л. В. Етеревской и др. (2012), авторы приходят к выводу о том, что диагностику техногенных почв можно рассматривать в двух аспектах. Во-первых, для изучения с использованием методов микроморфологии, минералогического и валового химических анализов процессов первичного почвообразования, группового и фракционного состава органического вещества, микробиологической составляющей и т.п. Во-вторых, для прикладных целей: картографирования, определения качества и денежной ценности, целевого использования рекультивируемых почв.

В главе «Пространственная организация фитоценоза на экспериментальном участке рекультивации земель» приведен анализ литературных и собственных данных о пространственной организации растительного покрова в флористическом и экологическом аспектах. С помощью современных инструментов геостатистического анализа данных показан закономерный характер пространственного варьирования фитомассы растительных группировок и роль эдафических факторов в пространственной организации растительных сообществ на различных типах техноземов. Особое внимание уделено изучению пространственной изменчивости целлюлозолитической активности в техноземах в зависимости от почвенных свойств и мозаичности растительного покрова.

В главе «Пространственная изменчивость эдафических свойств технозёмов» представлены результаты изучения пространственных паттернов агрегатной структуры, гумуса, химизма водной вытяжки, электропроводности и некоторых других почвенных свойств, в пределах экспериментальных участков по рекультивации земель. На этой основе, с применением процедур кластерного и дискриминантного анализа, проведена типизация участков поверхности технозёмов, в результате чего получено отображение типологических единиц в географическом и экологическом пространствах. Для получения больших массивов данных, необходимых для выяснения пространственной динамики явлений или процессов авторами разработаны алгоритмы применения нетрадиционных, но весьма информативных показателей. Так, для описания вариабельности свойств технозёмов в вертикальном и горизонтальном направлениях в монографии обсуждаются цифровые снимки поверхности почвы. Это направление очень перспективно с точки зрения выявления генетических трендов почвообразовательного процесса на техногенных территориях и с практической точки представляет собой экономически выгодный способ мониторинга динамических показателей рекультивируемых земель. В этой же главе приведена оптимальная схема отбора проб на участке

рекультивации. При этом использовался экспресс-метод оценки электропроводности почвы как интегрального параметра в характеристике пространственной изменчивости ее эдафических свойств. Эта процедура, безусловно, должна найти свое практическое применение в технологии точного земледелия, которую авторы впервые предложили применить на примере рекультивации земель.

В главе «Пространственная изменчивость твердости техноземов» обсуждаются данные по твердости почв на различных масштабных уровнях. Авторы впервые приводят характеристики трехмерной структурной организации техноземов и её повторяемости. Для описания пространственной мозаичности техноземов авторы исходили из концепции педона. Для более глубокого понимания взаимосвязи структурных единиц почвенного покрова между собой и в формировании первичной продукции разработаны соответствующие методические инструменты. В частности, для характеристики полигональных структур, установленных по величинам твердости почвы, авторы впервые применили инструментарий, который разработан в рамках ландшафтной экологии для описания ландшафтного разнообразия.

В главе «Экологическое разнообразие сообществ растений и животных, сформированных на техноземах», авторы обращаются к проблеме сохранения биологического разнообразия в условиях интенсивного промышленного и сельскохозяйственного производства. Концепция экоморф А. Л. Бельграда рассматривается как основа представлений об экологическом разнообразии сообществ живых организмов. В монографии рассмотрен широкий спектр мер, направленных на поддержание разнообразия биологических сообществ, что особенно важно для оценки состояния экосистем. Система экоморф применена для количественной оценки экологического разнообразия растительных сообществ. Для описания пространственной неоднородности эдафических условий техноземов авторы применили крупномасштабное картографирование фитоиндикационных оценок.

В главе «Пространственный аспект биоразнообразия в агроэкосистемах» на основе теории экологической ниши представлена концепция фодересферы экосистемных инженеров. Авторы отмечают, что теория экологической ниши в понимании Хатчинсона задает экологическое пространство, в пределах которого осуществляются экологические процессы. Это пространство является теоретической генерализацией, однако в реальности экологические процессы происходят в географическом пространстве. Своеобразным ключом к пониманию и описанию закономерностей структуры и функционирования экологических систем является сопоставление экологического и географического пространств. Для пространственного отображения фодересферы авторы используют современную процедуру факторного анализа экологической ниши, которая ещё не получила должного освещения в отечественной литературе. В монографии показано, что педотрубационная активность почвенных млекопитающих (своеобразных экологических инженеров) существенно влияет на почву как среду обитания животных, микроорганизмов и растений. Средопреобразование, которое сказывается на структуре такого функционально важного блока биогеоценоза как животное население, позволяет говорить о специфических механизмах формирования консортивных связей, которые определяют функциональные особенности экосистемы. Фодересфера почвенной мегафауны преобразовывает почву как среду обитания других почвенных животных (мезо-, микро- и нанофауны), микроорганизмов и растений. Вызванные роющей деятельностью эффекты имеют различный масштаб и характеризуются определенным периодом затухания, поэтому главной функцией фодересферы является создание и поддержание разнообразия экологических условий в почвенном покрове.

В главе «Пространственный анализ продуктивности агроценозов в условиях природного земледелия» обосновано представление о ландшафтной экологии как

основы изучения пространственной гетерогенности продуктивности агроценозов. Сочетание использования информации, полученной с помощью дистанционного зондирования поверхности Земли, и полевых исследований дало возможность выявить закономерности пространственно-временной динамики формирования продуктивности агроэкосистем и определить значения геоморфологических и эдафических детерминант. Показано, что важной особенностью является увеличение роли тренда и локальной автокорреляции при увеличении фитомассы, которая индицируется с помощью NDVI. Таким образом, более обильное растительное сообщество становится более пространственно-структурированным. Данный результат можно считать очевидным (пространственным) следствием закона лимитирующего фактора Либиха-Шелфорда. С увеличением фитомассы в процессе вегетации факторы различной природы и различного масштабного уровня все в большей степени оказывают свое ограничивающее влияние. Распределение дискретных единиц (кластеров) в пределах поля представляет собой основу для установления «единиц управления». Под единицей управления авторы понимают участки поля, которые соответствуют одним и тем же технологическим требованиям, которые достаточно четко отличаются от соседних единиц управления в пределах поля, т.е. соответствуют другим требованиям.

Однако, необходимо отметить, что пространственная агроэкология – это не только результат теоретической адаптации принципов общей экологии для описания явлений и процессов, происходящих в пространстве при сельскохозяйственном производстве и рекультивации земель, но это еще и конкретные процедуры и методики пространственного анализа. К сожалению, в рецензируемой работе, несмотря на её значительный объем, уделено мало внимания таким вопросам, как анализ существующего программного обеспечения, алгоритмов, сравнения их достоинств и недостатков. Нет в работе развернутого представления о том, как конкретно в практике сельскохозяйственного производства использовать концептуальные результаты нового научного направления, обоснование которого мы находим в монографии.

Монография представляет собой итог многолетних исследований авторов в области агроэкологии и сельскохозяйственной рекультивации земель. Анализ современного состояния проблемы и собственные научные результаты дали возможность авторам обосновать новое научное направление – пространственная агроэкология и рекультивация земель. Следует признать, что это направление имеет важное теоретическое и практическое значения для решения ряда вопросов оптимизации сельскохозяйственного производства, охраны природы и восстановления экологического потенциала техногенных территорий.

Подводя итог всему вышеизложенному, следует подчеркнуть своевременность и научную новизну этого фундаментального труда, который, несомненно, будет достоин оценен практиками и теоретиками.

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, методiku, 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 повинні 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 російсь-

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
2013. Т. 14, № 3–4

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 12.11.2013 р. Формат 70×108 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 14.
Замовлення № . Тираж 200 прим.

49050, м. Дніпропетровськ, вул. Наукова, 5. Друкарня ДНУ.
