

OLES HONCHAR DNIPROPETROVSK NATIONAL UNIVERSITY
(UKRAINE)

«TELEPRESINFORM» AGENCY (UKRAINE)

WITH THE ASSISTANCE OF:

CORDOBA UNIVERSITY (SPAIN)

SCIENTIFIC COUNCIL FOR SOIL SCIENCE ISSUES
OF NAS OF UKRAINE (UKRAINE)

RESEARCH AND TRAINING CENTER OF O. HONCHAR DNU –
A. L. BELGARD PRYSAMARYA BIOSPHERIC STATION

GRUNTOZNAVSTVO

SOIL SCIENCE

ґРҮНТОЗНАВСТВО

Vol. 17

no. 3–4

Scientific Journal
Founded in 2001

www.ussj.cv.ua

Kyiv – Dnipropetrovsk
2016

EDITORIAL BOARD:

A. P. Travleyev (Editor-in-Chief); V. I. Parpan (Associate Editor); J. M. Recio Espejo (Associate Editor); J. G. Ray (Associate Editor); V. M. Petrenko (Associate Editor); K. M. Sytnik (Associate Editor); V. G. Radchenko (Associate Editor); V. A. Nykorych (Associate Editor); V. V. Morguun (Associate Editor); A. V. Bogovin (Associate Editor); V. A. Gorban (Managing Editor); S. A. Balyuk; N. A. Bilova; M. K. Chartko; S. G. Chorny; D. M. Grodzinsky; F. Gurbuz; V. I. Kanivets; N. R. Korpeyev; I. A. Mal'tseva; V. V. Medvedev; D. O. Mel'nychuk; L. P. Mytsyk; E. Nevo; V. V. Nykyforov; M. J. Opanasenko; M. V. Polyakov; S. P. Poznyak; Yu. R. Shelyag-Sosonko; V. V. Shvartau; Gu Siyu; S. Skiba; O. O. Sozynov; P. C. Srivastava; V. S. Stogniy; D. G. Tikhonenko; 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; F. Gurbuz; N. R. Korpeyev; E. Nevo; Gu Siyu; S. Skiba; P. C. Srivastava.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук А. П. Травлєв (голов. редактор); д-р біол. наук **В. І. Парпан** (заст. голов. редактора); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. М. Ресіо Есπεжо** (заст. голов. редактора, Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. Г. Рей** (заст. голов. редактора, Індія); акад. НАНУ, д-р біол. наук **К. М. Ситник** (заст. голов. редактора); акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. Г. Радченко** (заст. голов. редактора); канд. біол. наук **В. А. Нікорич** (заст. голов. редактора); канд. іст. наук **В. М. Петренко** (наук. редактор); акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. В. Моргуун** (наук. редактор); д-р біол. наук **А. В. Боговін** (наук. редактор); канд. біол. наук **В. А. Горбань** (відп. секретар); акад. НААНУ, д-р с.-г. наук **С. А. Балуєк**; 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); чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **Н. В. Займенко**; д-р біол. наук **В. М. Зверковський**; д-р с.-г. наук **В. І. Канівець**; акад. АН Туркменістану, д-р біол. наук **Н. Р. Корпєєв** (Туркменістан); д-р біол. наук **І. А. Мальцева**; акад. НААНУ, д-р біол. наук **В. В. Медведєв**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Д. О. Мельничук**; д-р біол. наук **Л. П. Мицик**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Е. Нево** (Ізраїль); д-р біол. наук **В. В. Никифоров**; д-р біол. наук **М. Є. Опанасенко**; д-р геогр. наук **С. П. Позняк**; чл.-кор. НАНУ, д-р фіз.-мат. наук **М. В. Поляков**; д-р біол. наук **С. Скіба** (Польща); акад. НАНУ, акад. НААНУ, д-р с.-г. наук **О. О. Соцінов**; д-р біол. наук **Р. С. Сріваства** (Індія); канд. техн. наук **В. С. Стогній**; д-р с.-г. наук **Д. Г. Тихоненко**; д-р біол. наук **І. Х. Узбек**; д-р біол. наук **Н. М. Цветкова**; 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**.

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. М. Ресіо Есπεжо** (Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. Г. Рей** (Індія); д-р біол. наук **Gu Siyu** (Китай); д-р біол. наук **F. Gurbuz** (Туреччина); акад. АН Туркменістану, д-р біол. наук **Н. Р. Корпєєв** (Туркменістан); акад. НАНУ, д-р біол. наук **Е. Нево** (Ізраїль); д-р біол. наук **С. Скіба** (Польща); д-р біол. наук **Р. С. Сріваства** (Індія); д-р геогр. наук **М. К. Чертко** (Білорусь).

Рекомендовано до друку Вченою радою
Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара
(протокол № 13 від 09.06.2016 р.)

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

© Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, 2016
© ТОВ «Агентство «Телепресінформ», 2016

TABLE OF CONTENTS

SOIL MONITORING

<i>Medvedev V. V.</i> Methodology of effective monitoring of a soil cover (on the basis of the analysis of 25-years European experience)	5
--	---

EVOLUTION AND GENESIS OF SOILS

<i>Dmytruk Y. M.</i> Some aspects of a multidimensional analysis of the evolution of ecological-geochemical soil state	15
<i>Samokhvalova V. L., Skrylnyk Y. V., Lopushnyak V. I., Shedey L. O., Samokhvalova P. A.</i> Forecasting the levels of chemical elements content in soils of different genesis for the assessment of their eco-energy status	23
<i>Kholodna A. S.</i> Soil factors of floodplain soils that limit growth of energy crops	43

SOIL PROTECTION

<i>Chornyy S. G., Volosheniuk A. V.</i> Evaluation of wind erosion protective efficiency No-till technology in southern Ukraine steppe conditions	50
---	----

MICROMORPHOLOGY OF FOREST SOILS

<i>Yakovenko V. M.</i> Macro- and micro-morphological differentiation of humus-accumulative horizon of forest soils	64
<i>Stryzhak O. V.</i> Characteristic of the micromorphological state of the soils of the flood-lands of the Samara river	81

SOIL PHYSICS

<i>Gorban V. A.</i> To the method of studying the permittivity of soils (on an example of soils of ravine forests of the northern variant of the steppe zone of Ukraine)	90
--	----

FOREST HYDROLOGY

<i>Kotovych O. V.</i> Heavy metals in the ground waters of Prisamarya Dniprovske	98
--	----

REMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS

<i>Zamesova T. A.</i> Influences of mole rats burrow activity to restore the soils proteolytic activity in terms of their man-made pollution	107
--	-----

OUR LOSSES

<i>Travleyev Anatoliy Pavlovych</i>	112
---	-----

TO THE AUTHORS' ATTENTION	114
--	-----

З М І С Т

МОНІТОРИНГ ҐРУНТІВ

<i>Медведєв В. В.</i> Методологія ефективного моніторингу ґрунтового покриття (на основі аналізу 25-річного європейського досвіду)	5
---	---

ЕВОЛЮЦІЯ ТА ГЕНЕЗИС ҐРУНТІВ

<i>Дмитрук Ю. М.</i> Окремі аспекти багатовимірного аналізу еволюції еколого-геохімічного статусу ґрунтів	15
<i>Samokhvalova V. L., Skrylnyk Y. V., Lopushnyak V. I., Shedey L. O., Samokhvalova P. A.</i> Forecasting the levels of chemical elements content in soils of different genesis for the assessment of their eco-energy status	23
(Прогнозування рівнів вмісту хімічних елементів у ґрунтах різного генезису для оцінки еколого-енергетичного статусу)	
<i>Холодна А. С.</i> Ґрунтові чинники заплавних ґрунтів, які лімітують зростання енергетичних культур	43

ОХОРОНА ҐРУНТІВ

<i>Чорний С. Г., Волошенюк А. В.</i> Оцінка протидефляційної ефективності технології No-till в умовах південного степу України	50
---	----

МІКРОМОРФОЛОГІЯ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ

<i>Яковенко В. М.</i> Макро- та мікроморфологічна диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту лісових ґрунтів	64
<i>Стрижак О. В.</i> Характеристика мікроморфологічного стану ґрунтів заплати р. Самари	81

ФІЗИКА ҐРУНТІВ

<i>Горбань В. А.</i> К методике изучения диэлектрической проницаемости почв (на примере почв байрачных лесов северного варианта степной зоны Украины)	90
---	----

ЛІСОВА ГІДРОЛОГІЯ

<i>Котович О. В.</i> Важкі метали в підґрунтових водах Присамар'я Дніпровського	98
---	----

РЕМЕДІАЦІЯ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

<i>Замесова Т. А.</i> Вплив рийної діяльності сліпака на відновлення протеклітичної активності ґрунтів за умов їх техногенного забруднення	107
---	-----

НАШІ ВТРАТИ

<i>Гравлєєв Анатолій Павлович</i>	112
---	-----

ДО УВАГИ АВТОРІВ	115
-------------------------------	-----

SOIL MONITORING



V. V. Medvedev ✉

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

UDK 631.45

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

METHODOLOGY OF EFFECTIVE MONITORING OF A SOIL COVER (ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF 25-YEARS EUROPEAN EXPERIENCE)

Abstract. The purpose of the article is to state the most essential methodological aspects of monitoring of a soil cover which is spent in the Europe during more than 25 years, to approach the Ukrainian model of monitoring to European and to formulate requirements to the organization of monitoring in Ukraine which will guarantee its efficiency. According to the European concept under monitoring the existential system of supervision over soil properties on constant platforms with use of the wide program of indicators with the purpose of creation of information-analytical databases, divisions into districts and allocation of problem territories, the forecast of soil development (including by means of pedotransfer modelling), a correcting of the contents and intensity of agricultural activity, planning of soil-saving actions, improvements of granting process to farmers, activation of work with mass media and in other purposes means. Advantage has regular distribution of points which meets the requirements of geostatistic analysis and geoinformatics is better and is better considers spatial features of soil characteristics which are important in mapping. Organizational principles of construction of monitoring: independence of departments influence; simple 2-unit structure (regional laboratory – the centre of information-analytical), the coordinated and approved normative estimated base; coordination with supervision over other components of an environment; financing from the state budget; regular informing on results power structures and the public. Monitoring is meaningful only when with its help a long number of the equidistant supervision received mainly in a regular network is formed. Only under these conditions probably objective estimation and the reliable forecast of negative changes in soils, and also contours of territories with problem characteristics are precisely defined. Accordingly means for their elimination are economically spent. Monitoring should be spent at the greatest possible quantity of definitions of display soil properties in modes in situ and on-line. Mainly by results of monitoring a soil cover in the majority of the European countries bases of a new agrarian policy protection of an environment and active support of soil-saving technologies to which interest increases in the European countries have been certain is. In the European countries the atmosphere of assistance to monitoring was generated and it is considered, that without high-quality information system about a soil cover to create comfortable conditions of a life and a clean environment is impossible. In Ukraine it is necessary to organize monitoring of a soil cover on the basis of the newest program, mathematical tool, and cartographical bases, agreed with the European experience. In connection with intensive use the soil

✉ Tel.: +38057-704-16-69, e-mail: vvmedvedev@ukr.net

DOI: 10.15421/041609

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2016. Vol. 17, no. 3–4

cover of Ukraine quickly changes, the increasing urgency is got with processes of degradation. Therefore the control of changes and over its base formation of corresponding programs on stay of degradation and reproduction of soil fertility – very actual problem.

Keywords: soil monitoring, the European experience, actual problems.

УДК 631.45

В. В. Медведев

акад. НААН Украины,
д-р биол. наук, проф.

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии
им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024,
тел.: +38057-704-16-69, e-mail: vvmедведев@ukr.net*

МЕТОДОЛОГИЯ ЭФФЕКТИВНОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА (НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА 25-ЛЕТНЕГО ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА)

Аннотация. Цель статьи – изложить наиболее существенные методологические аспекты мониторинга почвенного покрова, который проводится в Европе на протяжении более 25 лет, приблизить украинскую модель мониторинга к европейской и сформулировать требования к организации мониторинга в Украине, которые будут гарантировать его эффективность. Согласно европейской концепции под мониторингом имеется в виду пространственно-временная система наблюдений за свойствами почв на постоянных площадках с использованием широкой программы индикаторов с целью создания информационно-аналитических баз данных, районирования и выделения проблемных территорий, прогноза развития почв (в том числе с помощью педотрансферного моделирования), корректирование содержания и интенсивности земледельческой деятельности, планирование почвоохранных мероприятий, объективизации процесса предоставления субсидий фермерам, активизации работы со средствами массовой информации и в других целях. Преимущество имеет регулярное размещение точек, которое лучше удовлетворяет требованиям геостатистического анализа и геоинформатики и лучше учитывает пространственные особенности почвенных характеристик, которые важны в картографировании. Организационные принципы построения мониторинга: независимость от влияния ведомств; простая 2-звенная структура (региональная лаборатория – центральный информационно-аналитический центр), согласованная и утвержденная нормативная оцениваемая база; координация с наблюдениями за другими компонентами окружающей среды; финансирование из государственного бюджета; систематическое информирование о результатах властные структуры и общественность. Мониторинг имеет смысл только тогда, когда с его помощью формируется длинный ряд равноотстоящих наблюдений, полученных преимущественно в регулярной сети. Только при этих условиях возможно объективное оценивание и надежный прогноз отрицательных изменений в почвах, а также точно определяются контуры территорий с проблемными характеристиками. Соответственно экономно тратятся средства на их устранение. Мониторинг должен проводиться при максимально возможном количестве определений индикаторных свойств почв в режимах *in situ* и *on-line*. Главным образом по результатам мониторинга почвенного покрова в большинстве европейских стран были определены принципиальные основы новой аграрной политики – это защита окружающей среды и активная поддержка почвоохранных технологий, к которым в европейских странах возрастает интерес. В европейских странах сформировалась атмосфера содействия мониторингу и считается, что без высококачественной информационной системы о почвенном покрове создать комфортные условия жизни и чистую окружающую среду невозможно. В Украине нужно организовать мониторинг почвенного покрова на основе новейших программных, математических, инструментальных и картографических основ, гармонизированный с европейским опытом. В связи с интенсивным использованием почвенный покров Украины быстро изменяется, все большую актуальность приобретают процессы деградации. Поэтому контроль изменений и на его базе формирование соответствующих программ по приостановлению деградации и воспроизводству плодородия почв – очень актуальная задача.

Ключевые слова: мониторинг почв, европейский опыт, актуальные задачи.

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024,
тел.: +38057-704-16-69, e-mail: vvmmedvedev@ukr.net

МЕТОДОЛОГІЯ ЕФЕКТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ (НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ 25-РІЧНОГО ЄВРОПЕЙСЬКОГО ДОСВІДУ)

Анотація. Мета статті – викласти найбільш суттєві методологічні аспекти моніторингу ґрунтового покриття, що проводиться в Європі протягом більше 25 років, наблизити українську модель моніторингу до європейської і сформулювати вимоги до організації моніторингу в Україні, що гарантуватимуть його ефективність. Відповідно до європейської концепції під моніторингом мається на увазі просторово-часова система спостережень за властивостями ґрунтів на постійних площадках з використанням широкої програми індикаторів з метою створення інформаційно-аналітичних баз даних, районування й виокремлення проблемних територій, прогнозу розвитку ґрунтів (у тому числі за допомогою педотрансферного моделювання), коригування змісту й інтенсивності землеробської діяльності, планування ґрунтобережувальних заходів, об'єктивізації процесу надання субсидій фермерам, активізації роботи із засобами масової інформації і в інших цілях. Перевага віддається регулярному розміщенню точок, що краще задовольняє вимоги геостатистичного аналізу і геоінформатики й об'єктивізує просторові особливості ґрунтових характеристик, що важливо в картографуванні. Організаційні принципи побудови моніторингу: незалежність від впливу відомств; проста 2-ланкова структура (регіональна лабораторія – центральний інформаційно-аналітичний центр: погоджена і затверджена нормативна оцінювальна база; координація зі спостереженнями за іншими компонентами навколишнього середовища; фінансування з державного бюджету; систематичне інформування про результати владні структури й громадськість. Моніторинг має сенс тільки тоді, коли з його допомогою формується довгий ряд рівновіддалених спостережень, отриманих переважно в регулярній мережі. Тільки за цих умов можливо об'єктивне оцінювання й надійний прогноз негативних змін у ґрунтах, а також точно визначаються контури територій із проблемними характеристиками. Відповідно ощадливо витрачаються кошти на їхнє усунення. Моніторинг повинен проводитися за максимально можливою кількістю визначень індикаторних властивостей ґрунтів у режимах *in situ* і *on-line*. Головним чином за результатами моніторингу ґрунтового покриття в більшості європейських країн було визначено принципові основи нової аграрної політики – це захист довкілля та активна підтримка ґрунтозахисних технологій, до яких у європейських країнах зростає інтерес. В європейських країнах сформувалася атмосфера сприяння моніторингу і вважається, що без доброякісної інформаційної системи про ґрунтовий покрив створити комфортні умови життя і чисте навколишнє середовище неможливо. В Україні вкрай потрібно організувати моніторинг ґрунтового покриття на основі новітніх програмних, математичних, інструментальних і картографічних засад, гармонізований з європейським досвідом. У зв'язку з інтенсивним використанням ґрунтовий покрив України швидко змінюється, усе більшої актуальності набувають процеси деградації. Тому контроль змін і на його базі формування відповідних програм з призупинення деградації і відтворення родючості ґрунтів – надактуальна задача.

Ключові слова: моніторинг ґрунтів, європейський досвід, актуальні завдання.

ВСТУП

У 80-ті роки минулого сторіччя в найбільш розвинених західноєвропейських країнах моніторинг поступово став пріоритетним завданням і, без перебільшення, ознакою цивілізованості країни. В Європі сформувалася атмосфера сприяння моніторингу й визнання його необхідності для всебічного контролю стану навколишнього середовища. Стало зрозуміло, що без моніторингу створити сприятливе середовище й комфортні умови життя для населення неможливо. На жаль, ці тенденції практично не торкнулися України. Більше того, наша країна стала прикладом того, як не треба організовувати моніторинг. До виконання робіт, згідно з відповідною постановою Кабінету Міністрів 1993 р., було залучено 9 міністерств і відомств. У результаті замість

його реалізації як важливої державної програми моніторинг був розділений на відомчі частини. Координація й методичне забезпечення робіт, які були доручені Міністерству екології, здійснювалися зовсім недостатньо. Це міністерство й дотепер практично ніяк не впливає на стан робіт у країні в цій області. Спостережні площадки не створено й систематичні виміри не велися. Лише Мінагрополітики та продовольства й Держагентство з водного господарства проводили виміри окремих показників, використовуючи для цього самостійні, неузгоджені між собою мережі, програми й методи. Як наслідок, у країні дотепер відсутня повноцінна інформаційна система про стан навколишнього середовища і його основного компоненту ґрунтового покриття. Головне ж – у країні до цього часу немає стратегії й обґрунтованої інвестиційної політики відносно поліпшення стану ґрунтового покриття. Її й не може з'явитися, поки не буде моніторингу – єдиного та об'єктивного джерела даних про сучасний стан і динаміку розвитку ґрунтового покриття.

У статті викладено принципи методичні аспекти ведення моніторингу в європейських країнах, де він здійснюється вже протягом 25 років, і, головне, сформульовано вимоги до організації моніторингу в Україні, що гарантуватимуть його ефективність.

МЕТОДИ

Стаття написана на підставі вивчення літературних матеріалів і безпосереднього спостереження за моніторингом ґрунтового покриття у Франції, Німеччині, Швеції, Угорщині, Румунії та в інших європейських країнах.

РЕЗУЛЬТАТИ

Загальноприйняте визначення моніторингу. Дискусія на початку 90-х років на нараді в Будапешті (International Workshop., 1993) з цього приводу привела до визначення моніторингу ґрунтового покриття як просторово-часової системи спостережень за властивостями ґрунтів.

Мета моніторингу. Колективом авторів під керівництвом А. R. Gentile (Gentile, 2001) сформульовано мету і конкретизовано завдання моніторингу ґрунтового покриття: *створення і періодичне оновлення картографо-аналітичних матеріалів про стан ґрунтів; створення автоматизованої інформаційної системи; районування території і виокремлення проблемних місць (hot spots); опрацювання прогнозу зміни ґрунтів залежно від змісту й інтенсивності антропогенної діяльності; обґрунтування заходів з охорони ґрунтів.*

Програми моніторингу ґрунтів. Найбільш повні програми моніторингу ґрунтів здійснюються в Австрії, Німеччині і Швеції. Поряд із загальноприйнятими вимірами (С, рН, нітрати, важкі метали) тут систематично спостерігають за рухомими елементами живлення, хімічним складом твердої і рідкої фаз ґрунту, мікробіологічними режимами, забрудниками органічного походження. У цих країнах проведено кілька турів спостережень, є значний досвід обробки зібраної інформації, формування інформаційних систем, взаємодії зі споживачами.

Схеми формування мереж спостережень. У практиці європейських країн використовуються два способи формування спостережної мережі моніторингу ґрунтів – регулярний і нерегулярний. Перший з них знаходить застосування в Австрії (мережа з декількох тисяч постійних площадок з відстанню між ними в 11, а в деяких регіонах 4 і навіть 1 км), Румунії (960 площадок у вузлах мережі 16×16 км), Франції (2100 площадок у вузлах мережі 16×16 км), Швеції (24000 площадок у вузлах мережі з різними параметрами залежно від рельєфу). Другий спосіб використовується в Норвегії й Великій Британії (по 13 площадок), Італії (27 площадок), Німеччині (приблизно 800 площадок), Чехії (257 площадок). Другий спосіб припускає репрезентативне (пропорційне) відображення в оцінках стану ґрунтів структури ґрунтового покриття, топографічних, кліматичних і господарських особливостей території.

Порівняльних досліджень переваг і недоліків обох способів не проводили, але згідно зі стандартом ЄС (ISO 16133:2004(E)) вибір способу формування мережі моніторингових площадок пропонується здійснити кожній країні самостійно, виходячи із власного досвіду ведення моніторингових робіт.

Перевага (по змозі) віддається регулярному розміщенню точок, що краще задовольняє вимоги геостатистичного аналізу і геоінформатики й об'єктивізує просторові особливості ґрунтових характеристик, що важливо в картографуванні. Існуючі в Європі мережі можна умовно розділити на дві категорії: багато точок за обмеженого числа вимірюваних параметрів або мало точок за істотно більшого числа параметрів. У варіанті, що опрацьовується групою фахівців, залучених європейським екологічним агентством, обґрунтовується поліпшена концепція вибору точок, адаптована, з одного боку, до типових ландшафтів, а з іншого, до джерел «hot spots» (гарячі плями), що погіршують екологічну ситуацію. Узгодження мереж усередині країн і між ними дозволить використати позитивні сторони двох категорій мереж (регулярної і нерегулярної) з одночасною мінімізацією витрат. При цьому здається реальним урахувати природну строкатість ґрунтів, різні співвідношення угідь, часову варіабельність об'єктів і впливів.

Організаційні принципи побудови моніторингу: незалежність від впливу відомств; проста 2-ланкова структура (регіональна лабораторія – центральний інформаційно-аналітичний центр); проведення за широкої програми індикаторних спостережень; погоджена і затверджена нормативна оцінювальна база; проведення на постійних площадках зі спеціальним статусом; координація зі спостереженнями за іншими компонентами навколишнього середовища; фінансування з державного бюджету; систематичне інформування про результати владні структури й громадськість.

Практичні результати моніторингу ґрунтів в європейських країнах. Моніторинг ґрунтів має надзвичайно велику кількість прикладних аспектів, починаючи від виявлення негативного розвитку ґрунтоутворного процесу на невеликій території до обґрунтування й коригування фундаментальних основ землекористування в країні. Наведемо декілька прикладів.

Використання моніторингу довело, що в Європі, особливо в індустріально розвинутих регіонах, останніми десятиліттями стан довкілля погіршився. Причиною погіршення в сільській місцевості стало збільшення площі ріллі, застосування у все більшій кількості добрив і хімічних засобів захисту рослин, спрощення сівозмін на користь вирощування озимої пшениці і взагалі поступове просування в бік монокультурного господарювання або звуження спеціалізації ферм, ліквідація меж і невикористовуваних площ на кордонах між окремими фермерськими господарствами, щоб збільшити площу ріллі.

У зв'язку з погіршенням стану ґрунтового покриву стратегія його використання поступово змінюється і стає ґрунтоохоронною. Активізація зусиль в охороні ґрунтів до певної міри стала вимушеною реакцією на численні факти погіршення стану ґрунтового покриву внаслідок інтенсивного землекористування. Погіршення екологічного стану ґрунтів і поверхневих вод потребувало вдосконалення агротехнологій.

Головним чином за результатами моніторингу ґрунтового покриву нещодавно в більшості європейських країн було визначено принципові основи нової аграрної політики – це захист довкілля та активна підтримка ґрунтозахисних технологій, до яких у європейських країнах зростає інтерес. Дослідження набувають екологічного спрямування, вишукують нові методи збереження і відновлення біорізноманіття, біометоди захисту від бур'янів і хвороб, патогенних мікроорганізмів і загалом методи підвищення родючості без додаткових штучних вкладень. Нині в більшості європейських країн переважає так зване консервативне землеробство (conservation agriculture), тобто технології, спрямовані на максимально можливе збереження біорізноманіття, складу і властивостей ґрунту, захист від деградаційних процесів (ерозії, втрат гумусу, переущільнення тощо). Згідно з концепцією консервативного

землеробства зменшується кількість та глибина механічних обробіток, коригується структура угідь і сівозмін на користь ґрунтозберезувальних культур, балансується живлення рослин за рахунок природних джерел. У Франції консервативне землеробство розглядають як важливу частину державного плану охорони довкілля.

Прикладом ефективного використання результатів моніторингу є Велика Британія. Як тільки в південно-східній частині Англії і Уельсу було встановлено, що чим значніша частка ріллі і чим частіше застосовується оранка, тим більша концентрація фосфору і нітратів у поверхневих водах, зразу ж був прийнятий документ «Soil Use and Management 2000», у якому були введені обмеження щодо застосування оранки.

Саме завдяки систематичним спостереженням за ґрунтами і врожаєм в землеробстві Норвегії відбулися радикальні зміни географії аграрної галузі – землеробство було зосереджене в найбільш сприятливих південних і південно-західних, а тваринництво – у найменш сприятливих передгірських і гірських районах.

За результатами моніторингу Європейський Союз ухвалив ряд ґрунтоохоронних хартиї, рекомендацій, директив. Серед останніх – про припустимі концентрації важких металів, контроль за викидами підприємств, про застосування стоків і відходів виробництва на сільськогосподарських угіддях та ін. У 2006 році ЄС затвердив політичну стратегію охорони ґрунтів і рекомендував імплементувати її в національну політику всім країнам – членам ЄС (<http://ec.europa.eu/environment/soil/index.htm>).

Розгортання мереж і спостережень наблизило виконання головного завдання моніторингу – створення інформаційних систем. Останніми роками з урахуванням потреб моніторингу та інших завданнями інформаційного забезпечення в європейських країнах стала інтенсивно розвиватися геоінформатика. Так, нещодавно одержано за фінансової підтримки спільних проектів (Concerted action) з наукової комісії ЄС новітні картографічні матеріали, зокрема ті, що виявляють ґрунти з несприятливими (природними або утвореними внаслідок антропогенної діяльності) властивостями. Особливе значення мають картографічні та аналітичні узагальнення, зокрема SOTER (дигіталізована карта ґрунтів і територій Європи), SOVEUR (карта схильності ґрунтів Європи до забруднення), EUSOPOL (карта фактичного забруднення ґрунтів Європи), СТВ (карта «Chemical Time Bomb» – довгострокова оцінка ризику забруднення навколишнього середовища), карта схильності ґрунтів до ерозії (проект PESERA). Ризик виникнення ерозії найвищий в Іспанії (до 44 % території), Словаччині (до 40 %), Португалії (до 33 %), Болгарії, Андалусії, Корсиці, центральній Італії і Греції. Найменший – у північній Європі.

До цього переліку можна додати регіональні роботи з вирішення трансдунайських, притисенських, прибережних та інших проблем. Зразковою в цьому аспекті можна вважати програму прибережних до Північного моря країн, яка діяла впродовж 10 років. За рахунок зменшення поверхневого стоку та організації моніторингу, зокрема за допомогою дистанційних засобів і синхронного впровадження протиерозійних заходів, було досягнуто стабілізацію агроландшафтів у Норвегії, Шотландії та Англії, оздоровлення моря, відновлено в ньому кількість цінних порід риб.

У більшості європейських країн, особливо в північних, виявлено забруднені території, які потребують спеціальних заходів з обмеження господарської діяльності або введення особливого режиму використання. На підставі кількох турів моніторингу такі самі роботи здійснено в Австрії, Угорщині, Чехії, Словаччині, Румунії. Картографічні матеріали, як правило, мали бази атрибутивної інформації.

Особливо вражаючі практичні результати робіт з моніторингу отримано в Угорщині. Тут складено карти схильності ґрунтів до різних деградацій (підкислення, фізичної деградації, ерозії й ін.). Дані об'єднано в комп'ютеризовану географічну інформаційну ґрунтову систему (HUNSI-TIR), що складається із двох частин: банк ґрунтової інформації (топографічний, точковий і просторовий) і банк моделей для оцінювання режимів вологості, поживних елементів, схильності до деградацій (водної і вітрової ерозії, підкислення, засолення, знеструктурування, ущільнення, забруднення та ін.).

Нова система ґрунтової інформації як незалежна підсистема інтегрованої системи інформації про навколишнє середовище діє в Угорщині з 1992 р. Вона включає 1200 репрезентативних постійних площадок, у тому числі 800 – на сільськогосподарських землях, 200 – у лісах і 200 – у місцях, що охоплюють 12 різних типів екологічної небезпеки або особливо уразливих об'єктів: деградовані ґрунти, меліоративні об'єкти, площі, суміжні із джерелами постачання питною водою, заповідні території, індустриальні, сільськогосподарські й міські забруднені об'єкти, військові полігони, території відритих гірських розробок, об'єкти акумулювання стічних вод і ін.).

Програма включає визначення майже 100 показників ґрунтів, рослин і вод, частина з яких вимірюється щорічно, частина – 1 раз у 3 роки, частина – 1 раз у 6 років. Програма фінансується з державного бюджету й координується в основному науково-дослідним інститутом ґрунтознавства, меліорації і агрохімії. Результати моніторингу відкрито для громадськості, але з деякими обмеженнями через можливі помилки в інтерпретації результатів.

Зразком побудови моніторингової ґрунтової інформації можна вважати систему в Німеччині. Її основою стала мережа з постійних моніторингових площадок, керована й фінансована урядами Федеральних земель. У Баварії було обладнано 238 площадок, у Баден-Вюртемберзі – 155, Нижній Саксонії – 25, Шлезвіг-Гольштейні – 22 і т.д. Із цією мережею пов'язана мережа моніторингу лісових ґрунтів. Вона управляється й фінансується Федеральним міністерством навколишнього середовища, охорони природи і ядерної безпеки, а також Федеральним агентством з навколишнього середовища. Є також мережа вивчення забруднень ґрунтів повітряного походження (усього таких площадок 17), а також мережа з 9 площадок для спеціальних наземних і водних спостережень.

Конструкція й зміст ґрунтової інформаційної системи розроблені групою дослідників з Нижньої Саксонії. Тут же в цей час збираються й обробляються всі матеріали. База має відповідні управлінські і багато інших систем, що дозволяють оперативно використовувати дані, і відповідає на численні запити. Центральною частиною системи є пошукова частина, що містить ключові слова, словник користування, каталог карт, даних, методів, посилань та ін. Так, наприклад, можна одержати інформацію про місце відбору зразків, використаних методах дослідження (до речі, методи стандартизовано відповідно до вимог ISO/TC 190 і навіть супроводжено перехідними коефіцієнтами для методів, розповсюджених на пострадянському просторі), результати обробки даних і карти. Основна база має різні підсистеми («діоксини», «ґрунтові умови в лісах», те ж в орних ґрунтах і в інших категоріях і т.д.).

Важливо підкреслити, що в Німеччині гармонізовано багато складових ґрунтових інформаційних систем – об'єкти, джерела фінансування, методи, виконавці. Дуже важливо також те, що є вільний доступ до інформації.

Не можна не звернути увагу на оперативні заходи, що вживають за результатами моніторингу. Наприклад, у Великій Британії лише з 1980 до 1990 р. було знищено чагарники на межах між фермерськими полями на 18 тис. км. Ці ділянки стали ріллею, відповідно погіршилися умови для виживання біоти, що стало причиною зменшення її чисельності і видів. Нині в країні діє програма відновлення біорізноманіття, яка являє собою значний перелік заходів зменшення антропогенного впливу на довкілля. Передбачалося поступово реконструювати структуру сільськогосподарських угідь, сівозмін, обробітку, впровадити органічне землеробство.

Як тільки частка ріллі у Великій Британії почала зростати, а екологічні умови відчутно погіршуватися, у країні забили тривогу. Відразу було запроваджено заходи, щоб стимулювали зворотний процес. На цьому фоні консервативний обробіток отримав ще більшу підтримку, і навіть поступово змінювалося ставлення до нульової технології.

Після проведення кількох турів моніторингу в більшості європейських країн здійснено районування ґрунтового покриву з метою визначення його стану, і особливо виявлення несприятливих територій. Зокрема, у Норвегії і Чехії таке районування використано для визначення розміру субсидій землекористувачам, Великій Британії і Східній Німеччині – для впровадження новітніх технологій обробітку.

Інтенсивно розвивається порівняно новий напрям, пов'язаний з прогностичними педотрансферними функціями. Нині в країнах Європи спостерігається справжній бум розробки різних прогностичних моделей – міграції вологи, тепла, більшості елементів-забрудників, ризику деградацій (ерозії, підкислення, засолення, ущільнення та ін.), емісії газів, вимивання азотних з'єднань, фосфору, пестицидів. Є прогнози для всього континенту, окремих країн або регіонів. У складніших варіантах у моделі додають гідрометеорологічну, агрономічну, економічну й навіть соціальну інформацію (особливо щодо здоров'я населення). Для таких варіантів ураховують імовірнісну природу трансферних функцій, і тому самі прогнози стають надійнішими й поступово перетворюються в експертні моделі, здатні допомагати в керуванні екологічною ситуацією. Як приклад можна навести систему моніторингу ґрунтового покриття в Бельгії, де педотрансферні моделі широко використовують у моніторингу для одержання різних розрахункових величин. З їх допомогою оцінюють можливості поверхневої і внутрішньогрунтової міграції з'єднань, зокрема забрудників, вилуговування солей, схильність ґрунтів до ерозії, переущільнення, емісії газів, секвестрації вуглецю, імовірність вияву різних ризиків. Тим самим домагаються істотного зменшення витрат на вимір окремих характеристик, що потребують дорогого устаткування, скажімо, вологопровідності або процесів ерозії. При цьому скорочується кількість лізіметричних станцій та майданчиків для спостережень за твердим і рідким стоками.

Розвиток моніторингових робіт сприяв удосконаленню приладної виміральної бази. Багато фірм з виробництва польового і камерального інструментарію розпочали активну діяльність. Найвідоміші з них – голландська Eijkelkamp, англійська ADC, французька Lambrinus, німецька Trum, які останніми роками досягли значних успіхів у конструюванні, виробництві і розповсюдженні приладів для вивчення ґрунтів, рослин, вод, розчинів, процесів перетворення, обміну, втрат речовини й енергії, різних емісій, зокрема в автоматичному і дискретному режимах.

Зазначені фірми поступово поширюють свою діяльність на центральну й східну Європу, країни Прибалтики, Росію, знижують ціни. Фірми зондують можливості в Україні (скажімо, фірма Eijkelkamp). Очевидно, настав час зробити крок назустріч.

Вимоги до організації моніторингу в Україні, що гарантуватимуть його ефективність. З огляду на те що в Україні переважна частка земельних ресурсів (близько 70 %) має сільськогосподарське призначення, логічно доручити виконувати ці функції не Мінприроді, а Міністерству аграрної політики і продовольства, а точніше службі моніторингу й охорони земель, яку доцільно створити на базі Інституту охорони ґрунтів, що функціонує в його рамках. Науково-методичне керівництво слід покласти на Національну академію аграрних наук України. Інститут охорони ґрунтів, маючи у своєму розпорядженні розгалужену мережу лабораторій у кожній області, кадри високої кваліфікації і сучасне устаткування, здатний у короткий термін адаптувати проведення моніторингу земель усіх категорій до європейських вимог.

При проведенні моніторингу повинні бути забезпечені безперервність спостережень за земельними ресурсами, прогресивність вирішення нормативних, методичних і технічних питань, впровадження передових інформаційних технологій у створенні баз даних, механізмів оцінювання, прогнозування й розробки моделей управлінських рішень.

При проведенні моніторингу повинні бути забезпечені висока якість інформації, репрезентативність результатів у режимі довгострокових спостережень, постійне вдосконалення й уніфікація технічних засобів виміру, оснащення лабораторій відповідно до європейських вимог.

Для реалізації цих вимог потрібно створити, зберегти й систематизувати інформаційні ресурси про стан земель і створити умови для їхнього використання всіма зацікавленими сторонами, у тому числі громадськістю; забезпечити погоджені

й науково обґрунтовані висновки про стан земельних ресурсів, для чого розробити єдину нормативну й методичну базу, метрологічно й аналітично надійні виміри; забезпечити необхідний рівень наукової підтримки проведення робіт, теоретичного обґрунтування й розробки пропозицій відносно оптимізації побудови мереж, методів обробки отриманих результатів, об'єктивної оцінки стану земельних ресурсів, його прогнозування, проведення поглиблених досліджень проблемних територій із проявами різних видів деградацій, підвищення кваліфікації виконавського персоналу; забезпечити сприятливі умови для міжнародного співробітництва (у тому числі трансграничного й пан'європейського), обміну даними, досвідом проведення моніторингу й використання його результатів.

Види моніторингу. В Україні є всі можливості створити постійно діючу систему з фонових, виробничих і наукових видів моніторингу.

Фоновий (еталонний) – вихідна оцінка об'єкта спостережень, що умовно приймається за нульову відмітку. Фоновий моніторинг забезпечує даними про властивості ґрунтів у природному стані і при зіставленні з даними на риллі дає можливість визначити напрямок і інтенсивність антропогенної трансформації ґрунтів. Через значну розораність ґрунтів України і неможливість віднайти природні об'єкти моніторингу за фоновий беруть дані першого туру спостережень.

Виробничий – основний вид поточних спостережень за ґрунтом у просторі і за часом.

Науковий – інформація підвищеної точності і ємності, за допомогою якої можна якісно збагатити виробничий моніторинг і, головне, створити суттєво більш надійні прогностичні моделі. Цей моніторинг представлений спеціальними польовими дослідженнями, балансовими і лізіметричними станціями, імітаційними і математичними моделями.

Виробничий і фоновий моніторинг повинні вести спеціальні виробничі підрозділи, науковий – наукові установи.

Об'єкти моніторингу – виокремлені в натурі, постійні в часі і просторі, геоопозиціоновані і зареєстровані (що повинні мати визначений державний статус) земельні ділянки певного розміру. Їхня кількість повинна бути такою, щоб охопити все різноманіття ґрунтових, ландшафтних, кліматичних, геоморфологічних, гідрологічних, літологічних і господарських умов, а також забезпечити можливості різномасштабного картографування стану земель за індивідуальними і комплексними показниками.

Методи моніторингу. Визначення більшості показників моніторингу ґрунтів не викличе значних ускладнень. Наявний кадровий потенціал Інституту охорони ґрунтів здатний виконати значний обсяг робіт. У разі необхідності виконання моніторингових робіт у ще більших обсягах або контролю стану землекористування на розпайованих дрібних земельних ділянках потрібно реалізувати принципово нові підходи до моніторингу ґрунтів. Зокрема, стане актуальною розробка експресних пересувних польових приладів з аналізом стану земель *in situ* без відбору зразків і транспортування їх до лабораторій.

Індикатори моніторингу – рекомендується широкий набір показників, частина з яких була б обов'язковою країни, частина – відбивала б місцеві особливості формування екологічної ситуації. До обов'язкового віднесено характеристики точки (висота, ухил, метеорологічні дані), тип ґрунту (класифікаційне положення, опис профілю), поживні елементи (валові і рухомі форми), органічний вуглець (валовий), хімія ґрунтів (рН, ємність катіонного обміну, склад поглинених основ), щільність будови, основні види фауни (наприклад, дощові черв'яки), забруднення (деякі види важких металів, наприклад, свинець). До необов'язкових (регіональних) віднесено показники, що характеризують ґрунтові процеси: опустелювання (агресивність опадів, біомаса, деякі специфічні види рослин), підкислення (сухі і вологі кислотні опади, рухомий алюміній, рН, хімічний склад ґрунтового розчину), засолення (електропровідність, водоутримна здатність, уміст солей і соди), евапотранспірація, якість зрошувальної води, евтрофікація (сухі і вологі відкладення азоту, вміст доступних аміачних і нітратних форм азоту в

грунті, хімічний склад ґрунтового розчину, специфічні види мікроорганізмів). Крім того, рекомендується вести спостереження за рядом просторових параметрів (площа забрудненої території, площа і співвідношення основних категорій земельних ресурсів, площа лісозахисних лісосмуг).

Ґрунтові індикатори повинні бути пов'язані з параметричними вимогами прогнозних педотрансферних моделей. При цьому виявляється можливим зробити розрахунок ризику ймовірного розвитку, наприклад, забруднення чи ерозії ґрунтів. Такі розрахунки стануть найважливішим продуктом моніторингу. В Європі, незважаючи на популярність цих напрямків і велику кількість даних, надійні оцінки відсутні.

Отже, у країні вкрай потрібно організувати моніторинг ґрунтового покриву на основі новітніх програмних, математичних, інструментальних і картографічних засад, гармонізований з європейським досвідом. У зв'язку з інтенсивним використанням ґрунтового покриву України швидко змінюється, усе більшої актуальності набувають процеси деградації. Тому контроль змін і на його базі формування відповідних програм з призупинення деградації і відтворення родючості ґрунтів – надактуальна задача.

Обов'язкові умови ефективного моніторингу ґрунтового покриву – регулярна густа мережа, постійна площа, рівновіддалені спостереження, широкий набір індикаторів, наявність об'єктивних критеріїв порівняння – еталонів, методи *in situ* і *on-line*, картографічне виявлення *hot spots*. Моніторинг має сенс тільки тоді, коли з його допомогою формується довгий ряд рівновіддалених спостережень (тільки в цьому випадку можливий надійний прогноз і завчасне виявлення несприятливих змін) і точно визначаються території з негативними характеристиками.

Контроль якості землекористування – дуже важливе питання. Особливо важливе воно для України, що, хоча й відмовилася від права власності на землю, продовжує відповідно до конституції бути гарантом її збереження, раціонального використання, екологічної й продуктивної цінності. Своє право контролю держава зафіксувала в законах і постановах, організувала центральні й регіональні інспекції, наділивши їх відповідними повноваженнями. Вони контролюють цільове використання земель, не допускають самовільного їхнього захвату, переведення земель із однієї категорії в іншу, дозволяють будівництво, запобігають захламлення, забруднення. Однак контроль родючості ґрунтів здійснюється недостатньо й, головне, зараз в Україні склалася така ситуація, що ніхто не несе відповідальності за те, що родючість падає – ні Уряд, що призупинив дію програм підвищення родючості ґрунтів, ні новий землекористувач, що при одержанні земельної ділянки не взяв на себе відповідальність за родючість. До того ж ніхто його й не зобов'язав піклуватися про родючість. Точніше, це зроблено лише в загальній формі, обійти яку дуже легко. У результаті утворився розрив між задекларованим положенням конституції й реальним станом справ. Більше того, за наявності цілком добротного закону про плату за користування землею зібраний податок не направляється на підтримку родючості, як це передбачено законом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- | | |
|--|--|
| Gentile, A. R., 2001. Proposal for an European soil monitoring and assessment framework. European Environmental Agency. Copenhagen. P. 58. | ISO 16133:2004(E). Soil quality – Guidance on the establishment and maintenance of monitoring programmes. |
| International Workshop on Harmonization of Soil Conservation Monitoring System, 1993. Budapest. 244 p. | Soil Use and Management, 2000. Vol. 16. Special issue «Tackling Nitrate from Agriculture». http://ec.europa.eu/environment/soil/index.htm |

Стаття надійшла в редакцію: 11.04.2016

EVOLUTION AND GENESIS OF SOILS



Y. M. Dmytruk ✉

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.472:631.4

*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
Kotsubinsky Str., 2, Chernivtsi, Ukraine, 58012*

SOME ASPECTS OF A MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL SOIL STATE

Abstract. Soil saturation index and its calculating are demonstrating multicollinear correlations between ecological-geochemical soil state and environmental circumstances. There are wood ecosystems on the research area with Phaeozem, Luvisol, Retisol and Fluvisol. We have also studied the buried soil. Their burials occurred as a result of natural processes (about 5000 BP) and as a result of human impact (about 1000 BP). Age of separate genetic horizons (from 360 ± 50 to 1870 ± 160 BP) indicates soils genesis during the last stage of the Holocene – Subatlantic. In our opinion the dynamics of the climate during last stage of the Holocene is the main cause of the complex structure of the soil cover on quite small area (5 km²). Second reason is difficult geomorphological environment (rough topography).

On the basis of factor analysis proved efficiency of soil saturation index by trace elements: analytical work only with the indicated index reveals an unambiguous reduce the number of determining factors (up to two) and, thus, the proportion of the variance, which is determined by two factors is 100 %. While the using in the analysis of the total content, or a mobile forms of trace elements, or of some and the others together as a combined using of content mobile forms and their mobility will lead to an increase factor up to four and the simultaneous decrease in the proportion of the variance which is due to these factors to 74–88 %.

We did not find decisive influence of any factor on saturation of studied soil types by trace elements. There is always a combination of processes that contribute to the accumulation of trace elements and processes of their migration.

There are illuvial and lower transition to soil parent material horizons of the background content of trace elements for all investigated soil except Fluvisol (S-1). Belong to actual places of trace elements accumulation, which is generally quite small are some lower soil horizons both buried soils and lower transition to horizon of soil parent material (in soil R-3). Thus, the upper parts of the soils which were formed during the last centuries (780 years of age to today dated) are characterized by dissipation of most of trace elements.

The genetic features of Fluvisol (S-1) have confirmed very high correlation. These features are the result of the genesis of this soil under the influence both soil and sedimentation processes. This is well illustrated in the analysis of the structure of the soil profile, which have characterized by stratification (during soil formation has not resulted in the development of any diagnostic subsurface

✉ Tel.: +38066-612-49-50, e-mail: y.dmytruk@chnu.edu.ua

DOI: 10.15421/041610

horizon) genetic horizons and the presence of buried after the accumulation of alluvial material as a humus, as a transitional horizons. Perhaps, it is partly confirmed by the radiocarbon analysis, this soil should be regarded as younger age, which obviously explains persistent inflow of fresh materials. All other soils including the buried ones were formed under various elementary soil formation processes. These processes have replacing each other in time did not stop, and the normal evolution of the soil profile took place to bottom, in contrast to the fluvisol which evolution was to upper as have happened by the fresh alluvial and probably deluvial sedimentation.

Recognizing of the «normal» soil genesis process as a basis for the formation of zonal soils in the Holocene, we are interpreting Factor 1, conducted by the context of factor analysis, as the environmental conditions for such soil formation. The results of factor analysis regarding to ecological-geochemical soil state Factor 1 should be considered as the basic parameters of soils (soil organic matter, pH, indicators of soil absorbing complex, mineralogical composition and particle size distribution).

Under this condition Factor 2 is associated with the processes (fluvial, sedimentation, erosion) denudation, or transfer and accumulation of different material that would cause disturbance "normal" soil genesis. For that reason ecological-geochemical soil state is determined by soil formation factors for a specific time stage and dominant conditions for some processes.

Keywords: *ecological-geochemical soil state, factor and cluster analysis, trace elements, soil saturation index, evolution.*

УДК 631.472:631.4

Ю. М. Дмитрук

д-р биол. наук, проф.

*Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича,
ул. Коцюбинского, 2, г. Черновцы, Украина, 58012,
тел.: +38066-612-49-50, e-mail: y.dmytruk@chnu.edu.ua*

ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ЭВОЛЮЦИИ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО СТАТУСА ПОЧВ

Аннотация. Предыдущие работы по оценке насыщенности почв микроэлементами (тяжелыми металлами) показали многофакторное влияние на эколого-геохимический статус почв. Поэтому избраны отдельные варианты многомерного анализа для выявления факторов воздействия на эволюцию этого статуса. Все исследуемые почвы сформировались в течение последнего этапа голоцена – субатлантики. Их относительная молодость позволяет оценить факторы влияния на достаточно коротком временном отрезке. Признавая нормальный процесс почвообразования основой генезиса зональных почв в голоцене, обнаруженный нами первый фактор – это условия почвогенеза, а для эколого-геохимического статуса – это основные свойства почв (органическое вещество, pH, показатели ППК, минералогический и гранулометрический состав). Второй фактор связан с определенными процессами (флювиальными, седиментационными, эрозионными), которые либо делают невозможным или замедляют ход нормального почвогенеза, что в отдельных случаях сопровождается образованием азональных типов почв. Итак, эколого-геохимический статус почв определяется конкретными условиями почвогенеза определенного временного этапа.

Ключевые слова: *эколого-геохимический статус почв, факторный и кластерный анализ, микроэлементы, индекс насыщенности почв, эволюция.*

УДК 631.472:631.4

Ю. М. Дмитрук

д-р біол. наук, проф.

*Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012,
тел.: +38066-612-49-50, e-mail: y.dmytruk@chnu.edu.ua*

ОКРЕМІ АСПЕКТИ БАГАТОВИМІРНОГО АНАЛІЗУ ЕВОЛЮЦІЇ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНОГО СТАТУСУ ҐРУНТІВ

Анотація. Попередні роботи з оцінки насиченості ґрунтів мікроелементами (важкими металами) показали багатфакторний вплив на еколого-геохімічний статус ґрунтів. Тому обрано окремі варіанти багатовимірної аналізу для виявлення факторів дії на еволюцію цього статусу. Всі досліджувані ґрунти сформувалися протягом останнього етапу голоцену –

субатлантики. Їхня відносна молодість дозволяє оцінити чинники впливу на досить короткому часовому відрізку. Визнаючи нормальний процес ґрунтоутворення основою генезису зональних ґрунтів в голоцені, виявлений нами перший фактор – це умови ґрунтогенезу, а для еколого-геохімічного статусу – це основні властивості ґрунтів (органічна речовина, рН, показники ГВК, мінералогічний і гранулометричний склад). Другий фактор пов'язаний з певними процесами (флювіальними, седиментаційними, ерозійними), які або унеможливають, або сповільнюють хід нормального ґрунтогенезу, що в окремих випадках супроводжується утворенням азональних типів ґрунтів. Отже, еколого-геохімічний статус ґрунтів визначається конкретними умовами ґрунтогенезу певного часового етапу.

Ключові слова: еколого-геохімічний статус, факторний і кластерний аналіз, мікроелементи, індекс насиченості ґрунтів, еволюція.

ВСТУП

Складність ґрунтів та їх функціонування в системі ґрунт – літосфера – біосфера – атмосфера – гідросфера потребують використання методів математичної статистики та багатовимірного аналізу, зокрема як кластерного, так і факторного. Розрахунки індексів насиченості ґрунтів мікроелементами та оцінка їхнього розподілу свідчать про багатофакторний вплив на еколого-геохімічний статус ґрунтів конкретних екосистем. Тому окремо взяті параметри ґрунту не забезпечують релевантної оцінки еволюції, що залишається серйозною проблемою. Кількісна або якісна оцінка різних аспектів функціонування ґрунтів базується на використанні певних індикаторів (Shukla et al., 2006; Ivezic et al., 2015). Проблема оцінки процесів формування еколого-геохімічного статусу ґрунтів і окремих генетичних горизонтів залишається маловивченою. Чи є вміст мікроелементів у ґрунтах результатом переважно актуальних процесів, чи в ньому поєднуються як реліктові, так й сучасні імпакти? Такі дослідження для окремо взятих елементів рідко завершуються узагальненням на екосистемному рівні через різновекторність поведінки мікроелементів у ґрунтах. Тому мета цього дослідження – виявити перспективи використання індексу насиченості ґрунтів мікроелементами для оцінки пізньоголоценової еволюції їх еколого-геохімічного статусу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Стаціонари Садгора і Рідківці характеризуються складною структурою ґрунтового покриву (Dmytruk Y.M., 2016a; Dmytruk Y.M., 2016b). Серед досліджуваних розрізів: R-1 (H(e)+Eh (780±50 BP)+Ie(h)(gl) (1740±70)+I(gl)+Pikgl) – темно-сірий лісовий; R-3 (H+He(gl)+Ihgl (950±150 BP)+I(h)Gl – (1870±160 BP) – темно-сірий лісовий; R-V-3 ([Ehgl – (1000±60 BP)]+[ImGl]+[Pkgl]) – сірий лісовий оглеєний, похований під земляним валом близько 1000 р.т.н.; S-1 (Hk+HPk+Pk(h)(gl)+[H(p)k]+[P(h)kGl – (1190±50 BP)]+[HkGl]+[P₁h₁Glk]+[P₂h₂kGl] – дерновий алювіальний; S-2 (He+E(i) – (360±50 BP)+IE+Im(gl)+Impgl+Pigl) – бурувато-підзолистий; S-3 (HE(gl)+IhE(gl)+I₁gl+I₂gl+Pigl(k)) – сірий лісовий; S-Ch ([Hk]+[Hek]+[Hik]+[Hpk]+[Phk]+[Pk]) – чорнозем опідзолений, похований ~ 5000 BP.

Номери генетичних горизонтів, починаючи з першого розрізу R-1 та закінчуючи останнім розрізу S-Ch (рис. 2), відповідають порядку розміщення розрізів у наведеному описі (всіх розрізів – 7; всіх генетичних горизонтів – 38. Валовий вміст мікроелементів визначали методом спектрофотометрії (КАС 115 M1) на основі азотнокислої витяжки з наступним випаровуванням пероксиду водню. Абсолютний вік зразків ґрунтів встановлено радіовуглецевим методом в лабораторії Інституту геохімії навколишнього середовища (Скрипкін В. М.). Розраховували індекси насичення ґрунтів мікроелементами (Dmytruk, Berbez, 2009; Dmytruk, 2016a), з використанням яких проводився факторний і кластерний аналіз для оцінки процесів формування еколого-геохімічного статусу ґрунтів і їх еволюції. Групування

досліджених розрізів проведено на основі індексів насичення ґрунтів хімічними елементами (свинець, кадмій, мідь, нікель, хром, цинк та марганець). Для багатовимірного аналізу та математико-статистичної обробки результатів використано програму Statistica, всі операції проведено для 95 % рівня забезпеченості. Кластерний аналіз проведено методом Уорда на основі евклідової відстані; факторний аналіз – методом принципів компонентів без і з обертанням (варімакс нормалізований) осей. Кількість факторів обрано на основі графічного тесту (величина навантаження $>1,0$).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Досліджувані розрізи ґрунтів утворили два кластери (рис. 1): у правому – розрізи стаціонару Рідківці, у лівому – Садгори, причому поховані ґрунти поєднуються в групи не за місцем свого розміщення. Отже, визначальним для поєднання ґрунтів у кластери є генетичний тип ґрунту (генезис у результаті аналогічних процесів ґрунтогенезу), незважаючи на еколого-геохімічний принцип групування. Надалі проведено кластерний аналіз для визначення місць окремих генетичних горизонтів на основі вмісту всіх мікроелементів (рис. 2). Горизонти ґрунтів формуються за переважаючими в них ґрунтоутворюючими процесами як актуальними, так і попередніми та, як результат цих процесів, характеризуються певними властивостями. З погляду еколого-геохімічного аналізу це означає оцінку процесів акумуляції-розсіювання, результатом яких і є деяка кількість мікроелементів. Отже, групування на основі їх вмісту дає нам змогу виокремити певні горизонти як фонові (фоновий вміст мікроелементів), акумулятивні або дисипативні (розсіювання).

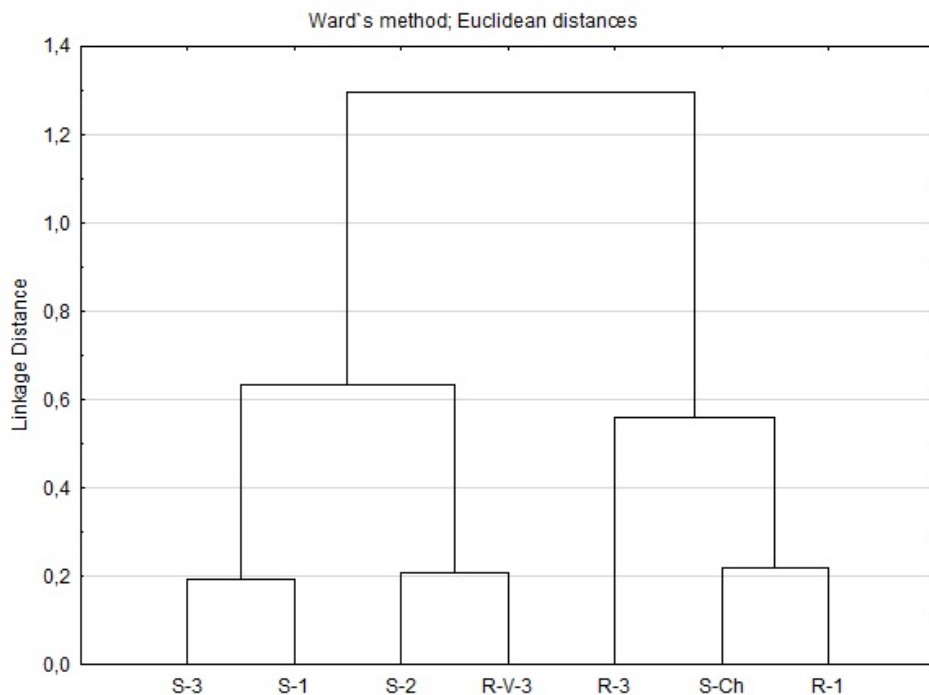


Рис. 1. Дерево зв'язків між розрізами стаціонарів Садгора (S) та Рідківці (R) на основі індексу насиченості ґрунтів мікроелементами

Аналіз кластерів (рис. 2) показав наявність двох основних груп: права (17 горизонтів) та ліва (21 горизонт). Середнє значення індексу насиченості ґрунтів мікроелементами становить 0,97 (фоновий статус) для правої гілки та 0,69

(розсіювання) – для лівої. Водночас спостерігаються підкластери в обох гілках: і в правій, і в лівій є по три підгрупи, які відносяться до фонові з трендом до розсіювання (K-1; середня величина $I_v=0,86$); фонові з трендом в акумуляцію (K-2; 1,06) та фонові (K-3; 1,0); в лівій гілці – до розсіювання (K-4; $I_v=0,61$), розсіювання з трендом до фону (K-5; 0,80) та інтенсивного розсіювання (K-6; 0,54).

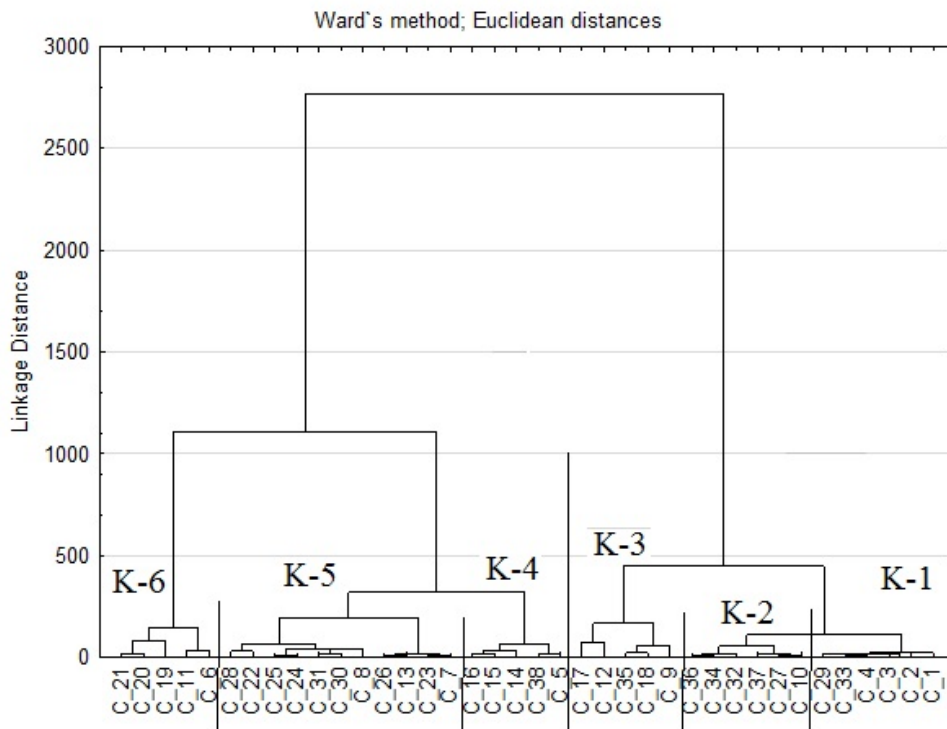


Рис. 2. Дерево зв'язків між горизонтами розрізів стаціонарів за вмістом мікроелементів

У контексті пізньоголоценового генезису та еволюції ґрунтів, а тому й відповідних елементарних ґрунтоутворюючих процесів (Evoluyuzya roschv..., 2015), встановлено, що інтенсивне розсіювання притаманне переважно гумусовим горизонтам розрізів стаціонару Садгора (S-1, S-2, S-3). Це наймолодші за віком формування генетичні горизонти. Незважаючи на підвищений вміст органічної речовини в них, процеси розсіювання інтенсивніші, ніж акумулятивні в даних еколого-генетичних умовах. До горизонтів розсіювання відносяться як генетичні горизонти розрізів стаціонару Садгора (S-1, S-2, S-3), так і окремих розрізів стаціонару Рідківці (R-1, R-V-3) – це здебільшого елювіальні або гумусово-елювіальні горизонти, для яких процеси виносу апріорі характерні. В групі розсіювання з трендом до фоновому вмісту виявились генетичні горизонти всіх розрізів, серед яких здебільшого перехідні, приурочені до середньої частини профілів.

Горизонти фоновому вмісту мікроелементів утворили переважно ілювіальні та нижні перехідні до ґрунтоутворюючої породи генетичні горизонти всіх розрізів, за винятком дернового ґрунту (S-1). Місця власне акумуляції, яких загалом досить мало – це нижні горизонти обох похованих ґрунтів та нижній перехідний до породи горизонт розрізу R-3. Отже, верхні частини розрізів, сформовані протягом останніх століть (від 780 років датованого віку до сьогодні) характеризуються розсіюванням мікроелементів. Це, безумовно, не означає, що весь вказаний період еколого-генетичні умови сприяли виносу мікроелементів, тим більше що протягом цього часу власне кліматичні флуктуації були досить неоднозначними (від «малого

льодовиків'я» до теплого етапу з трендом до аридності останнього століття). А виявлене переважання розсіювання свідчить про те, що останній підетап голоцену (SA-3A згідно з прийнятою в Україні схемою етапів розвитку природи в голоцені, запропонованою М. Ф. Векличем (Prostorovo-chasova., 2010)) порівняно з субатлантичним періодом загалом характеризувався чинниками, внаслідок яких процеси виносу переважали над акумулятивними. Очевидно, що довготерміновий прогноз еколого-геохімічного статусу ґрунтів може здійснюватися найперше узгоджено з існуючими трендами, імовірними на певному рівні забезпечення.

Горизонти акумуляції та підвищеного вмісту мікроелементів сформувалися на межі пізнього суббореалу–субатлантики (близько 2500–2900 років тому назад). Цей часовий відрізок також характеризується неоднозначними змінами чинників ґрунтогенезу, які описуються і як вологі, і як посушливі, але при цьому для них притаманні гумусоакумулятивні процеси, на які пізніше накладалося ще й ілювіювання, що супроводжувалося накопиченням дрібнодисперсних часток. Крім того, близьке розміщення цих генетичних горизонтів до ґрунтоутворюючої породи, очевидно, сприяло акумуляції. Водночас і в цьому випадку, як і для горизонтів виносу, ми говоримо про загальні закономірності, які могли змінюватися в ту чи іншу сторону. Тому залежність насиченості ґрунтів мікроелементами від часу генезису ґрунтових горизонтів описується складним поліноміальним рівнянням регресії ($R^2=0,27$). Наявність обмеженої кількості горизонтів датування лімітує можливості верифікації.

На основі віку горизонтів і насиченості ґрунтів мікроелементами наступний крок кластерного аналізу виявив дві чіткі групи (рис. 3): в одній – генетичні горизонти з переважаючими процесами розсіювання (елювіювання), в іншій – акумуляції (ілювіювання).

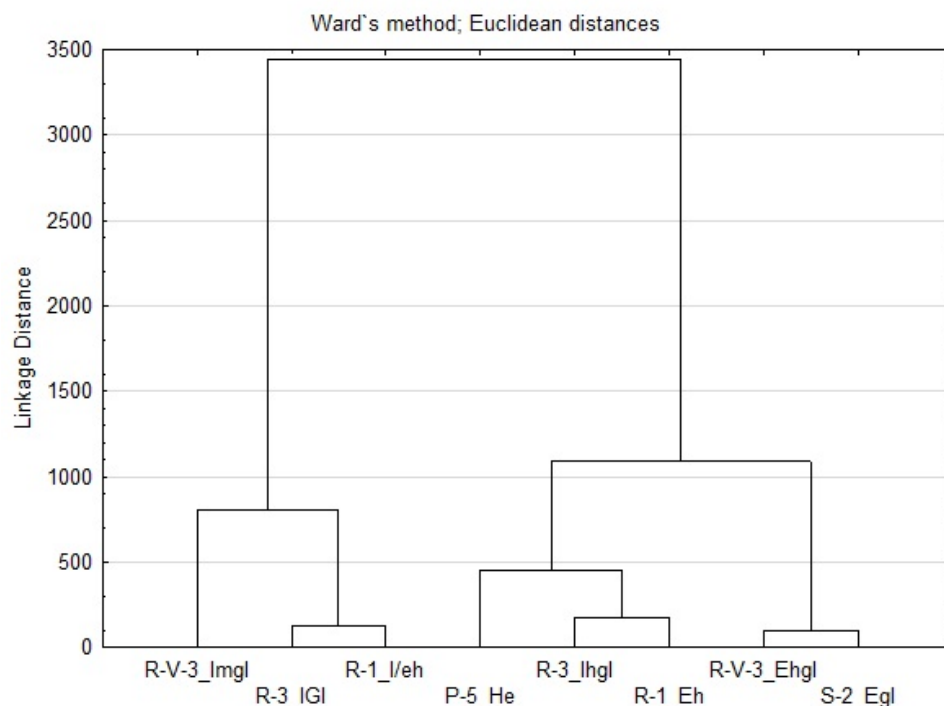


Рис. 3. Дерево зв'язків між генетичними горизонтами ґрунтів з відомим віком на основі індексу насиченості ґрунтів мікроелементами (P-5_He – археологічно датований горизонт)

Для скорочення числа факторіальних ознак та виявлення структури відносин між змінними використано факторний аналіз. Тільки два фактори (табл. 1) визначають насиченість розрізів ґрунтів мікроелементами (фактор 1 – на 71,7 %, фактор 2 – на 28,3 %), що свідчить про велику валідність застосованого показника (Iv), а не власне абсолютного вмісту мікроелементів. Факторні навантаження (табл. 2) показують кореляції між параметрами, що досліджуються, та в цьому випадку – двома факторами (новими змінними, які заміщують всі властивості ґрунтів, що могли впливати на їх насиченість мікроелементами). В абсолютній більшості випадків перший фактор має тісніші кореляції, ніж другий (чи наступні інші фактори), які, характеризуючись послідовно, містять все менше та менше дисперсії.

Таблиця 1

Власні значення факторного аналізу та їхня дисперсія				
Фактори	Власні значення	% загальної дисперсії	Сума власних значень	Кумулятивний %
1	5,02	71,7	5,02	71,7
2	1,98	28,3	7,00	100,0

Отже, генетична відокремленість розрізу S-1 підтверджена на дуже високому рівні кореляції (табл. 2). Ця відокремленість – результат генезису дернового алювіального ґрунту під впливом ґрунтоседиментаційних процесів, що видно з будови профілю цього ґрунту (верстуватість генетичних горизонтів, серед яких поховані внаслідок акумуляції алювіального матеріалу гумусові та перехідні горизонти). Напевне, і це частково підтверджується радіовуглецевим аналізом, цей ґрунт може вважатися молодшим, що, очевидно, пояснюється стійким надходженням свіжого матеріалу. Всі інші розрізи, у тому числі й поховані ґрунти, формувалися під впливом різних елементарних ґрунтоутворюючих процесів, які, проте, змінюючи один одного, не зупинялися, а нормальний розвиток профілю цих ґрунтів відбувався вниз, на відміну від алювіального дернового ґрунту, ріст якого відбувався вгору за рахунок свіжих алювіальних, імовірно, і делювіальних седиментів.

Таблиця 2

Факторні навантаження (>0,70) до і після обертання		
Розрізи	Factor 1	Factor 2
R-1	0,82/-0,98*	0,57/0,18
R-3	-0,96/0,99	-0,26/0,16
R-V-3	-0,90/0,64	0,43/ 0,76
S-1	-0,14/-0,28	0,99/0,96
S-2	-1,00/0,94	-0,07/0,35
S-3	-0,80/0,47	0,61/ 0,88
S-Ch	0,98/-0,98	0,22/-0,20
Власні значення	5,02	1,98
Частка в дисперсії	0,72	0,28

* Виділено істотно значущі залежності; перед ризико – до, після ризику – після обертання.

Крім особливостей розрізу S-1, інші ґрунти можна розділити на три групи (табл. 2), які зберігаються і після обертання: похований ґрунт R-V-3 розміщений в одній групі з розрізом S-3 (поєднання факторів: -0,90 і 0,43 та -0,80 і 0,61); розріз S-2 – з розрізом R-3 (-0,99 і -0,07 та -0,96 і -0,26); та розріз S-Ch – з розрізом R-1 (0,98 і 0,22 та 0,82 і 0,57). Причому залежності змінюють знак після обертання, за винятком дернового алювіального ґрунту (S-1).

Водночас після обертання осей факторні навантаження, зберігаючи групи ґрунтів, відносять до визначального впливу вже другого фактора розрізи S-3 та R-V-3 (табл. 2).

В останньому випадку це пояснюється певною незавершеністю ґрунтогенезу через поховання даного ґрунту після насипання земляних валів близько 1000 років тому назад (стаціонар Рідківці). Певні особливості притаманні розрізу S-3. Вони пов'язані з його розміщенням на схилі, що й супроводжувалося інтенсифікацією розсіювання та відповідним зменшенням насиченості ґрунтів мікроелементами.

ВИСНОВКИ

1. На основі факторного аналізу доказано ефективність використання Ів (індексу насиченості ґрунтів мікроелементами): проведення аналітичних робіт тільки з указаним показником виявляє однозначне зменшення кількості визначальних факторів (до двох) і при цьому частка дисперсії, яка визначається двома факторами, становить 100 %. Застосування в аналізі вмісту валових або рухомих форм, або одних і других спільно, як і спільне використання вмісту рухомих форм і їх рухомості, призводить до збільшення факторів до 4 з одночасним зменшенням частки дисперсії, зумовленої цими факторами, до 74–88 %. Не виявлено визначального впливу на насиченість ґрунтів мікроелементами для жодного з досліджуваних типів ґрунтів, у яких поєднуються як процеси, що сприяють акумуляції мікроелементів, так і процеси їх вивезення.

2. Визнаючи «нормальний» процес ґрунтогенезу основою формування зональних ґрунтів у голоцені, фактор 1 у контексті проведеного факторного аналізу – це чинники для такого проходження ґрунтоутворення; щодо еколого-геохімічного статусу ґрунтів – це їхні основні параметри (вміст органічної речовини, кислотність, показники ГВК, мінералогічний і гранулометричний склад); за такої умови фактор 2 пов'язаний із процесами (флювіальні, седиментаційні, ерозійні) денудації або переносу та акумуляції матеріалу, тобто певними порушеннями «нормального» ґрунтогенезу. Отже, еколого-геохімічний статус ґрунтів визначається чинниками ґрунтогенезу на конкретному етапі та переважаючими для певних умов процесами.

* * *

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом № Ф 64/24–2015 «Вплив погодно-кліматичних флуктуацій на процеси масообміну в системі ґрунт – рослина».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Dmytruk, Y. M., Berbez, M. A., 2009. Osnovy biogeochemiyi [Basis of biogeochemical]. Knygy 21, 149–153 (in Ukrainian).
- Dmytruk, Y. M., 2016a. Ekologo-evolyuzijna metodyka ozinky fonovogo vmistu mikroelementiv u gruntach [Ecological-evolutionary method of assess background content of trace elements in soils]. CHNU (in Ukrainian).
- Dmytruk, Y. M., 2016b. Ekologo-evolyuzijnyi analiz vmistu litiyu u gruntach. [Ecological-evolutionary analysis of lithium content in soils]. Gruntoznavstvo 17(1-2), 31–39 (in Ukrainian).
- Evolyuzya pochv i pochvennogo pokrova, 2015 [Evolution of soils and soil cover]. Ed. V. N. Kudryarov, I. V. Ivanov. Geos, Moscow, 421–455 (in Russian).
- Ivezić, V., Singh, B. R., Gvozdić, V., Lončarić, Z., 2015. Trace metal availability and soil quality index relationship under different land uses. Soil Science Society of America Journal 79(6), 1629–1637.
- Prostorovo-chasova korelyaziya paleogeografichnykh umov chetvertynnogo periodu na terytoriyi Ukrayiny, 2010 [Space-time correlation paleogeographical conditions Quaternary in Ukraine] / Z. M. Matviyishyna et al. Naukova dumka, Kyiv (in Ukrainian).
- Shukla, M. K., Lal, R., Ebinger, M., 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. Soil and Tillage Research 87, 94–204.

Стаття надійшла в редакцію: 02.12.2016

EVOLUTION AND GENESIS OF SOILS



V. L. Samokhvalova¹✉ Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.
Y. V. Skrylnyk¹ Dr. Sci. (Agri.)
V. I. Lopushnyak² Dr. Sci. (Agri.), Professor
L. O. Shedey¹ Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.
P. A. Samokhvalova³

UDK 631.41; 631.416.9; 631.52;
641.417.2(282.247.31);
504.53.06: 504.054

¹National Scientific Centre «O. N. Sokolovsky
Institute for Soil Science and Agrochemistry»,
Chaikovska str., 4, Kharkiv, Ukraine, 61024

²University of Science and Technology in Bydgoszcz,
al. prof. S. Kaliskiego, 7, Bydgoszcz, Poland, 85-796

³V. N. Karazin Kharkov National University,
Svobody square, 4, Kharkov, Ukraine, 61022

FORECASTING THE LEVELS OF CHEMICAL ELEMENTS CONTENT IN SOILS OF DIFFERENT GENESIS FOR THE ASSESSMENT OF THEIR ECO-ENERGY STATUS

Abstract. Grounded the new elaborated method for predicting of trace elements (TE) and heavy metals (HM) content in the soils of different genesis, which was elaborated by analysis the indicators parameters of their organic matter and energy characteristics in different natural-climatic zones of Ukraine, also of contaminated and intensive fertilizer soils. The method aims for the assessment of soils ecological-energy state due to the installation of the new natural relations of indicators humus, energy and elemental status of soils of different types, as a result, expanding the range of diagnostic indicators with identifying their paired combinations and simultaneously increasing of informativeness, accuracy, express testing of chemical elements (TE, HM) predicting levels, energy and humus state of soils to predict and ecological regulation of their quality.

The essence of the elaborated utility model – by the identify of new patterns of soil properties indicators and receive four matching pairs of humus (C_{GA}/C_{FA} , C_{total}), elemental and energy state (calorific value of humus, the reserves of energy in the soil layer of 0–20 cm) as soil indicators with the using of mathematical-statistical analysis of the obtained regression equations for the accurate determination is predicted the TE and HM content in soils of different types of background conditions, with the distribution algorithm of the method for different soil types in certain climate zones in the conditions of technogenic pollution and technological load, risk and the presence of man-made pollution to make timely management decisions. Elaborated method ensures the rapidity of the assessment and improves the accuracy of the TE/HM status prediction, energy and humus state of soils of different genesis with the identification of soils ecological differences to predict their quality by assessment of ecological functions for the ranking of energy intensity indicators of the soil.

✉ Tel.: +038057-704-16-69, e-mail: v.samokhvalova@mail.ru

DOI: 10.15421/031611

The method is applicable in the environmental regulation of TE and HM content, regulation of the loads (technogenic, technological) on a soil system, agroecology to address issues of biological agriculture, bio-energy and energy of soil formation; monitoring the quality of humus and the status TE and the dangers of excess accumulation of HM, in the soil humus indicators and /or energy state; efficient environmental management of soils, both in background conditions and with different anthropogenic impacts and in the research practice.

Grounded the method was examined on the of soils samples in different natural-climatic zones of Ukraine, contaminated soils in Kharkiv, Donetsk and Lugansk regions, and intensive fertilizer (organo-mineral, organic and mineral system of fertilizers) of soils in Kiev, Kharkiv, Poltava and Lviv region.

Key words: soil, trace elements, heavy metals, energy capacity, the calorific value of humus, the reserves of energy in the layer 0–20 cm, technogenic pollution, technological load, method, prediction, matching pair of indicators.

УДК 631.41;
631.416.9; 631.52;
641.417.2(282.247.31);
504.53.06: 504.054

В. Л. Самохвалова¹ стар. наук. спів., канд. с.-г. наук
Є. В. Скрильник¹ д-р с.-г. наук
В. І. Лопушняк² д-р с.-г. наук, проф.
Л. О. Шедєй¹ стар. наук. спів., канд. с.-г. наук
П. А. Самохвалова³

¹Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024,
тел.: +038057-704-16-69, e-mail: v.samokhvalova@mail.ru

² Університет науки та технологій у м. Бидгощ, м. Бидгощ, Польща, 85-796

³Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна,
пл. Свободи, 4, м. Харків, Україна, 61022

ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНІВ ВМІСТУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТАХ РІЗНОГО ГЕНЕЗИСУ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАТУСУ

Анотація. Обґрунтовано спосіб прогнозування вмісту мікроелементів (МЕ) та важких металів (ВМ) у ґрунтовій системі на прикладі обстежених ґрунтів різного генезису природно-кліматичних зон України, забруднених ґрунтів Харківської і Луганської областей й інтенсивно удобрених (орґано-мінеральна, органічна і мінеральна системи удобрення) ґрунтів Харківської, Полтавської та Львівської областей.

За рахунок встановлення нових взаємозв'язків та отримання чотирьох діагностичних комбінаційних пар показників гумусового, елементного та енергетичного стану (теплотворна здатність гумусу, запаси енергії в шарі до 20 см) ґрунту з використанням математико-статистичного аналізу та регресійних рівнянь прогнозують рівні вмісту МЕ/ВМ у ґрунтах різного генезису. Алгоритм способу поширено на ґрунти різних типів певної природно-кліматичної зони за умов техногенного забруднення і технологічного навантаження.

Установленням нових закономірних зв'язків показників базових властивостей ґрунтів забезпечується розширення спектру діагностичних показників з одночасним підвищенням інформативності, точності, експресності прогнозування рівнів вмісту МЕ/ВМ, оцінювання еколого-енергетичного стану ґрунтів різних типів за фонових умов, впливу технологічного навантаження, ризику і наявності техногенного забруднення для оцінювання та нормування якості ґрунтів. Спосіб може знайти застосування в екологічному нормуванні вмісту МЕ/ВМ та нормуванні навантажень (техногенних, технологічних) на ґрунтову систему, агроєкології за вирішення питань біологічного землеробства, біоенергетики та енергетики ґрунтоутворення; моніторингу якості гумусу і статусу МЕ та небезпеки надлишкового накопичення ВМ у ґрунтах за показниками гумусового та/або енергетичного стану; ефективного екологічного менеджменту ґрунтів за прийняття своєчасних управлінських рішень та одночасної мінімізації витрат ресурсів як за фонових умов, так і за різних антропогенних впливів та в науково-дослідній практиці.

Ключові слова: ґрунт, мікроелементи, важкі метали, енергоємність, теплотворна здатність гумусу, запаси енергії в шарі до 20 см, техногенне забруднення, технологічне навантаження, спосіб, прогнозування, комбінаційні пари показників.

УДК 631.41;
631.416.9; 631.52;
641.417.2(282.247.31);
504.53.06: 504.054

В. Л. Самохвалова¹ стар. науч. сотр., канд. с.-х. наук
Е. В. Скрыльник¹ д-р с.-х. наук
В. И. Лопушняк² д-р с.-х. наук, проф.
Л. А. Шедей¹ стар. науч. сотр., канд. с.-х. наук
П. А. Самохвалова³

¹ *Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024, тел.: +038057-704-16-69, e-mail: v.samokhvalova@mail.ru*

² *Университет науки и технологии в г. Быдгощ, г. Быдгощ, Польша, 85-796*

³ *Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТАТУСА

Аннотация. Обоснован способ прогнозирования содержания микроэлементов (МЭ) и тяжелых металлов (ТМ) в почвенной системе на примере обследованных почв разного генезиса природно-климатических зон Украины, загрязненных почв Харьковской и Луганской областей и интенсивно удобренных (органо-минеральная, органическая и минеральная системы удобрения) почв Харьковской, Полтавской и Львовской областей.

За счет установления новых взаимосвязей и получения четырех диагностических комбинационных пар показателей гумусового, элементного и энергетического состояния (теплотворная способность гумуса, запасы энергии в слое до 20 см) почвы с использованием математико-статистического анализа и регрессионных уравнений прогнозируют уровни содержания МЭ/ТМ в почвах разного генезиса. Алгоритм способа экстраполируют на почвы различных типов определенной природно-климатической зоны в условиях техногенного загрязнения и технологической нагрузки.

Установлением новых закономерных связей показателей базовых свойств почв обеспечивается расширение спектра диагностических показателей с одновременным повышением информативности, точности, экспрессности прогнозирования уровней содержания МЭ/ТМ, оценки эколого-энергетического состояния почв разных типов при фоновых условиях, влияния технологической нагрузки, риска и влияния техногенного загрязнения для оценки и нормирования качества почв. Способ может найти применение в экологическом нормировании содержания МЭ/ТМ и нормировании нагрузок (техногенных, технологических) на почвенную систему, в агроэкологии для решения вопросов биологического земледелия, биоэнергетики и энергетики почвообразования; мониторинга качества гумуса и статуса МЭ и опасности избыточного накопления ТМ в почвах по показателям гумусового и/или энергетического состояния; эффективного экологического менеджмента почв для принятия своевременных управленческих решений и одновременной минимизации затрат ресурсов как в фоновых условиях, так и в различных антропогенных воздействиях, а также в научно-исследовательской практике.

Ключевые слова: почва, микроэлементы, тяжелые металлы, энергоемкость, теплотворная способность гумуса, запасы энергии в слое почвы 0–20 см, техногенное загрязнение, технологическая нагрузка, способ, прогнозирование, комбинационные пары показателей.

INTRODUCTION

Prediction of the quality of different genesis soils is complex and multi-stage task in solving on background conditions and anthropogenic (technogenical, technological) impacts on soils (Medvedev, Plisko, 2003; Medvedev, 2012). For prediction the environmental impact of loads on soils patterns of pollutants migration and transformation in the separate links of trophic chains and patterns of soils ecological status (quality) changed under the influence of anthropogenic loads are to be used (19 th World Congress

of Soil Science, 2010; Glazovskaya, 1997; Izrael, 2001; Kovda, 1973; Kovda, 1974; Lal, 2007; Lobell, Burke, Tebaldi, 2008). Models provide to get predictive estimates of changes in the elemental status of the soil-plant system, other links of trophic chains, about degradation of different genesis soils with the account of transport processes, the translocation of pollutants and their accumulation; concerning physical, chemical and biological transformation and decontamination; as to changes of properties and functions of soil that are the basis for the environmental regulation and assessment of their quality due to the background conditions and the impact of technological loads, industrial pollution (Glazovskaya, 1997; Lal, 2007; Lobell, 2008; Revich, 2007; Samokhvalova, Fateev, 2006; Pat. Ukrainy na vynaxid № 83563 UA, 2008).

The application of eco-energy indices of different genesis soils, as integral characteristics of changes their properties, is an important component of predicting changes in their functions (Kovda, 1973; Kovda, 1974; Volobuev, 1974, 1982, 1983; A.c. 1481681 A1 SU, 1989). However, the forecasting is constrained by the fact that it is difficult to consider probabilistic component, which is detected by investigation of the ecological state of soil, effects and precise patterns of developing soil processes, random component of soil processes that are virtually impossible to predict and is an extremely difficult methodological issue. Therefore, the specificity of the ecological state prediction of the soil affects a significant decline in the quality of forecasts.

The elaboration of methodological approaches for predicting of the different genesis soils element status by using of their eco-energy state indicators and implementation is an urgent problem that requires further improvement of prediction existing methods, for clarification forecasts and forecast models.

Relevant for prediction of soil quality is the investigating for new diagnostic criteria for assessment using indicators of trace element status, humus (C_{total} , %; ratio of $C_{\text{humic acids}} / C_{\text{fulvic acids}}$) and energy state (generalizing characteristics of the intensity of energy content in organic matter of the soils – specific internal energy of humus or calorific value, the total energy reserves in the layer of 0–20 cm). Simultaneously actualized the necessity for selective choice of the most suitable diagnostic and correlation of related pairs of soil properties suitable indicators the using of which is based on the possibility to accurately express and forecasting environmental and energy status of different genesis soils and their quality taking into account the elemental composition.

The feasibility of using a set of soils ecological and energy status indicators for predicting elemental status due to their high information content and the predictability of the results due to their close connection and the possibility of combining various indicators of the soils biological processes intensity (microbiological and biochemical activity, decomposition and synthesis of organic compounds etc.) into generalized terms of its energy state and for correctly determine the direction of the substances and energy transformations in the soils.

The complex of soils humus and energy condition indicators allows justify effective using of management techniques of the soil quality control for quantitative evaluation of soil processes due to the background conditions, technological loads and technogenic pollution. In addition, soil organic matter is an accumulator and distributor of solar energy. Therefore, the using of soil energy intensity indicator can be used as generalized criterion of its functioning, to reflect the productivity of the soil, the intensity of the processes of humification-mineralization, to serve as an indicator of soil system stability. Thus, in the case of dynamic equilibrium (equivalency of the receipt and consumption energy process of soil organic matter) the entropy is close to the minimum indicating the lack of energy storage in soils humus. The stability of the humification-mineralization processes in a soil system determines the soil ability to recover energy resources due to the accumulation and distribution of energy generated by photosynthesis (Kovda, 1974; Volobuev, 1974, 1982, 1983; Volodin, Phedorchenko, Birukova, 1989). Rational use of the soil energy is the conservation and restoration of its basic fertility and, consequently, soil system eco-energy

state. Therefore, using of soil humus indicators and/or energy state allows more complete account of soils properties and functions, and thus of soil resources; reducing the cost of anthropogenic energy and elimination of negative impacts on soil environmental and energy state by using of less energy-intensive measures to restore the soil functions for the existence of degradation processes. All of the above actualizes the necessity to predict of soils quality, determination the new criteria and indicators for assessing their quality based on its trace element status, humus and energy state, including the technological loads, risk and availability of technogenic pollution.

The purpose of the investigation – to elaborate a method for predicting levels of chemical elements content in soils of different genesis for the assessment of their ecological-energy state due to the installation of the new natural relations of indicators of humus, energy and elemental status of soils of different types, as a result, expanding the range of diagnostic indicators with identifying their paired combinations and simultaneously increasing of informativeness, accuracy, quick testing of chemical elements predicting levels, energy and humus state of soils to predict and ecological regulation of their quality.

MATERIALS AND METHODS

The elaborations of a method include:

1. Conducting of patent researches due to the DSTU 3575 and DSTU 3576. Objects – the copyrights that are patented in Ukraine and the CIS countries in the plane of the goal. Subject of researches – the method in general; separate operations (stages) of the method that are patentability; methods for their preparation and scope of application; the equipment used in carrying out the process; methodological approaches to predicting of the different types of soils element status, including the influence of technogenic HM pollution and technological loads; methods of humus and energy status of the soil predicting by using the methods of mathematical modeling, including models of transport and transformation of pollutants (geographic model) and the models of soils state changes by the impact of soil contamination (environmental models); methods of extrapolation and expert estimates. Research methods – methods of theoretical analysis, systematic approach.

2. Field stage – soil – geochemical investigations, including, in conditions of technological loading on the soils of Kyiv, Kharkiv, Poltava and Lviv regions and in conditions of constant impact of inorganic nature pollutions of atmospheric emission sources in Kharkiv region and of industrial facilities in Donetsk and Luhansk regions; carrying out a series of stationary microfield experiments. Objects of research – the soils of Forest-Steppe and Steppe natural-climatic zones of Ukraine for the effects of HM pollution and concealed in its absence. Research methods – universal general scientific methods, ecosystem and landscape-geochemical approaches.

The investigations of natural connections of indicators of trace elements, energy and humus status of different genesis soils and therefore indices of soil properties were carried out with sampling of arable (0–20 cm) layer. Soil-geochemical researches of HM pollution impact on soils performed due to the conditions of constant and periodic exposure of polyelemental pollution sources Zmiev TPP PJSC "Centrenergo" NJSC "Energy Company of Ukraine" in Kharkiv region, OJSC "Ukrtsynk" and OJSC "Avdeevka Coke Plant" in Donetsk region; industrial facilities in Lugansk and Bilokurakynsky, Perevalsky, Slavyanoserbsky, Trojtsky district of Lugansk region. Also, to confirm idea for the new technical elaboration were used HM data content in the soils from the Ecological Atlas of Kharkiv (2005), Donetsk (2007) and Lugansk (2004) regions.

Field researches on technological loads carried out in conditions of stationary experiences of the Soil Science, Agriculture and Agrochemistry Department of Lviv National Agrarian University, Western Forest-steppe of Ukraine. Explored the effectiveness of organo-mineral, organic and mineral fertilizing systems installed in established effective ratio amount combinations of soils improvers for the HM mobile forms immobilization and the activation of TE in soil with sampling of soil samples and establishing patterns change

their content and dynamics of humus status and transformation of organic matter in the dark-grey soil (Greyic Phaeozems Albic, WRB 2006) of a field crop rotation.

The energy intensity of different granulometric composition chernozem soils due to the influence of the fertilizers systems are determined in long term field experiences in Kyiv (Myronivska ES), Kharkiv (EF Grakovo), Poltava (Poltavska ES) and Lugansk (Lugansk ES) regions. Used mineral, organic and organo-mineral system of fertilizers was balanced by the introduction of the basic nutrients of supply. The application of organic and mineral fertilizers optimal doses was carried out for the using of current guidelines (Vlasiuk, Dmytrenko, 1962) according to the soils type and climatic conditions of a particular zone (The Handbook: Fertilizers and their using, 2010).

3. Analytical stage – in samples of different types of soils (sod-podzolics (Umbric Albeluvisols Abruptic, WRB 2006), light-gray (Greyic Phaeozems Albic), gray (Greyic Phaeozems Albic), dark-gray (Greyic Phaeozems Albic), chernozems podzolized (Luvic Phaeozems Albic), chernozems typical (Voronon Chernozems pachic), chernozems ordinary (Voronon Chernozems Pachic) and chernozems southern (Haplic Chernozems Pachic), chestnut (Haplic Kastanozems Chromic), dark-chestnuts (Haplic Kastanozems Chromic) soils, etc.) for laboratory analysis according to the applicable regulatory documents and methodological base were identified: a) the content of mobile forms of HM and TE (using extractant-ammonium acetate buffer, pH 4.8 and 1N HCl according to the DSTU 4770.1 – DSTU 4770.9: 2009 and MVV 31-497058-016-2003); b) the total content of organic matter – by Tyurin method (DSTU 4289:2004); c) the group composition (modified method by N. M. Kononova and N. P. Belchykova according to DSTU 7855:2015) and the fractional composition of soil humus (modified method by V. V. Ponomareva and T. A. Plotnikova according to DSTU 7828:2015); d) committed preparative allocation of soil humus substances (DSTU 7606:2014); e) the specific energy of the soil and of the humic acids preparations – using a calorimetric installation B – MA 08 ПП 1.470.000 in terms of the specific heat of combustion of soil samples according to DSTU 7866:2015; f) the density of the soil structure on background conditions, the impact of technogenic pollution and technological load according to DSTU ISO 11272-2001.

4. Cameral stage – evaluation of soils trace elements status due to the expert assessment normative-reference documents, the calculation of the total energy reserves of humus in the soil, statistical data processing of the obtained data of humus, energy state of soil including the influence of technological loads, industrial pollution with the construction of mathematical models.

The calculation of the total energy reserves that accumulated by soil humus, as indicator of the energy status of soil, carried out by the known formula D. S. Orlova – L. A. Grishinoy (Orlov, Birjukova, Rozanova, 2004; Orlov, Grishina, 1981) in modification by O. L. Orlov (Orlov, 2002) taking into account the quality of the humus and heat capacity of its main fractions:

$$Q = (19,96 * C_{G \text{ acids}} + 9.16 + 17.86 * C_{F \text{ acids}} * G) * H * d * 10/100, \quad (1)$$

where Q – energy reserves accumulated by soil humus, 10^6 kJ / ha (or 10^3 MJ / ha); 19.96 – calorific value of humic acids, kJ / g; 9.16 – calorific value of fulvic acids, kJ / g; 17.86 – humic calorific value, kJ / g; $C_{G \text{ acids}}$ – humic acid content, %; $C_{F \text{ acids}}$ – fulvic acid content, %; G – humin content, %; H – soil layer, m; d – density of soil structure, g/cm³; 10 – conversion factor of 10^6 kJ / ha; 100 – transfer units measurements of G_{acids} , F_{acids} and G to percentage.

Environmental assessment of soil on TE status and contents of the HM was performed according to the applicable regulations and methodological basis using the established background levels of TE /HM for soils in specific climatic zones of Ukraine (Fateev, Samokhvalova, 2012). Also, to confirm the idea for the elaboration of new method were used digital materials of scientific reports of the laboratory of soil protection from technogenic pollution NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky" on implementation of research works for 2001–2005, 2006–2010

relative to the element status of soils for the background soil conditions, the impact of technogenic HM pollution for their further generalization.

The analytical numerical data of the energy accumulative function of the soil humic substances – indicators of specific internal energy or calorific value of humus; the reserves of energy accumulated by soil humus, the microelement status and humic condition were statistically processed using the modules of correlation, variance, regression and factor analysis within *Statistica 10.0*, including calculations on the equations of linear, exponential and logarithmic regression.

RESULTS AND DISCUSSION

The generalization of the the soil-geochemical investigations results and analysis of the obtained data of TE /HM content in soils of different genesis in natural climatic zones of Ukraine (Samokhvalova, Fateev, Luchnykova, 2011) and determination of the humus group composition and total content of soils organic matter established (Samokhvalova, Lopushnjak, Fateev et al., 2014; Samokhvalova, Lopushnjak, Fateev et al., 2016) the close connection of the TE soils status and mobility of HM and TE content and total content of humus, group and fractional composition of organic matter, the level of hydrolytic acidity and content of physical clay in soils of a particular type. Established that the balance between the processes of mineralization and synthesis of organic compounds determined by sustainability of humic acids, stability over time of the $C_{\text{humic acids}} / C_{\text{fulvic acids}}$ ratio (Pat. na korysnu model 95649 UA, 2014; Pat. na korysnu model 105444 UA, 2016; Samokhvalova, Lopushnyak, Fateev et al., 2015), the energy intensity of the soil (Pat. na korysnu model 107854 UA, 2016; Samokhvalova, Skrylnyk et al., 2015).

For polluted by HM chernozem soils it was determined an increase of soil organic matter mineralization intensity (Samokhvalova, Fateev, 2006). It was established the relationships mobility majority of TE / HM in soils of different genesis to fulvic acids contents without and due to the influence of HM as soils contaminants.

As a results of investigations conventional energy intensity of chernozem ordinary (voronic chernozem, WRB 2006) were established that humus energy intensity in soil layer 0–10 cm is an average of 0,024 MJ / 1 g of humus, of the zonal soil – 0,021 MJ / 1 g of humus (agrocenosis) and 0,026 MJ / 1 g humus (virgin steppe). In the 10–20 cm layer of technogenic chernozem ordinary on loess loam determined the reducing of energy intensity in 2,5–14 times according to the level of 0,0097–0,0017 MJ / 1 g of humus. Also established a direct dependence of the specific heat of combustion and the content of organic matter in technogenic soils (Zholudeva, Kovalev, Yehorenkova, 2010).

Using the index of soil total humus content (C_{total} , %) for predicting is limited. Besides the error in determining of its contents in soil (15–20 %), carbon content is characterized by spatial and temporal (1–3 years) with a range of volatility fluctuations ± 0.2 –0.5 % abs. due to impact on its numerical value of content in soil of weather conditions, the amount of plant residues in the soil and etc. (Smirnov, Muravin, 1981).

Since the quality composition of the humus in the soil is different, energetic properties have separate soil phases, including mineral matter, soil microorganisms, chemical endo- and exogenous reactions of the soil, and the main part of the internal energy is the energy of the crystal lattice of minerals, therefore the application of energy principle is based on the understanding the necessity of taking into account all the "carriers" of soil energy (energy potential), the energy intensity of plants for the management of substance and energy transformations in the soil-plant system, thus rationing element status and control its quality. However, with substantial expenditure of resources for obtaining experimental data, and as a consequence, their failure prevents determining soils energy potential. Nevertheless, by the results of our researches (Lopushniak, 2012, 2013, 2014, 2015; Shedei, Shevchenko, 2006; Shedei, 2010; Skrylnyk, 2008, 2010; Zholudeva, Kovalev, Yehorenkova, 2010) it was established that determinations of soil energy intensity

(calorific value of humus in the soil and the total energy stored in the 0–20 cm layer) are sufficient to assess changes in ecological and energetic status of different soil types due to the various systems of fertilization, controlled impacts on soil processes of mineralization-humification, reducing the free energy. Using indicators of ecological and energy state of a particular type of soil it is possible to effectively predict, assessment and regulate soils quality for their effective using and management.

On the basis of generalization of the obtained data of the soils elemental status of different natural climatic zones of Ukraine it was established that the effectiveness of predicting soil quality in terms of their ecological and energy status raises it for further use diagnostically suitable combinations of parameters energy and humus state of soils and the algorithm for their selective using, which is offered in methodical approach, ensures the technical result – increasing accuracy and predictability of the soil quality status; the express prediction of the soil element status for evaluation of environmental and energy state of soils of different types, including the impact of technological loads and technogenic pollution.

Analysis of the existing patent documentation indicates that close to the technical nature of the elaborated method is a known method of forecasting levels of Cu and Zn mobile forms in soil under anthropogenic load (Pat. na korysnu model 58720 UA, 2011), which involves calculation of the nitrogen and phosphorus ratio with the definition of the predicted content of metals mobile forms in the soil by regression equations.

The established disadvantages of this method are: a) decrease the functionality of its implementation and, accordingly, efficiency while reducing the predictive value of received data of the TE /HM content in different soil types due to the limited its application only on irrigated dark-chestnut soil and the impossibility of predicting the content of other elements in the soil, except for Zn and Cu; b) increased the risk of negative impact on the quality of organic matter of the soil, primarily podzolic line by increasing the mobility of organic compounds, their mineralization and degradation, simplification of the soils structure; c) increased mobility of metal pollutants in soil and their migration into the adjacent environment by the systematic application of physiologically acid fertilizers.

Another known method of the soil production functions express predicts on the determination of the soil energy potential and plant biomass by calorimetry (A.c. 1481681 A1 SU, 1989). The method involves the calculation by the formula the rate of soil fertility reproduction (γ) taking into account the energy potential of the soil covered with plants and without them, the period of plant vegetation. The value of this index predict enhanced ($\gamma > 1$), simple ($\gamma = 1$) the restoration of soil fertility or degradation ($\gamma < 1$). The main disadvantages of this method are: a) determining of accumulation intensity and energy consumption is needed for different periods of time in soils and growing different types of plants, which significantly increases the complexity and amount of time for the method implementation; b) according to the method of prediction expanded reproduction of soil fertility is possible due to the condition of availability in the soil total biomass of plants that is almost impossible and requires consideration of its exclusion, which also increases resource costs of method; c) the method allows the prediction of fertility only for soils, the increase of the energy potential for the vegetation period will not be less than 1 % of the initial value, which reduces the possibility of its application.

Closest to the implementation mechanism and achieved results is a method of predicting the soil TE availability by mathematical models (Pat. na korysnu model 89939 UA, 2014) with determining the carbon content of humic ($C_{G \text{ acids}}$) and fulvic acids ($C_{F \text{ acids}}$) and the ratio of $C_{G \text{ acids}} / C_{F \text{ acids}}$ and the using of statistical and mathematical analysis to obtain the regression equations and, based thereon, determining the predicted content of TE / HM in the soil.

The disadvantages of the proposed method are: a) the limited using of the $C_{G \text{ acids}} / C_{F \text{ acids}}$ index for determining the predicted content of TE / HM mobile forms, as in the evaluation of the TE sufficiency of soils and the dangers of HM excessive accumulation

in soils for technogenic and technological loads (Samokhvalova et al., 2015) due to the impact on the $C_{G\text{ acids}} / C_{F\text{ acids}}$ ratio uncontrolled content of TE / HM mobile forms in soils of different buffer properties (as the result of high natural spatial variability, which significantly increase in conditions of HM contamination, the application of organic and mineral fertilizers and different soils acidity, depending on the direction and development of soil-forming processes in individual differences and the types of soils and their granulometric composition); b) increase of HM mobility and soil organic matter content while the simultaneous imbalance of the humic and fulvic acids content, the decrease in the TE mobility by technogenic pollution of the soil, makes it impossible to correct using of the $C_{G\text{ acids}} / C_{F\text{ acids}}$ ratio for solving the problem forecast of the HM and the TE content in the soils; c) the limited using of humus group composition to predict changes in its quality for intensive using of soils and, due to possible instability in time of the $C_{G\text{ acids}} / C_{F\text{ acids}}$ ratio (Orlov et al., 1999, 2002, 2004); d) insufficient of the $C_{G\text{ acids}} / C_{F\text{ acids}}$ ratio measure as a diagnostic and estimate due to varying intensity of humic acids and fulvic acids of soil organic matter as in background conditions (Tarariko, Nesmashna, 2000; Tarariko, Nesmashna, Lychuk, 2007) and the conditions of the technological load (Lopushniak, 2012, 2013, 2014, 2015; Shedey, Shevchenko, 2006; Shedey, 2010; Skrylnyk, 2008, 2010); e) the accuracy decrease in estimating of forecasts TE / HM content in the soil-plant system for using only $C_{G\text{ acids}} / C_{F\text{ acids}}$ ratio (Samokhvalova, Lopushnjak, Fateev, 2014, 2015, 2016; Samokhvalova, Skrylnyk, Shedey, 2015, 2016). Thus, all the above mentioned to decrease in the predictive values of data of the TE / HM content in soils of different genesis and a simultaneous increase of the complexity and methods implementation resource costs, requires the elaboration of a method that will overcome the identified deficiencies.

As a result of the investigation of new diagnostic criteria for estimating of the soil quality we implemented the selection of the most diagnostically related and suitable soils properties, which proposed for combinational using for solving the problem of forecasting. Attracted combinations pair parameters of elemental status, humus (C_{total} , %; $C_{G\text{ acids}} / C_{F\text{ acids}}$ ratio) and energy state (generalizing characteristics of the soil organic matter energy capacity intensity – specific internal energy of humus or its calorific value; the total energy reserves in the 0–20 cm layer). On the basis of their using is possible express accurately predict of the eco-energy state of different genesis soils and their quality, taking into account the elemental composition.

The algorithm of the elaborated methodological approach includes:

1. Sampling of soils (0–20 cm layer) of different types (sody-podzolic, light gray, gray, dark gray, etc.) and their chemical analytical analysis according to the standards and methodical base, framework guides of soils properties in Ukraine with determination of the soil parameters of elemental, humus and energy state indexes due to the background conditions, technological load and technogenic HM pollution: a) actual content of TE / HM; b) the total organic matter content; c) humus fractionally-group composition; d) preparative selection of soil humus substances and determination of the soil specific energy content and preparations of humic acids – on indicators of humus specific calorific value of soil samples; e) determining the soil humus total energy reserves in the layer of 0–20 cm, as an indicator of its energy state according to the well-known Eq. 1. The obtained results and reference data for soil of a certain type properties indicators bring to Table 1 and used as base for further calculations.

2. The investigations of natural connections of microelements, humus (C_{total} , %; ratio of $C_{G\text{ acids}} / C_{F\text{ acids}}$) and energy state (soil organic matter energy capacity intensity – specific internal energy of humus or its calorific value; the total energy reserves in the soil layer of 0–20 cm) of different genesis soils on statistical data processing within *Statistica 10.0* package; used modules of correlation, variance, regression analysis; including calculations by the equations of linear, step and logarithmic regression.

Table 1

**The parameters of humus, soil density, zinc content and energy intensity changing
for the background soil conditions and the impact of technogenic and technological loads**

Type of soil	C _{total} , %	C _{G acids} , %	C _{F acids} , %	G, %	d, g/cm ³	Actual content of Zn, mg/kg	Energy intensity of the soil		C _{G acids} / C _{F acids}
							The calorific value of soil humus, MJ/kg	Q, Total energy reserves in the soil layer of 0–20 cm, 10 ³ MJ/ha	
1. In the absence of loads (background conditions)									
Sod-podzolic	0,9	0,17	0,2	0,53	1,5	1,69	0,106	0,44	0,85
Gray podzolic	1,2	0,27	0,3	0,63	1,5	1,92	0,188	0,58	0,90
Dark-gray	3,1	1,1	0,54	1,46	1,3	1,06	0,840	1,40	2,04
Chernozem podzolized	2,44	1,0	0,31	1,13	1,2	2,1	0,820	1,03	3,2
Chernozem ordinary	3,9	1,25	0,7	1,95	1,1	0,15	0,900	1,46	1,79
Chernozem typical	4,8	1,75	0,6	2,45	1,2	1,75	1,200	2,02	2,92
Chernozem southern	2,2	0,55	0,42	1,23	1,2	1,02	0,600	0,809	1,3
2. Due to the the technogenic load (HM pollution)									
Chernozem ordinary contaminated	2,08	0,38	0,5	1,2	1,22	54,3	0,790	0,81	0,76
Chernozem podzolized contaminated	1,9	0,2	0,4	1,3	1,21	68,5	0,650	0,74	0,5
Sod-podzolic contaminated	0,79	0,1	0,2	0,49	1,52	83,5	0,090	0,37	0,5
3. Due to the the technological load (application of different fertilizer systems)									
Chernozem podzolized (control)	2,44	1,0	0,31	1,13	1,2	1,5	0,99	1,02	3,2
Chernozem podzolized (mineral fertilizer system)	2,38	0,93	0,29	1,16	1,2	2,0	0,80	1,00	3,21
Chernozem podzolized (organic- inorganic fertilizer system)	2,46	0,99	0,30	1,17	1,2	0,9	0,98	1,04	3,3
Chernozem podzolized (organic fertilizer system)	2,45	0,94	0,34	1,17	1,2	3,0	0,93	1,03	2,76

3. Prediction of the TE / HM content in the soil, for example due to background conditions, by the equations of installed dependencies (mathematical models) after determining by the correlation analysis of matching pairs appropriate indicators of soil properties, for

example, predicted concentrations of zinc (C_{Zn}) in the soils of the podzolic series (sod-podzolic, light-gray, gray podzolic and dark-gray) are calculated from equations 2–5:

$$C_{Zn} = 2,92 + 3,72 x - 1,59 y \quad (2)$$

$$C_{Zn} = 2,63 - 8,95 z + 3,55 y \quad (3)$$

$$C_{Zn} = 2,10 - 1,33 z + 0,42 j \quad (4)$$

$$C_{Zn} = 1,43 - 2,37 x + 0,81 j \quad (5)$$

and chernozems series (chernozem typical, ordinary and southern) soils from equations 6–9:

$$C_{Zn} = 0,23 + 2,65 x - 0,33 y \quad (6)$$

$$C_{Zn} = 2,43 + 9,46 z - 4,12 y \quad (7)$$

$$C_{Zn} = -0,07 - 0,57 z + 0,90 j \quad (8)$$

$$C_{Zn} = 2,05 - 4,39 x + 1,19 j \quad (9)$$

where C_{Zn} – predicted (calculated) zinc content in soil, mg/kg; x – calorific value of soil humus, MJ/kg; z – Q , the energy reserves in the soil layer of 0-20 cm, 10^6 KJ/ha (or 10^3 MJ/ha); y – total content of humus, %; j – $C_{G \text{ acids}}/C_{F \text{ acids}}$ ratio.

With further spread of the algorithm of the method for soils of other specific types certain climatic zones in the conditions of technogenic pollution and technological loads; the visualization of the established dependences of soil properties indicators on the diagrams (Fig. 1, 2, 3) and in the format relevant equations and spreadsheets of the obtained data (Table 1–2). For example, set the levels of Zn content in soils of different genesis on the basis of existing linear dependences with indicators of C_{total} and calorific value of humus in the soil of a particular type (background conditions) on the relevant equations 2 and 6, characterized by the following equations for the soils of podzolic series (sod-podzolic, light-gray, gray podzolic and dark-gray, equation 2):

$$C_{Zn} = 2,92 + 3,72 x - 1,59 y$$

$$C_{Zn \text{ sod-podzolic soils}} = 2,92 + 3,72 * 0,106 - 1,59 * 0,9 = 1,8; C_{Zn \text{ actual}} = 1,7$$

$$C_{Zn \text{ dark-gray soils}} = 2,92 + 3,72 * 0,840 - 1,59 * 3,1 = 1,1; C_{Zn \text{ actual}} = 1,06$$

and chernozems series soils (chernozems typical, podzolized and southern) by the formula 6:

$$C_{Zn} = 0,23 + 2,65 x - 0,33 y$$

$$C_{Zn \text{ chernozems podzolized}} = 0,23 + 2,65 * 0,820 - 0,33 * 2,44 = 1,5; C_{Zn \text{ actual}} = 1,5$$

$$C_{Zn \text{ chernozems southern}} = 0,23 + 2,65 * 0,6 - 0,33 * 2,2 = 1,09; C_{Zn \text{ actual}} = 1,02$$

$$C_{Zn \text{ chernozems typical}} = 0,23 + 2,65 * 1,2 - 0,33 * 4,8 = 1,8; C_{Zn \text{ actual}} = 1,75$$

where C_{Zn} – predicted (calculated) content of zinc in the soil, mg/kg; x – calorific value of soil humus, MJ/kg; y – total content of soil humus, %.

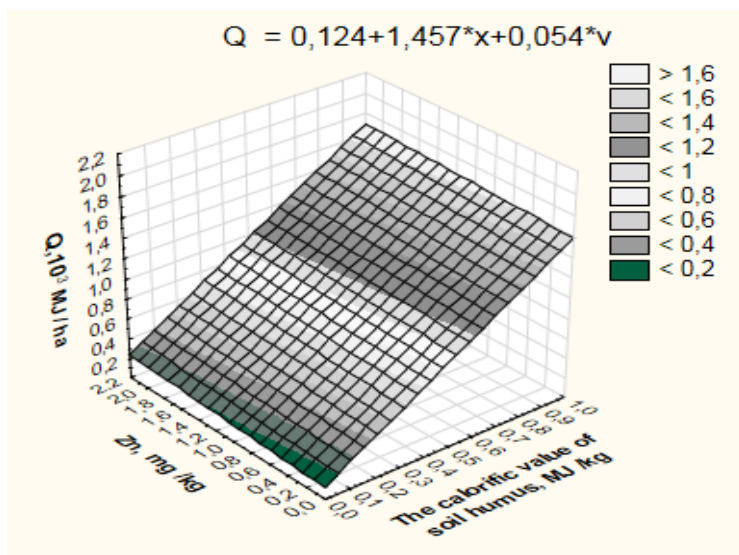


Fig. 1. The visualized model of established relationships between energy and Zn content in soil

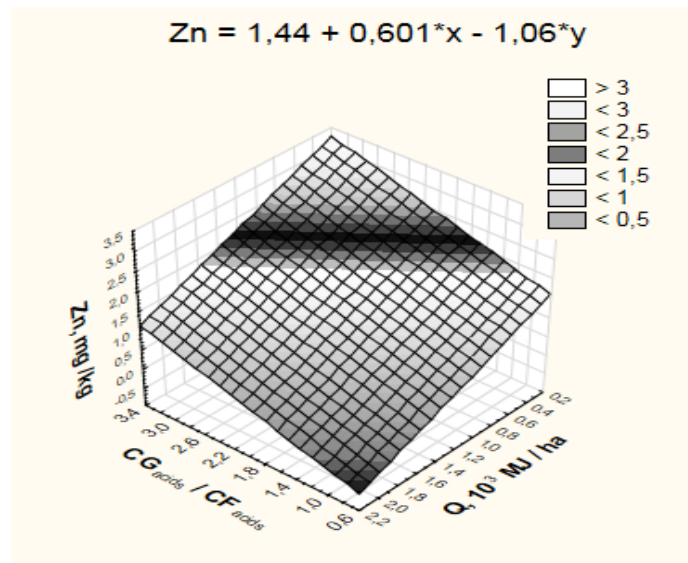


Fig. 2. The visualized model of established relationships between Zn content in soil, energy and soil humus indices

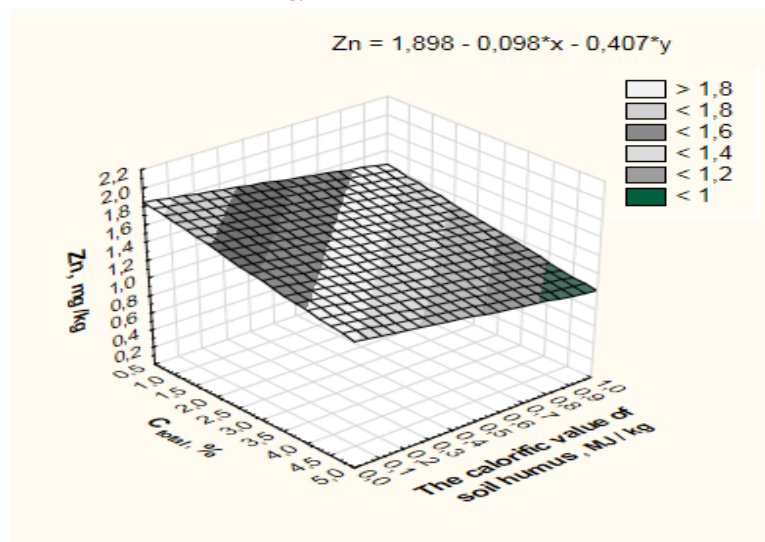


Fig. 3. The visualized model of established relationships between Zn content in soil, energy and soil humus indices

Using these formulas on other types of soils, including the influence of technological load and technogenic pollution, has confirmed the universality of the resulting equations. The resulting formulas of calculations of the chemical elements forecast values are universal for different soil types, which are combined in a series on the basis of the predominance of the soil processes, such as podzolic or chernozems soil series.

Determination of the TE/HM forecasted content, for example, Zn in the soils was estimated based on the using only $C_{G \text{ acids}} / C_{F \text{ acids}}$ ratio, according to the prescribed us a formula for soils, for example, podzolic series $C_{Zn} = 1,59 + 0,14 C_{G \text{ acids}} / C_{F \text{ acids}}$ gave the following values, which when compared with the actual values have a large error:

$$Zn_{\text{dark-grey soil}} = 1,59 + 0,058 * 2,04 = 1,71; Zn_{\text{actual}} = 1,06$$

$$Zn_{\text{gray podzolic soil}} = 1,59 + 0,058 * 0,9 = 1,64; Zn_{\text{actual}} = 1,92$$

where C_{Zn} – predicted (calculated) zinc content in the soil, mg/kg.

According to the laws of mathematics and the rules of regression analysis, which is automatically obtained regression equations with given the measurements, in particular mg/kg (with specified initial values MJ/ha, MJ/kg and %) but follow the procedure of standardization of variables.

In manual mode this requires the introduction of an additional unit of the multiplier factor of the intensity of energy processes in the soil ($F_1 = C_{Zn} / x$), and factor of energy saturation in the analyzed soil layer ($F_2 = C_{Zn} / z$) using their physical units. In addition, free terms of the equations according to the rules of regression analysis also have the same units of measurement as the indicator that determines. Regression equations, in particular equations 1–4, take the format of:

$$1. \quad C_{Zn} = 2,92 + 3,72 * x * F_1 - 1,59 * y / 100$$

$$C_{Zn} \frac{mg}{kg} = 2,92 \frac{mg}{kg} + 3,72 \frac{MJ}{kg} * F_1 - 1,59 \frac{mg}{kg} * \% / 100$$

As the result of substitution of all the necessary rules on these units get unit

$$C_{Zn} = \frac{mg}{kg} + \frac{MJ}{kg} * \frac{mg}{MJ} - \frac{mg}{kg} = \frac{mg}{kg}$$

Where F_1 is the correction factor (the factor intensity of soil energy processes).

Factor intensity is defined as follows:

$$F_1 = \frac{C_{Zn}}{x} = \frac{mg}{kg} / \frac{MJ}{kg} = \frac{mg}{MJ}$$

The numerical F_1 values are unknown yet and require more in-depth detailed investigations. Probably that it is some constant values for each type and subtype of soils.

100 – conversion percentage.

Similarly, the action of receiving C_{Zn} units are to be performed in the following regression equations.

$$2. \quad C_{Zn} = 2,63 - 8,95 * z * F_2 + 3,55 * y / 100$$

$$C_{Zn} \frac{mg}{kg} = 2,63 \frac{mg}{kg} - 8,95 * \frac{MJ}{ha} F_2 + 3,55 \frac{mg}{kg} \% / 100$$

$$C_{Zn} = \frac{mg}{kg} - MJ / 10^7 kg * \frac{mg}{MJ} * 10^7 + \frac{mg}{kg} = \frac{mg}{kg}$$

The mass (m) of 1 ha soil and soil layer of 1 m = $\rho v = \rho sh$

$$m = g/cm^3 * 10^4 * m^2 * m = kg * 10^4 m^3 / 1 \cdot 10^{-3} m^3 = 10^7 kg$$

Where F_2 is the correction factor (factor of energy saturation in the analyzed soil layer),

$$\frac{mg}{MJ} * 10^7$$

The numerical F_2 values are unknown yet and require more in-depth detailed investigations. Probably that it is some constant values for each type and subtype of soils.

100 – conversion percentage.

The factor of energy saturation is defined as follows:

$$F_2 = \frac{C_{Zn}}{z} = \frac{mg}{kg} 10^7 kg / MJ = \frac{mg}{MJ} 10^7$$

$$3. \quad C_{Zn} = 2,10 - 1,33 * z * F_2 + 0,42 * j$$

$$C_{Zn} \frac{mg}{kg} = 2,10 \frac{mg}{kg} - 1,33 * \frac{MJ}{ha} F_2 + 0,42 \frac{mg}{kg}$$

$$C_{Zn} = \frac{mg}{kg} - MJ / 10^7 kg * \frac{mg}{MJ} * 10^7 + \frac{mg}{kg} = \frac{mg}{kg}$$

Where F_2 is the correction factor (factor of energy saturation in the analyzed soil layer),

$$\frac{mg}{MJ} * 10^7$$

100 – conversion percentage.

The factor of energy saturation is defined as follows:

$$F_2 = \frac{C_{Zn}}{z} = \frac{mg}{kg} 10^7 kg / MJ = \frac{mg}{MJ} 10^7$$

$$4. \quad C_{Zn} = 1,43 - 2,37 * x * F_I + 0,81 * j$$

$$C_{Zn} \frac{mg}{kg} = 1,43 \frac{mg}{kg} - 2,37 \frac{MJ}{kg} * F_I + 0,81 \frac{mg}{kg}$$

$$C_{Zn} = \frac{mg}{kg} - \frac{MJ}{kg} * \frac{mg}{MJ} + \frac{mg}{kg} = \frac{mg}{kg}$$

Where F_I is the correction factor (the factor intensity of soil energy processes), $\frac{mg}{MJ}$.

Similarly, the actions of receiving C_{Zn} units are to be performed in the 5–8 following regression equations.

Spreading the algorithm method for other soil types, as well conduct further calculations to obtain relevant equations of dependencies (patterns), which determine the predicted value of the TE /HM content in soils of different genesis. Thus, on the basis of established regular linear relations, we have proved the conformity of the level of energy intensity of soil humus status, levels of TE / HM, and hence the feasibility of their using due to the background conditions and influence of technological and technogenic loads (Table 1–3).

During the calculation of the trace element soil status were taken into account the following diagnostic combination of quantitative indicators of energy soil formation and functional-environmental diagnosis of the soil genetic status – C_{total} and $C_{G acids} / C_{F acids}$; C_{total} and calorific value of soil humus; C_{total} and Q ; $C_{G acids} / C_{F acids}$ and Q ; $C_{G acids} / C_{F acids}$ and the calorific value of soil humus. The obtained results listed in the table (Table 2–3, fragment). Thus, the design content, such as, Zn in soils podzolic series by using of matching pairs C_{total} and calorific value of soil humus varies from 1,0 to 1,8 mg/kg due to the background conditions for 1,25 mg/kg of soil due to technological loads. The content of Zn in chernozems soils due to background conditions was 1,75 mg/kg; due to the HM technogenic pollution – 55,4 mg/kg of soil (Table 2–3).

Using each selectively chosen pair of diagnostic indicators of soils environmental and energy status confirmed the possibility of obtaining accurate forecast data of elements soils status (the lack of ME, the excess of HM). At the same time provides the ability to predict soils energy and humus status by solving the inverse problem of calculating the quantitative parameters of one indicator on the basis of the correlation related to other known (Fig. 1, 2, 3). For example, the calorific value of humus and /or energy reserves of the soil particular type on the basis of the known index of the TE / HM content and /or soil organic matter energy intensity for effective environmental regulation and management of soil quality. Diagnostic efficiency of indicating the direction of the humification-mineralization processes in soil systems by humus and energy status indices confirmed by appropriate mathematical models (equations) (Fig. 1, 2, 3).

The selective choice of the proposed diagnostic complex combinations of humus and energy state indicators, only those that are available, can reduce the cost of resources for the prediction of the elemental status of soil, environmental and energy state and ration of their quality. This gives the opportunity to control soil quality and productivity due to the impact on the processes of mineralization-humification, elemental status and reserves of soil organic matter that determine the quality of their humus status and dynamic equilibrium, and, accordingly, the soils ability of different genesis to restore energy resources due to the accumulation, energy distribution and maintaining a certain level of intensity.

The gradation of soil quality carried out by the classification method of grouping data on the basis of soil energy intensity by qualitatively comparable classes with equal intervals and a preliminary definition of the amount (N) and taking into account the volume sample data (V) according to the well known equation:

$$N = 2 \ln V \quad (10)$$

The value of the interval (A), as a sign of the classification determined by dividing the magnitude of variation in number of intervals for the well-known formula:

$$A = (X_{max} - X_{min}) / N \quad (11)$$

where X_{max} and X_{min} – maximum and minimum values of the trait classification.

Table 2

Estimated and actual parameters of soils elemental status for various types of background conditions

TE/HM	Predicted / actual * content of elements mobile forms in soil, mg/kg											
	Soils of the podzolic series			Soils of the chernozems series			Soils of the podzolic series			Soils of the chernozems series		
	Sod-podzolic	Dark-grey	Chernozem typical	Chernozem ordinary	Chernozem southern	Sod-podzolic	Dark-grey	Chernozem typical	Chernozem ordinary	Chernozem southern		
	Using ratio of $C_{G_{acids}} / C_{F_{acids}}$ (according to the prototype method)										Using C_{total} indicator and the calorific value of humus in the soil	
In the absence of loads (background conditions)												
Zn	1,5/1,7*	1,7/1,06*	1,3/1,8*	1,3/0,15*	1,4/1,02*	1,8/1,7*	1,1/1,06*	1,75/1,80*	0,14/0,15*	1,09/1,02*		
Cd	0,17/0,13*	0,17/0,15*	0,2/0,13*	0,2/0,11*	0,16/0,2*	0,13/0,13*	0,15/0,15*	0,12/0,13*	0,10/0,11*	0,19/0,2*		
Mn	24,2/20,97*	20,2/17,6*	20,1/12,54*	21,65/18,18*	22,9/30,72*	20,97/20,97*	17,58/17,6*	12,54/12,54*	18,18/18,18*	30,7/30,72*		

Table 3

Estimated and actual parameters of soils elemental status for various types of the impact of anthropogenic loads

TE/HM	Predicted / actual * content of elements mobile forms in soil, mg/kg							
	Soils of the podzolic series		Soils of the chernozems series		Soils of the podzolic series		Soils of the chernozems series	
	Dark-grey	Chernozem ordinary	Dark-grey	Chernozem ordinary	Dark-grey	Chernozem ordinary	Dark-grey	Chernozem ordinary
<i>Using ratio of $C_{G_{acids}} / C_{F_{acids}}$ (according to the prototype method)</i>								
Due to the influence of different fertilizer systems (technological load)								
Zn	1,5/1,2*	62/54,3*	1,25/1,2*	Due to the influence of HM pollution (technogenic load)	Using C_{total} indicator and the calorific value of humus in the soil	Due to the influence of HM pollution (technogenic load)	Due to the influence of HM pollution (technogenic load)	Due to the influence of HM pollution (technogenic load)
Cd	0,5/0,07*	7,5/5,2*	0,07/0,07*					
Mn	57,01/45,66*	41,1/22,2*	45,42/45,66*					

Note. *In Table 2 and 3 the actual content of TE /HM mobile forms in the soil, mg/kg.

In our case $N = 2 \ln 8 = 4,1$; $A = 0,913 - 0,106/4 = 0,20$. Given the magnitude of variation of the interval range values allocated to a comparison classes (Table 4). Thus, the 1st class of quality combines soils with higher energy reserves and are more resistant to external influences and characterized by higher productivity; 4th class quality combines soils with minimal energy intensity.

The method allows according to the level of the soils energy state normalized their quality, as well as to adjust the content of the TE/HM, conducting the control measures of the soil organic matter reserves due to the different systems of agriculture, the impact of technological load and technogenic pollution on the soil and to maintain and preserve the indicators of its energy intensity as criteria for determining its quality. There is a possibility to controll influence on the processes that leading to decrease of free energy in the soil and increase entropy and energy that is associated with humus, which improves soil productivity.

Changes of integral indicators of the soil ecological and energy status allows assessment of its ecological functions, agricultural technologies, fertilizers systems and agriculture in agro- and ecosystems, which gives the opportunity to identify promising areas of soil resources better applying, provides the elimination of negative impacts on environmental and energy state of the soil using of less energy-intensive activities to restore soil fertility for displays of degradation processes and reducing the costs of anthropogenic energy on overcoming them.

Table 4

Ranking of the soils productive function in terms of intensity as criteria of their ecological and energy state			
Estimation of different genesis soils in quality			
Climatic zone. Type of soil	The soil quality class	The soil energy intensity	Productive function (fertility)
Polesie. Sod-podzolic	4	<0,11	low
Forest-steppe. Light-grey			
Forest-steppe. Grey podzolized			
Forest-steppe. Dark-grey	3	0,31 – 0,51	average
Steppe. Dark chestnut			
Steppe. Chernozem southern	2	0,51 – 0,71	high
Steppe. Chernozem Ordinary	1	>0,71	very high
Forest-steppe. Chernozem typical			

Scientific elaboration is secured by protection document (Pat. of Ukraine for invention, № 113828 UA, 2017).

CONCLUSIONS

1. Distinctive features and advantages of the elaborated method in comparison with known methods and approaches are as follows:

a) the elevated predictability of elemental, humus, energy status and ecological state of a certain soil type in general for the assessment of soils environmental and energy state, levels of their fertility in the application of different fertilizing systems, risk and the availability of HM pollution, to prevent the degradation of soil organic matter and reducing risks of HM technogenic pollution influences of HM technogenic pollution risks;

b) the express receipt and improve the accuracy of the predicted critical TE/HM concentration in the soil and a simultaneous minimization costs of resources;

c) the versatility of the method due to suitability of the established dependencies of the proposed method for all soil types, climatic zones and contaminants;

d) the ensuring the effective using of diagnostic pairs of soil properties indicators due to the humus substances interaction and energy expenditure on the humification-mineralization processes in soils of different types on the basis of the soils elemental status prediction;

e) the possibility of applying this algorithm for the assessment and rating quality of different genesis soils use any of soils ecological functions and identifying the optimal energy costs for their reproduction;

f) the updating further elaborations of new criteria and indicators for assessment and rationing of the soils quality status with regard to elemental (micro – and macronutrient status, humus and energy state including technological load and technogenic pollution, to stimulate further researches on energetics of soil formation and solving of practical tasks of different genesis soils functions conservation and restoration.

2. The scientific elaboration should be used in environmental regulation of the TE content and the regulation of loads (technogenic, technological) on the soil system, in agroecology in issues of organic farming, bioenergy and energy of soil formation; diagnosis, estimation, prediction of humus quality and the TE status and the danger of excessive HM accumulation in the soil for indicators of the energy state; for the effective environmental management of soils as in natural conditions and the impact of various anthropogenic loads, taking into account ecological functions of soils; in research practice - for system research of the biosphere natural components, the assessment of carbon sequestration in soils and the assessment and regulation of their quality.

REFERENCES

- 19 th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1–6 August, Brisbane, Australia. 2010. 4.2.1 Soil, energy and food security. URL: <http://www.iuss.org/19thWCSS/Symposium/pdf/4.2.1.pdf.html>.
- A.c. 1481681 A1 SU, 1989. Sposob prognozirovaniya vosproizvodstva pochvennogo plodorodiya [Author's certificate 1481681 A1 SU. MPK: G01N 33/24 The method for predicting the reproduction of soil fertility] V. M. Volodin, A. Ye. Phedorchenko, L. I. Birukova, R. F. Eremina. 4194328/30-15; appl. 12.02.1987; publ. 23.05.1989, Bull. 19. 5 p. (in Russian).
- Dobryva ta yikh vykorystannia, 2010. [The Handbook: Fertilizers and their using]. Aristey. Kyiv (in Ukrainian).
- Fateev, A. I., Samokhvalova, V. L., 2012. Diahnostyka stanu khimichnykh elementiv systemy hrunt-roslina [The diagnosis of the chemical elements of the soil-plant system]. KP «Urban Typography», Kharkiv (in Ukrainian) URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya/diagnostyka-stanu-himichnyh-elementiv-systemy-grunt-roslina>.
- Glazovskaya, M. A., 1997. Metodologicheskie osnovy ocenki ekologo-geohimicheskoy ustojchivosti pochv k tekhnogennym vozdejstviyam [The methodological framework for the assessment of ecological and geochemical soil resistance to anthropogenic influences]. MGU Moscow (in Russian).
- Izrael, Y. A., 2001. Sostoyanie i kompleksnyj monitoring prirodnoj sredy i klimata. Predely izmenenij [Status and State and integrated monitoring of environment and climate. The limits of changes]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Kovda, V. A., 1973. Osnovy ucheniya o pochvah. Obshhaja teoriya pochvoobrazovatel'nogo processa [Fundamentals of soils. The general theory of soil-forming process]. Nauka, Moscow. Vol. 1 (in Russian).
- Kovda, V. A., 1974. Biosfera, pochvy i ih ispolzovanie [The biosphere, soil, and their use. Materials of the 10 Intern. Congress of Soil Science]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Lal, R., 2007. Anthropogenic influences on world soils and implications to global food security. *Advances in Agronomy* 93, 69–93.
- Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P., Naylor, R. L., 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319, 607–610.
- Lopushniak, V., 2012. Energetichnij potencial gumusu temno-sirogo pidzolistogo gruntu zapadnogo lisostepu Ukrainy [Energetic capacity of humus dark-grey podzolic soil in the Western Forest-steppe of Ukraine]. Announcer of the Sumy national agrarian university. Series "Agronomics and biology" 9(24), 57–59 (in Ukrainian).
- Lopushniak, V., 2014. Vpliv sistem dobriv na vmist gumusu v temno-siromu opidzolenomu runti Zahidnogo lisostepu [Influence of fertilizer systems on the humus content in dark grey podzolized soil of Western Forest-steppe] *Visnik agramih nauk* 2, 5–9 (in Ukrainian).
- Lopushniak, V. I., 2012. Dinamika frakcijnogruppovogo skladu gumusu temno-sirogo pidzolistogo gruntu za riznih sistem udobrennya. [Dynamics fractionally-group composition of humus dark gray podzolic

- soils under various fertilization systems]. *Zemlerobstvo ta tvarinnictvo peredgimih ta gimih rajoniv* 54(2), 58–64 (in Ukrainian).
- Lopushniak, V. I., 2013. Ahrokhimichni ta ahroekologichni osnovy system udobrennia silskohospodarskykh kultur u Zakhidnomu Lisostepu Ukrainy [Agrochemical bases and agro-environmental fertilization of crops in Western steppes of Ukraine]. Dissertation of doctor of Agricultural Sciences: 06.01.04 – agrochemistry. Kharkiv (in Ukrainian).
- Lopushniak, V. I., 2013. Ekologichnij stan temno-sirogo pidzolistogo rruntu pri riznih sistemah udobrennia [Ecological state dark gray podzolic soil under different fertilization systems]. *Agroekological journal* 3, 47–52 (in Ukrainian).
- Lopushniak, V. I., 2015. Fertilization system as a factor of transforming the soil humus state. *Agricultural Science and Practice* 2, 39–44.
- Medvedev, V. V., 2012. Monitoring pochv Ukrainy. Itogi. Zadachi. [Monitoring of Ukraine soils. Results. Tasks]. "Urban typography", Kharkov (in Russian).
- Medvedev, V. V., Plisko, I. V., 2003. Prognozovanie izmeneniya bonitetov pochv v Ukraine [Forecasting of soils bonitet changes in Ukraine]. *Gruntoznavstvo* 4(1–2), 11–18 (in Russian).
- Orlov, D. S., 1999. Pochvennye ful'vokisloty: istoriya ih izuchenija, znachenie i real'nost' [Soil fulvic history of their study, the meaning and reality]. *Eurasian Soil Science* 9, 1165–1171 (in Russian).
- Orlov, D. S., Birjukova, O. N., Rozanova, M. S., 2004. Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostojanija pochv i ih geneticheskikh gorizontov [Additional indicators of soils humus status and their genetic horizons]. *Eurasian Soil Science* 8, 918–926 (in Russian).
- Orlov, D. S., Grishina, L. A., 1981. Praktikum po himii gumusa [Practice on humus chemistry]. MGU, Moscow (in Russian).
- Orlov, D. S., Sadovnikova, L. K., Lozanovskaya, I. N., 2002. Ekologiya i ohrana biosfery pri himicheskom zagryaznenii [Ecology and protection of the biosphere in chemical pollution]. Higher school, Moscow (in Russian).
- Orlov, O. L., 2002. Enerhoiennist yak kryterii humusovoho stanu gruntiv [Energy intensity as a criterion of soil humus]. *Bulletin of Lviv NU named after I. Franko. Biology Series* 31, 111–115 (in Ukrainian).
- Pat. na korysnu model 105444 UA, 2016. Sposib prognozuvannya elementnogo statusu sistemi grunt – roslina dlya ekologichnogo normuvannya ta upravlinnya yakistyu u trofichnih lantsyugah [Pat. for useful model 105444 UA, MIIK (2016.01): A01B 79/00, G01N 33/24 (2006.01) The method for predicting the trace element status of the soil – plant system for environmental regulation and quality management in food chains / V. L. Samokhvalova, V. I. Lopushnjak, A. I. Fateev, et. al, u201507444; appl. 24.07.2015; publ. 25.03.2016, Bull. 6. 8 p.] (in Ukrainian). URL: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=221436&chapter=description>
- Pat. na korysnu model 107854 UA, 2016. Sposib prognozuvannya rivniv vmistu mikroelementiv i vazhkih metaliv gruntiv riznogo genezis dlya otsinyuvannya yih ekologichnih ta produktsijnyh funktsij [Pat. for useful model 107854 UA, MIIK: G01N 33/24 (2006.01) The method for predicting of trace elements and heavy metals the levels in soils of different genesis for the assessment of their environmental and productive functions / V. L. Samokhvalova, Ye. V. Skrylnyk, L. O. Shedey, V. I. Lopushnjak et.al. u201512399; appl. 15.12.2015; publ. 24.06.2016, Bull. 12. 8 p.] (in Ukrainian). URL: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=224643&chapter=description>
- Pat. na korysnu model 58720 UA, 2011. Sposib prohnozuvannya zmin vmistu rukhomykh form tsynku i midi u zroshuvanomu temno-kashtanovomu grunti pry systematychnomu vnesenni mineralnykh dobryv [Pat. for useful model 58720 UA, MPK (2011.01): A01B 79/00. Method of predicting changes in the content of mobile forms of zinc and copper in irrigated dark chesnut soils at regular fertilization / A. V. Melashych, I. D. Filipiev, R. A. Vozhehova, et al.; U201010994; appl. 13.09.2010; publ. 26.04.2011, Bull. 8. 3 p.] (in Ukrainian).
- Pat. na korysnu model 89939 UA, 2014. Sposib prohnozuvannya zabezpechenosti gruntiv mikroelementamy [Pat. for useful model 89939 UA, MPK (2014.01): A01B 79/00 The Method for predicting soil micronutrients availability / A. I. Fateev, D. O. Semenov, K. B. Smirnova, et al.; № u201311847; appl. 08.10.2013; publ. 05.12.2014, Bull. 9. 5 p.] (in Ukrainian).
- Pat. na korysnu model 95649 UA, 2014. Sposib prohnozuvannya vmistu rukhomykh form vazhkykh metaliv ta mikroelementiv u gruntovii systemi dlia efektyvnosti remediatsii i vykorystannia [Pat. for useful model 95649 UA, MPK (2014.01): A01B 79/00, A01N 63/00, B09C 1/00, C09K 17/00, G01N 33/24 (2006.01) The method for

- predicting the heavy metals and trace elements mobile forms content in soil system for efficiency remediation and using / V. L. Samokhvalova, V. I. Lopushnyak, A. I. Fateev, V. M. Gorjakina, u201408753; appl. 04.08.2014; publ. 25.12.2014, Bull. 24. 7 p.] (in Ukrainian). URL: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=207936&chapter=description>
- Pat. Ukrayini na vinahid UA, 2016. Sposib prognovuvannya vmistu tsinku u gruntah riznogo genezis dlya otsinyuvannya yih ekologo-energetichnogo stanu [Pat. of Ukraine for invention UA, MIIK: G01N 33/24 (2006.01), application u201512847 (UA). The method for predicting the content of zinc in soils of different genesis for the assessment of their eco-energy status / V. L. Samokhvalova, Ye. V. Skrylnyk, L. O. Shedei, V. I. Lopushnyak et.al. appl. 25.12.2015; publ. 25.12.2016, Bull. 21. 12 p.] (in Ukrainian).
- Patent Ukrainy na vynaxid № 83563 UA, 2008 Sposib prognovuvannya ekolohichnoho stanu hruntu v zonax texnogennoho zabrudnennja [Pat. of Ukraine for invention 83563 UA, MPK (2006): A01B 79/02 (2006.01), C09K 17/00, G01N 33/24 (2006.01) The method for predicting the ecological condition of the soil in the zones of technogenic pollution / V. L. Samokhvalova, A. I. Fateev; a200611387; appl. 30.10.2006; publ. 25.07.2008, Bull. 14. 6 p.] (in Ukrainian). URL: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=121760&chapter=description>
- Revich, B.A., 2007. «Goryachie tochki» himicheskogo zagryazneniya okruzhayushchej sredy i zdorov'e naseleniya Rossii ["Hot spots" of the chemical pollution of the environment and the health of the Russia's population]. Acropolis, the Public Chamber of the RF, Moscow (in Russian).
- Samokhvalova, V. L., Fateev, A. I., 2006. Vplyv tekhnogennoho polielementnoho zabrudnennja vazhkomy metalamy na orhanichnu rechovynu gruntu [The influence of technogenic polyelemental heavy metal pollution on soil organic matter]. Sci. Bulletin of Chernivtsi NU. Series Biology 293, 152–163 (in Ukrainian).
- Samokhvalova, V. L., Fateev, A. I., Luchnykova, E. V., 2011. Ekoloho-heokhimichna otsinka fonovoho rivnia vmistu riznykh form mikroelementiv gruntu [Ecological and geochemical assessment of background levels of trace elements various forms in soils]. Bulletin of Lviv NU named after I. Franko. Biology Series 55, 125–133 (in Ukrainian). URL: <http://prima.franko.lviv.ua/faculty/biologh/wis/wis.htm>
- Samokhvalova, V. L., Lopushnyak, V. I., Fateev, A. I., Gorjakina, V. M., Shymel, V. V., 2015. Prognovuvannya mikroelementnogo statusu gruntovoyi sistemi dlya efektyvnoyi remediatsiyi ta vikoristannya [Prediction of elemental status of soil systems for effective remediation and using]. Agricultural Chemistry and Soil Science 84, 55–63 (in Ukrainian). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrohimigm_2015_84_9
- Samokhvalova, V. L., Lopushnyak, V. I., Fateev, A. I., Samokhvalova, P. A., Mandryka, O. V., Shymel, V. V., 2015. Prognovuvannya elementnogo statusu systemy pochva – rastenie Prognovuvannya elementnogo statusu systemy pochva – rastenie [Prediction of the trace element status of the soil – plant system]. Ecological Bulletin 4(34), 5–14 (in Russian). URL: <http://www.iseu.bsu.by/wp-content/uploads/2016/01/E%60V-34.pdf>
- Shedei, L. O., 2010. Rozrobyty systemu operatyvnoi informatsii shchodo stanu gruntiv v ekolohichno chystykh ahrozonakh ta opratsiuvaty zakhody z polipshennia yikh produkciynykh i ekolohichnykh funktsii [Elaborating the operational information system of the soil status in ecological clean agrozones and work out measures to improve their ecological functions and the productivity]. Scientific report № 0106U004783 on research 01.02.02–031 NSC «ISSAR named after O.N. Sokolovsky», Guiding by M. M. Miroshnichenko; Kharkiv. 88 p.] № 0106U004783 (in Ukrainian).
- Shedei, L. O., Shevchenko, N. G., 2006. Enerhopotentsial chornozemu opidzolenoho za tradytsiinoi, orhanichnoi i resursozberihaiuchoi system zemlerobstva [Energy intensity of chernozem podzolic for traditional, organic and resource-efficient farming systems]. Spec. issue to the VII Congress of the Ukrainian Society of soil scientists and agrochemists. Kharkiv: NSC «ISSAR named after O. N. Sokolovsky». Book 3, 161–163 (in Ukrainian).
- Skrylnyk, E. V., 2008. Vmist, sklad, enerhoiemnist humusu ta yikh zmina [The content, composition, humus energy and their changes]. Bulletin of Agricultural Science of Southern region of Ukraine 9, 36–40 (in Ukrainian).
- Skrylnyk, E. V., 2010. Transformatsiia humusovoho stanu gruntiv ta yikh enerhoiemnosti pid vplyvom riznykh system udobrennia [The transformation of soils humus status and their energy intensity due to the various fertilization systems]. Bulletin

- TSNZ APV Kharkiv region 7, 184–194 (in Ukrainian).
- Smirnov, P. M., Muravin, E. A., 1981. Agrohimiya [Agrochemistry]. Kolos. Moscow (in Russian).
- Tarariko, Y. O., Nesmashna, O. Y., 2000. Enerhetychna kharakterystyka osnovnykh typiv gruntiv Ukrainy zalezhno vid sposobiv yikh vykorystannia [Energy characteristics of the main types of soil in Ukraine depending on their uses]. Journal of Agricultural Sciences 4, 18–22 (in Ukrainian).
- Tarariko, Y. O., Nesmashna, O. Y., Lychuk, H. I., 2007. Otsinka ta rehuliuвання enerhoïmnosti gruntiv [Assessment and regulation of soils energy intensity. Ukrainian fitotsenology collection]. 25, 41–47 (in Ukrainian).
- Vlasiuk, P. A., Dmytrenko, P. O., 1962. Dovidnyk ahronoma po udobrenniu [Handbook of agronomist on the fertilizer]. Derzhsilhospvydav, Kiev (in Ukrainian).
- Volobuev, V. R., 1974. Vvedenie v jenergetiku pochvoobrazovaniia [Introduction to the energetics of soil]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Volobuev, V. R., 1982. Otsenka produktivnosti agrocenozov s ispol'zovaniem jenergeticheskikh kriteriev [Evaluation of agrocenosis productivity using energy criterions]. Eurasian Soil Science 7, 83–88 (in Russian).
- Volobuev, V. R., 1983. Agrojenergetika – aktual'naja nauchnaja i prakticheskaja problema [Agroenergetics is an actual scientific and practical problem]. Eurasian Soil Science 6, 83–89 (in Russian).
- Zholudeva, I. D., Kovalev, V. P., Yehorenkova, V. A., 2010. Vyznachty bioenerhetychni kharakterystyky gruntiv Stepovoi i Lisostepovoi zon Ukrainy dlia rozrobky ahrotekhnologii vidtvorennia humusu i optymizatsii enerhetychnoho ta ekolohichnoho stanu gruntiv [Identify the bioenergetic soil characteristics of Steppe and Forest-steppe zones of Ukraine to elaboration of agricultural technologies of humus restoration and energy for optimization of soil environmental and energy status [Text]: Scientific report № 0106U002945 on research 01.03.02 – 043 NSC «ISSAR named after O. N. Sokolovsky», Kharkiv. 45 p.]; Inv. № 0104V00368. (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 18.10.2016

EVOLUTION AND GENESIS OF SOILS



A. S. Kholodna 

UDK 631.415.2:631.58

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

SOIL FACTORS OF FLOODPLAIN SOILS THAT LIMIT GROWTH OF ENERGY CROPS

Abstract. Nowadays it is hard to find a country with a big number of lands, which are non-used in any sphere of production. Taking into account hard ecological situation on the planet, each year more and more countries join to zero waste production. The agricultural branch is not an exception.

Searching and creation of renewable energy sources are the main subjects of study for scientists in many fields of science. Starting from the 70s in Sweden government implemented the production of renewable energy. That energy based on burning the products of plant origin. At this period on the planet oil crises was increasing. This fact motivated scientists and businessmen for searching chip and effective energy sources. One of such sources is the biomass of fast-growing plant species which can be successfully recycled into biofuel.

Renewable energy production in Ukraine is only on the first phase of development. A major limiting factor is the issue of determining the eligibility criteria of soils on which one can place the plantation of energy crops. It is noted that there is a possibility of growing energy crops on hydromorphic soils of floodplains, which are not used in traditional farming and forestry.

Determining of soil limiting factors that can affect the growth of energy crops was conducted in the floodplain of river Vilhovatka, Novo-Vodolazhskiy district, Kharkiv region in 2016. Researches of the development and growth of energy crops (energy willow and giant miscanthus) were held on the meadow alluvial hard loamy soil and on meadow-marsh alluvial hard loamy soil. These soils by their genesis belong to azonal ones. High developed accumulative processes, which serve for organic and both macro and microelements conglomeration, are the specialty of their soil formation. Specific acid-base regime is inherent for hydromorphic soils. It's caused by their periodical or constant water logging. For both soils the parent rock is an oxbow alluvium. The level of ground water occurrence was installed by drilling in spring, summer and fall.

Energy willow – is one of the willow species that is processed for solid fuel. The usage of hydromorphic soils for willow planting has good perspectives. These soils can't be used in agriculture without drainage. Here lies a clear parallel and duality of energy willow – the nature of its cultivation is more similar to food crops, but in contrast, willow grows on typical forest soils. In addition it can be mentioned that willow plantations have been used as a factor of preventing erosion for a long time already. The plants develop strong root system that allows consolidating river banks, gullies and ravines. Giant miscanthus – is a perennial grass that in botanical features reminds cane. The benefits of growing

 Tel.: +38066-414-07-02, e-mail: lonakalt@gmail.com

DOI: 10.15421/041612

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2016. Vol. 17, no. 3–4

43

this crop lie not only in its growing for energy needs. Giant miscanthus has the following characteristics: tolerance to almost all types of soils; resistance to salinity (which is important in terms of its possible growth on alluvial-meadow saline soils); ability to grow on heavy soils; the ability to produce large amounts of biomass, which is relatively easy to collect and process with the existing technology and, of course, it's ability for significantly improving of the environmental situation in forest landscapes.

The paper presents the results of studies of the establishment of factors that affect the growth of energy crops in flooded soils. It was found that the main limiting factors are: the level of occurrence of groundwater and the concentration of heavy metals. Depending on the type of floodplain soils the level of groundwater occurrence varies considerably. This factor generally determines the character of the growth of the studied crops. Once again it was confirmed that the floodplain soils contain high concentrations of iron, including ferrous (Fe^{2+}) and oxide (Fe^{3+}) forms. It is shown that the form of ferrous iron in high quantities is a limiting factor for normal growth and development of energy plants.

On the meadow alluvial soil of the central floodplain energy crops grew much better (especially energy willow) than in the meadow-marsh soil of the terrace floodplain. Giant Miscanthus showed better stability, compared to energy willow, to its growing conditions. Also the article deals with the issue of energy willow phytoremediation ability, through which it is possible to partially solve the problem of some soils' contamination with heavy metals.

Keywords: floodplain, energy crops, energy willow, giant miscanthus, heavy metals, phytoremediation.

УДК 631.415.2:631.58

А. С. Холодная

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии
им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024,
тел.: +38066-414-07-02, e-mail: lonakalt@gmail.com*

ПОЧВЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ, ЛИМИТИРУЮЩИЕ РОСТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Аннотация. В работе приведены результаты исследований по установлению факторов, которые влияют на рост энергетических культур в пойменных почвах. Установлено, что главными лимитирующими почвенными факторами являются уровень залегания грунтовых вод и содержание тяжёлых металлов. В зависимости от типа пойменных почв уровень залегания грунтовых вод существенно колеблется, что в общем определило характер произрастания исследуемых культур. Ещё раз доказано, что в почвах речных пойм содержится высокая концентрация железа, в частности закисной (Fe^{2+}) и окисной (Fe^{3+}) форм. Показано, что закисные формы железа в повышенных количествах являются угнетающим фактором для нормального роста и развития энергетических растений.

На луговой аллювиальной почве центральной поймы энергетические культуры произрастали намного лучше (в особенности энергетическая верба), чем на лугово-болотной почве притеррасной поймы. Мискантус гигантский проявил более высокую стойкость, в сравнении с вербой энергетической, к условиям выращивания. Также в работе рассмотрен вопрос о фиторемедиационных способностях вербы энергетической, благодаря которым появляется возможность частичного решения проблемы загрязнения почв некоторыми тяжёлыми металлами.

Ключевые слова: пойма, энергетические культуры, верба энергетическая, мискантус гигантский, тяжёлые металлы, фиторемедиация.

УДК 631.415.2:631.58

А. С. Холодна

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024,
тел.: +38066-414-07-02, e-mail: lonakalt@gmail.com*

ҐРУНТОВІ ЧИННИКИ ЗАПЛАВНИХ ҐРУНТІВ, ЯКІ ЛІМІТУЮТЬ ЗРОСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Анотация. У роботі наведено результати досліджень зі встановлення факторів, які впливають на зростання енергетичних культур у заплавних ґрунтах. Установлено, що головними

лімітуючими ґрунтовими чинниками є рівень залягання підґрунтових вод та вміст важких металів. Залежно від типу заплавних ґрунтів рівень залягання підґрунтових вод суттєво коливається, що в цілому визначило характер зростання досліджуваних культур. Ще раз підтверджено, що в ґрунтах річкових заплав міститься велика концентрація заліза, зокрема закисної (Fe^{2+}) та окисної (Fe^{3+}) форм. Показано, що закисні форми заліза в підвищених кількостях є пригнічуючим фактором для нормального росту та розвитку енергетичних рослин.

На лучному алювіальному ґрунті центральної заплави енергетичні культури зростали набагато краще (особливо верба енергетична), ніж на лучно-болотному ґрунті притерасної заплави. Міскантус гігантський виявив більш високу стійкість, порівняно з вербою енергетичною, до умов вирощування. Також у роботі розглянуто питання щодо фітореMediaційної здатності верби енергетичної, завдяки якій з'являється можливість часткового вирішення проблеми забруднення ґрунтів деякими важкими металами.

Ключові слова: *заплава, енергетичні культури, верба енергетична, міскантус гігантський, важкі метали, фітореMediaція.*

ВСТУП

У розвинутих країнах світу протягом останніх десятиріч набуває потужного розвитку екологічний напрямок ведення сільськогосподарського виробництва, який потребує залучення значної кількості земельних ресурсів. На цей час складно знайти державу, де незайнятими в господарстві залишаються великі площі ґрунтових угідь. Ураховуючи складну екологічну ситуацію на планеті, з кожним роком все більше країн залучаються до безвідходного виробництва, у тому числі і в сільськогосподарській галузі.

Пошук та створення відновлювальних джерел енергії – основна задача науковців у багатьох галузях науки. Починаючи з 70-х років минулого сторіччя (Aronsson, Perttu, 2001) у Швеції впровадили виробництво енергії, яка базується на спалюванні продуктів рослинного походження. Цей час припав на світову нафтову кризу, яка спонукала науковців та виробничників на пошук дешевих та ефективних енергоносіїв. Одним із таких енергетичних джерел є біомаса швидкорослих видів рослин, яка відносно легко переробляється на паливо.

На цей час вирощування енергетичних культур набуло широкого розвитку в США, Китаї, Великобританії, Швеції, Данії, Німеччині, Польщі, Іспанії та ін. (Annual Statistical Report ..., 2011).

В Україні відновлювальне енергетичне виробництво тільки починає набирати обертів. На наш погляд, значним стримуючим фактором залишається питання щодо визначення критеріїв придатності ґрунтів, на яких можна розміщувати плантації енергетичних культур. Зрозуміло, що в Україні, як у потужній аграрній державі, зайняття непродуктивними культурами високородючих ґрунтів, включаючи чорноземні, викликає дискусії та суперечки. Разом із цим існує реальна можливість вирощувати енергетичні культури на ґрунтах, які не використовуються в традиційному веденні сільського та лісового господарства, а саме гідроморфних ґрунтах заплав, бедлендів, осушених ґрунтах та ін.

Наші дослідження передбачають розгляд системи «ґрунт – рослина» на прикладі заплавних ґрунтів Лівобережного Лісостепу (заплава р. Вільховатки) та двох найбільш перспективних енергетичних культур для впровадження в біоенергетичну галузь України – верби енергетичної та міскантуса гігантського. Актуальність роботи полягає в тому, що вирощування подібних рослин майже не розглядалось з точки зору ґрунтознавства. Наслідки вирощування таких культур відносно ґрунтів дуже мало досліджені.

Мета роботи – установлення лімітуючих ґрунтових чинників, які впливають на зростання енергетичних культур у заплавах.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Визначення лімітуючих ґрунтових чинників, які впливають на зростання енергетичних культур, проводили в заплаві р. Вільховатки Ново-Водолазького району Харківської області в 2016 році.

Дослідження за розвитком і зростанням енергетичних культур (верби енергетичної та міскантусу гігантського) проведено на лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті та на лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті. Породою для обох ґрунтів є старичний алювій. Рівень залягання підґрунтових вод установлювали шляхом буріння свердловин навесні, влітку та восени.

Ґрунтові зразки відібрано згідно з ДСТУ 4287. Залізо в ґрунті було визначено за ДСТУ 7913:2015, важкі метали – за ДСТУ 4770.1-3,5-9:2007.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Установлено, що рівень залягання підґрунтових вод у лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті залежно від пори року становив: на початку травня – 0,69 м, у середині липня – 1,2 м, на початку листопада – 0,93 м. Як показали наші дослідження, визначені рівні залягання підґрунтових вод не були суттєвою перешкодою для зростання верби енергетичної та міскантусу гігантського головним чином через те, що коренева система цих енергетичних культур переважно знаходиться у верхніх шарах ґрунту. Рослини верби досягли в перший рік зростання 1,55–1,75 м у висоту.

Рівень залягання підґрунтових вод лучно-болотного алювіального важкосуглинкового ґрунту був значно вищим порівняно з попереднім ґрунтом і становив навесні – 0,47 м, влітку – 0,75 м і восени – 0,56 м. На відміну від попереднього варіанта з лучним ґрунтом, на лучно-болотному енергетичні культури зростали значно гірше. Переважна більшість рослин верби (85 %) не вижила, а ті, що залишилися, порівняно з рослинами першого варіанта майже не вирости. Верби на лучно-болотному ґрунті вирости лише до 0,45–0,60 м. Різниця в зростанні міскантусу гігантського на обох ґрунтах виявилась менш значною, ніж у верби енергетичної. Висота рослин міскантусу на лучному ґрунті коливалась від 1,85 до 2,05 м, тоді як на лучно-болотному вона була на рівні 1,60–1,75 м. Отже, дослідженнями встановлено, що високий рівень залягання підґрунтових вод є лімітуючим фактором для зростання верби енергетичної, хоча для міскантусу гігантського він був не таким значним.

Із високим вмістом вологи пов'язана концентрація заліза в ґрунті. Добре відомо, що чим більше води в ґрунтовому середовищі, тим активніше проявляються анаеробні умови. Вміст рухомих форм заліза в лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вміст рухомих форм заліза в лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті

Глибина відбору зразків, см	Fe ²⁺ , мг/кг	Fe ³⁺ , мг/кг	Fe загальне, мг/кг
Верба енергетична			
0–20	74	28	102
20–40	90	468	558
40–60	26	853	879
Міскантус гігантський			
0–20	89	46	135
20–40	102	428	530
40–60	30	704	734

Основна підземна біомаса обраних енергетичних культур знаходиться на глибині до 40 см, тому особливу увагу слід приділити концентрації елементів саме в

цьому шарі. Вміст закисного заліза на глибині 0–20 см становив 74 мг/кг, з глибиною показник дещо зростає – до 90 мг/кг. Ґрунт на ділянці міскантусу гігантського має трохи вищу концентрацію закисного заліза, але в цілому динаміка коливання вмісту заліза аналогічна.

На лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті рослини верби зростали значно гірше, ніж на лучному алювіальному. Одним з лімітуючих чинників цього, як було вище зазначено, є високий рівень підґрунтових вод. Як було нами встановлено, іншим обмежувальним фактором є підвищений вміст закисного заліза.

Показано, що через значно вищий рівень залягання підґрунтових вод анаеробні процеси в лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті зазнали ще більшого розвитку, тому то й вміст заліза в ньому був вищим.

Концентрація закисного заліза в лучно-болотному ґрунті (табл. 2) була практично вдвічі більшою, ніж у лучному алювіальному (див. табл. 1). Зважаючи на те що на ділянках цього ґрунту ріст верби енергетичної був помітно гіршим за попередній варіант, можна вважати закисне залізо в надмірних концентраціях лімітуючим фактором для неї.

Таблиця 2

Вміст рухомих форм заліза в лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті

Глибина відбору зразків, см	Fe ²⁺ , мг/кг	Fe ³⁺ , мг/кг	Fe загальне, мг/кг
Верба енергетична			
0–20	97	1530	1627
20–40	145	386	531
40–60	86	728	814
Міскантус гігантський			
0–20	159	110	269
20–40	132	328	460
40–60	50	304	354

Щодо міскантусу гігантського, то ця культура виявилась досить стійкою до даного хімічного елемента – всі рослини досягли оптимального розміру за вегетаційний період. Тому залізо для міскантусу не є лімітуючим життєвим фактором, що може означати його культивування на подібних ґрунтах із високим рівнем залягання підґрунтових вод.

Зауважимо, що верба енергетична є рослиною-ремедіантом – вона здатна поглинати деякі важкі метали, а саме кадмій, нікель, цинк та мідь, з ґрунту. Вміст цих важких металів у ґрунті під вербою енергетичною був нижчим (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст важких металів в лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті заплави р. Вільховатки

Глибина відбору зразків, см	Вміст елемента, мг/кг							
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Верба енергетична								
0–20	0,29	1,01	1,03	0,67	14,32	0,77	0,59	5,49
20–40	0,55	3,35	6,44	1,27	5,14	2,40	1,40	0,94
40–60	0,12	1,64	0,49	1,48	15,43	2,36	0,75	4,39
Міскантус гігантський								
0–20	0,31	1,45	2,12	0,75	12,40	0,51	0,33	5,74
20–40	0,47	2,04	0,74	0,44	8,22	2,19	1,54	0,90
40–60	0,29	1,85	0,56	0,63	15,21	2,13	0,40	4,25

У роботі бельгійських науковців (Mertens et al., 2006) представлено дані про сезонні коливання вмісту важких металів безпосередньо в біомасі рослин верби, що підтверджує правильність отриманих нами результатів.

Найбільше в лучному алювіальному ґрунті є кобальту, хрому, мангану та цинку. Розподіл важких металів не має прямої залежності від глибини. Проте слід зазначити, що загальна концентрація рухомих форм важких металів лучного ґрунту нижча за концентрацію цих елементів в лучно-болотному (табл. 4). Різницю вмісту важких металів у ґрунтах заплави р. Вільховатки можна пояснити, по-перше, фіторе mediaційними властивостями верби енергетичної, по-друге – різницею в генезі самих ґрунтів.

Таблиця 4

Вміст важких металів в лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті заплави р. Вільховатки

Глибина відбору зразків, см	Вміст елемента, мг/кг							
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Верба енергетична								
0–20	0,41	0,48	3,93	0,63	20,08	3,28	1,08	11,42
20–40	0,68	1,16	9,52	2,27	17,43	2,82	0,75	9,34
40–60	0,30	1,55	1,94	0,97	8,51	1,15	1,04	6,81
Міскантус гігантський								
0–20	0,37	2,39	2,72	0,95	17,31	4,53	1,39	6,79
20–40	0,52	2,27	0,96	0,62	18,21	2,79	1,89	8,59
40–60	0,36	2,12	3,00	0,83	15,63	1,13	2,40	7,15

У лучно-болотному ґрунті міститься висока концентрація хрому, мангану та цинку. Через те що рослини верби енергетичної не досягли свого оптимального розміру, більшість з них взагалі загинула, важкі метали не було абсорбовано. Тобто в даному випадку верба енергетична не спрацювала як фіторе mediaнт.

Про фіторе mediaційні властивості міскантусу гігантського на даному етапі дослідження говорити зарано, проте, незважаючи на підвищені концентрації багатьох важких металів (заліза, кобальту, хрому, марганцю, нікелю, свинцю та цинку), ця культура проявила високу стійкість до умов вирощування.

Обрані для проведення досліджень алювіальні ґрунти заплави р. Вільховатки можуть у подальшому бути використані для культивування на них енергетичних культур із урахуванням особистих вимог рослин. Крім того, територія проведення досліджень підпадає під дозволені у Вимогах Сталості, які визначені директивою Європейського Союзу (Sustainability requirements of biofuels in the EU, 2010).

ВИСНОВКИ

Установлено, що високий рівень залягання підґрунтових вод лучно-болотного алювіального важкосуглинкового ґрунту є лімітуючим фактором для зростання верби енергетичної, хоча для міскантусу гігантського він був не таким значним.

Визначено, що надвисокі концентрації заліза в лучно-болотному алювіальному ґрунті заплави згубно подіяли на рослини верби енергетичної і призвели до майже повної загибелі рослин на ділянці.

На ділянках із нормальним розвитком та зростанням верби вміст кадмію, хрому, міді, заліза, марганцю, нікелю, свинцю та цинку був нижчим, ніж на лучно-болотному ґрунті, що свідчить про те, що верба енергетична має фіторе mediaційні здібності.

Доведено, що міскантус гігантський є високопристосовуваною культурою в умовах вирощування на заплавах територіях.

* * *

Роботу виконано під науковим керівництвом д-ра біол. наук Ю. Л. Цапка.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Aronsson, P., Perttu, K., 2001.** Willow vegetation filters for wastewater treatment and soil remediation combined with biomass production. *Forestry Chronicle* 77(2), 293–299.
- Annual Statistical Report on the contribution of biomass to the energy system in the EU 27, AEBIOM, 2011.
- Mertens, J., Vervaeke, P., Meers, E., Tack, F. M. G., 2006.** Seasonal changes of metals in willow (Salix sp.) stands for phytoremediation on dredged sediment *Environmental Science & Technology* 40(6), 1962–1968.
- Sustainability requirements of biofuels in the EU: implications for Ukrainian manufactures: http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/Agriculture_dialogue/2010/PP29.Final.UKR.pdf (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 25.10.2016

SOIL PROTECTION



S. G. Chorny[✉]
A. V. Volosheniuk

Dr. Sci. (Agri.), Professor
Cand. Sci. (Agri.)

UDK 631.31: 504.35

*Mykolayiv National Agrarian University,
G. Gongadze str., 9, Mykolayiv, Ukraine, 54020*

EVALUATION OF WIND EROSION PROTECTIVE EFFICIENCY NO-TILL TECHNOLOGY IN SOUTHERN UKRAINE STEPPE CONDITIONS

Abstract. The aim of the research was to the efficiency wind erosion control of farming system «no-till» (NT) for conditions of South Steppe of Ukraine. The research was conducted at heavy load southern chernozem in the crop rotation «pea – winter (spring) wheat – sorghum – mustard». In field experiment two options of processing of the soil (traditional and minimum) and NT were studied. Options aggregate of surface soil (0–5 cm), the weight of crop residues and projective covering the soil surface were determined. Research field was equipped by meteorological station and field's wind erosion dust-meter.

The efficiency wind erosion control by NT was evaluated in three directions: the presence of dangerous wind erosion period (February–April) a certain amount of plant residues, that protect of soil surface from extreme winds (1); presence during this period of high values of «random» surface roughness of the soil, which reduces the strength of the wind in ground layer of air (2) and values of soil wind erodibility index (3).

Evaluation promises more effective in terms of opening up the soil surface crop residues reveals that NT fully meets the criterion of preserving (erosion control) technology – projective cover ground in a dangerous deflationary period is an average of three years of research on the crops of spring wheat – 37.9 % for sorghum crops – 71.1 % and on crops of mustard – 60.2 %. An important indicator of the erosion control efficiency of soil tillage is percentage of vertically oriented surface plant residues. Unbroken soil surface tillage after harvesting will have the maximum amount of such residues. Analysis of these studies show that when used NT observed maximum value of this parameter – 35–55 %, more than that in other tillage. So the version with traditional soil tillage this parameter does not exceed 5 %, and versions with minimal system soil tillage – 30 %.

Estimation of effectiveness of soil protection NT via a «random» surface roughness also shows a high ability wind erosion control this technology. At the same time, it should be stated that the presence of high «random» roughness autumn plowing deep plowed fields, despite the fact that the surface of the soil in the case of poorly protected plant residues.

The main index of soil wind erodibility is the fraction greater than 1 mm, the so-called «lumpiness». It is known, lumpiness indicator correlate with various other soil wind erodibility indicators, in particular, the mechanical strength of soil aggregates, containing wind erosion fraction by (<0.25 mm) and wind erodibility indicators there were obtained in portable wind tunnel. Intensive plowing of the soil leads to formation of a surface of the soil with high resistance by the strong winds in the fall (lumpiness – 70–90 %). It is connected with specific mechanisms of formation of soil

✉ Tel.: + 38097-449-35-87, e-mail: chorny@rambler.ru

DOI: 10.15421/041613

structure. Plowing of solonchic chernozems, especially after dry summer and an early autumn, leads to formation of soil structure units of the larger sizes. But during the winter of lumpiness by all options of researches gradually decreases, what is explained, first of all, by action on soil units of the procedures «melting» – «freezing» that, in turn, is function from the number of transitions of temperature of the soil through 0 °C. There is a destruction of soil aggregates and dispersion of the soil, in the conditions of an unstable temperature schedule in the winter, that is a consequence of warming of climate when in the afternoon of air temperature and the soil positive, and at night the soil freezes. At the same time, when the surface of the soil during the winter and at the beginning of spring is unploughed the soil condition, as it is observed on options with NT, the number of procedures of transition through 0 °C soil temperatures sharply decreases, so a destruction of aggregates goes not so intensively on the soil surfaces. But, according to our research, in the spring, lumpiness in variants of the NT is not diminished, was 50–70 %, the lower limit soil wind erodibility for chernozem.

This phenomenon is bound to higher humidity of the soil which promotes coagulation of soil particles and existence of a large number of plant residues as source of the biological substances with capacity for bonding. These factors strengthen process of formation of aggregates, large by the size, what leads to increase soil lumpiness.

Direct observations of NT wind erosion control efficiency during dust storms on 26th and 27th of January, 2014 showed that soil loss in NT was 3.5 times less than on a variant of traditional tillage and 2.9 times less than on a variant of minimum tillage.

Key words: wind erosion, no-till, chernozem, plant residues, random roughness, soil lumpiness.

УДК 631.31: 504.35

С. Г. Черный

д-р с.-х. наук, проф.

А. В. Волошенюк

канд. с.-х. наук

Николаевский национальный аграрный университет,

ул. Г. Гонгадзе, г. Николаев, Украина, 54020,

тел.: +38097-449-35-87, e-mail: chorny@rambler.ru

ОЦЕНКА ПРОТИВОДЕФЛЯЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Аннотация. Целью исследований была оценка составляющих противодефляционной эффективности NT для условий Южной степи Украины и проведение прямых наблюдений за процессом ветровой эрозии на агрофонах, где внедрена технология NT. Исследования проводились на черноземах южных тяжелосуглинистых в короткороционном севообороте: «горох – озимая (яровая) пшеница – сорго – горчица», где изучались три системы обработки: традиционная (контроль), минимальная и NT. Определялся агрегатный состав поверхностного слоя почвы (0–5 см), вес пожнивных остатков и проективное покрытие поверхности почвы. Опытный участок оборудован метеорологической станцией и полевыми эрозиометрами-пылеуловителями. В результате исследований было выявлено, что технология NT полностью соответствует критерию консервирующей (противоэрозионной) технологии – проективное покрытие почвы растительными остатками в дефляционно-опасный период (январь–апрель), в зависимости от предшественников, колеблется в пределах 40–70 %. На вариантах с NT наблюдается максимальное значение доли вертикально ориентированных растительных остатков – 35–55 %, что намного больше, чем при вспашке и дисковании. Высокая почвозащитная эффективность подтверждается и при учете «случайной» шероховатости поверхности почвы, которая имеет определенный противодефляционный эффект, что проявляется в уменьшении приземной скорости ветра и способности поверхности почвы аккумулировать почвенные частицы в процессе сальтации и крипа. Обработка почвы на зябь осолонцованных южных черноземов приводит к выворачиванию на поверхность крупных глыб и росту показателя комковатости (содержание агрегатов больше 1 мм в диаметре) осенью (до 70–90 %). В течение зимы комковатость на этих вариантах снижается до 50–70 %, что связано с действием на агрегаты процедуры замерзания-таяния, которая, в свою очередь, зависит от количества переходов температуры почвы через 0 °C. В то же время на вариантах с NT, когда поверхность почвы находится в необработанном состоянии с большим количеством растительных остатков, количество процедур перехода через 0 °C существенно уменьшается.

А значить, в конце зимы и начале весны протидефляционная стойкость чернозема южного при применении NT практически одинакова с вариантами, где проводилась осенняя обработка почвы. Прямые наблюдения за протидефляционной эффективностью NT в течение пыльной бури 26 и 27 января 2014 г. показали, что потери почвы по NT были в 3,5 раза меньше по сравнению с традиционной обработкой почвы и в 2,9 раза меньше по сравнению с минимальной.

Ключевые слова: дефляция, no-till, чернозем, растительные остатки, «случайная» шероховатость, комковатость.

УДК 631.31: 504.35

С. Г. Чорний
А. В. Волощенко

д-р с.-г. наук, проф.
канд. с.-х. наук

*Миколаївський національний аграрний університет,
вул. Г. Гонгадзе, м. Миколаїв, Україна, 54020,
тел.: +38097-449-35-87, e-mail: chorny@rambler.ru*

ОЦІНКА ПРОТИДЕФЛЯЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація. Метою досліджень була оцінка складових протидефляційної ефективності технології no-тілл (NT) в умовах Південного степу України та проведення прямих спостережень за процесом вітрової ерозії на агрофонах, де впроваджено технологію NT. Дослідження проводилися на черноземах південних важкосуглинистих у короткоротаційній сівозміні: «горох – озима (ярова) пшениця – сорго – гірчиця», де вивчалися три системи обробки: традиційна (контроль), мінімальна і NT. У процесі досліджень визначався агрегатний склад поверхневого шару ґрунту (0–5 см), визначалася вага пожнивних залишків та проективне покриття поверхні ґрунту. Дослідна ділянка була обладнана метеорологічною станцією і польовими ерозіометрами-пилловловлювачами.

У результаті досліджень було виявлено, що технологія NT повністю відповідає критерію консервуючої (протиерозійної) технології – проектне покриття ґрунту рослинними залишками в дефляційно-небезпечний період (січень–квітень), у залежності від попередників, коливається в межах 40–70 %. На варіантах з NT спостерігається максимальне значення частки вертикально зорієнтованих рослинних залишків – 35–55 %, що набагато більше, ніж при оранці і дискуваннях. Висока ґрунтозахисна ефективність підтверджується й при обліку «випадкової» шорсткості поверхні ґрунту, яка має певний протидефляційний ефект, що проявляється в зменшенні приземної швидкості вітру і здатності поверхні ґрунту акумулювати ґрунтові частинки в процесі сальтації і крипу. Обробка ґрунту на зяб осолонцюваних південних черноземів призводить до вивертання на поверхню великих брил і зростання показника грудкуватості (вміст агрегатів більше 1 мм у діаметрі) восени (до 70–90 %). Протягом зими грудкуватість на цих варіантах знижується до 50–70 %, що пов'язано з дією на агрегати процедури замерзання-танення, яка, у свою чергу, залежить від кількості переходів температури ґрунту через 0 °С. У той же час на варіантах з NT, коли поверхня ґрунту знаходиться в необробленому стані з великою кількістю рослинних залишків, кількість процедур переходу через 0 °С істотно зменшується. А значить, у кінці зими і на початку весни протидефляційна стійкість чернозему південного при застосуванні NT практично однакова з варіантами, де проводилася осіння обробка ґрунту. Прямі спостереження за протидефляційною ефективністю NT протягом пилової бури 26 і 27 січня 2014 р. показали, що втрати ґрунту по NT був у 3,5 разу меншими в порівнянні з традиційним обробітком ґрунту і 2,9 разу меншими в порівнянні з мінімальним.

Ключові слова: дефляция, no-till, чернозем, рослинні рештки, «випадкова» шорсткість, грудкуватість.

ВСТУП

Для Півдня України дефляція ґрунтів є важливим чинником деградації земель. Збитки, які заподіюються народному господарству вітровою ерозією ґрунтів, дуже різноманітні. У першу чергу зменшується родючість ґрунту, що пов'язано зі зменшенням потужності гумусового горизонту та втратою поживних речовин, а по-друге, гинуть у результаті видування і засипання ґрунтом посіви

сільськогосподарських культур. Навіть якщо інтенсивність вітрової ерозії ґрунтів невелика, спостерігається зменшення врожайності сільськогосподарських культур у результаті засікання посівів частинками ґрунту. При сильних пилових бурях ускладнюється робота промислових підприємств і транспорту, засипаються зрошувальні канали. Збільшення запиленості повітря негативно позначається і на здоров'ї людей.

Показовими в цьому плані є результати найбільш катастрофічної пилової бурі, що сталася за останні 30 років в Україні в 2007 році. За два дні, 23 та 24 березня, у центральній частині Херсонської та Запорізької областей втрати ґрунту становили 150–400 т/га. За нашими оцінками (Chornyy et al., 2008), з поверхні агроландшафтів була видута така кількість ґрунту, яка більша за швидкість ґрунтоутворення в 10–4000 разів. Загальна площа, яка постраждала від пилової бурі, становила близько 125 тис. км², що дорівнює приблизно 20 % площі України, або 50 % площі всієї степової зони (Chornyy et al., 2008). Наслідки цього явища були катастрофічними не тільки через тотальне зниження родючості ґрунтів. Екстраординарний пиловий слід спостерігався у Східній Європі в тропосфері. Максимальні концентрації твердих компонентів в атмосфері спостерігалися в Словаччині, Чеській Республіці, на півдні Польщі та у Східній Німеччині (Birmili et al., 2008).

Найбільш ефективними ґрунтозахисними заходами в регіоні є лісомеліоративні та агротехнічні. Зокрема, багато уваги приділяється так званим консервуючим технологіям обробітку ґрунту, які за рахунок рослинних залишків захищають поверхні ґрунту щонайменш на 30 % (Walters, Jasa, 2000), особливо в найбільш дефляційно-небезпечний період року – з початку січня до кінця квітня.

В останні роки в регіоні став поширюватися найбільш ґрунтозахисний вид консервуючої технології – по-till (NT), яка передбачає сівбу в необроблений ґрунт, коли з поверхні ґрунту після жнив не прибирають стерню та поживні залишки, а боротьбу з бур'янами проводять шляхом правильного чергування сільськогосподарських культур у сівозмінах та кваліфікованим застосуванням хімічних засобів захисту рослин. Причин інтересу до NT декілька – зменшення капіталовкладень за рахунок скорочення кількості операцій обробітку ґрунту та економія витрат на запасні частини до сільськогосподарської техніки, паливно-мастильні матеріали, оплату праці, збереження ґрунтової вологи, що особливо актуально в посушливих районах Степу, зменшення непродуктивних витрат CO₂ з ґрунту тощо (Kosolap, Krotinov, 2011). Але дуже важливим для оцінки ефективності технології є ґрунтозахисний аспект NT, особливо в районах, де інтенсивно проявляються вітро-ерозійні процеси.

Ґрунтозахисна спроможність в умовах постійного проявлення вітрової ерозії будь-якої технології обробітку ґрунту оцінюються, як правило, з трьох позицій. Це, по-перше, проявляється в кількості рослинних решток, які залишаються на поверхні ґрунту в дефляційно-небезпечний період, по-друге, у наявності так званої «випадкової» (National Agronomy..., 2002) шорсткості поверхні ґрунту в цей період, яка має певний ґрунтозахисний ефект, що проявляється в локальній спроможності поверхні ґрунту акумулювати наноси в процесі сальтації та повзання (крипу) ґрунтових часток упродовж пилової бурі. І, нарешті, третьою складовою оцінки ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту є здатність власне ґрунту протистояти екстремальним вітрам, тобто вплив обробітку на параметри протидефляційної стійкості ґрунту.

Питання значного ґрунтозахисного ефекту NT, з точки зору наявності на поверхні ґрунту рослинних решток, добре висвітлено в чисельних вітчизняних та закордонних публікаціях (Kosolap, Krotinov, 2011; Dickey et al., 1986; Rhoton, 2000; Thorne et al., 2003; Chornyy et al., 2011 тощо). Проективне покриття поверхні ґрунту рослинними рештками, як надважливий кількісний показник ґрунтозахисного ефекту технології, згідно з цими публікаціями, у дефляційно-небезпечний період може досягати

майже стовідсоткового значення. Більш того, у багатьох публікаціях декларується притаманний лише системі NT особливий підхід щодо отримання рослинних решток, їх подрібнення, визначення потужності та умов розташування на поверхні ґрунту (вертикально або горизонтально, зорієнтовано відносно панівних вітрів або цілком випадково) тощо. Такий підхід має назву управління рослинними рештками (в англійській літературі – crop residue management) (Kosolap, Krotinov, 2011).

Вплив «випадкової» шорсткості поверхні, яка створюється при застосуванні обробітку ґрунту та NT, на процес вітрової ерозії був досконально вивчений американськими вченими і узагальнений у процедурах верифікації математичної моделі вітрової ерозії WEQ (RWEQ) (National Agronomy..., 2002). К-фактор цієї моделі враховує орієнтовану та «випадкову» шорсткість поверхні та її вплив на величину вітрової ерозії.

У той же час у літературних джерелах дуже мало визначень впливу NT на такий важливий фактор дефляційного процесу, як стійкість ґрунту до вітрової ерозії. Деякі спеціальні ґрунтові дослідження та узагальнення щодо впливу NT на ґрунтові властивості були проведені лише в США, Австралії та Південній Америці, які показали на суттєві зміни у властивостях ґрунтів, особливо за багаторічної практики NT. Констатується, наприклад, для ґрунтів штату Міссісіпі часткове збільшення вмісту стабільних повітряно-сухих агрегатів, які, на думку автора, визначають протидефляційну стійкість при застосуванні NT на протязі чотирьох років, особливо під зерновими культурами (Rhoton, 2000). Вплив NT та інших ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту на протидефляційні властивості ґрунтів було вивчено в Аргентині (Nevia et al., 2007) і констатовано про суттєву зміну вітростійкості ґрунту в результаті багаторічного впливу цієї технології.

Слід зауважити, що окрім часткових критеріїв ґрунтозахисної ефективності, викладених вище, найбільш точною оцінкою є прямі спостереження за процесом вітрової ерозії впродовж конкретної пилової бурі. Але таких даних опубліковано ще не було.

Отже, метою наших досліджень є визначення як окремих складових протидефляційної ефективності NT для умов Південного степу України, так і проведення прямих спостережень за процесом вітрової ерозії на агрофонах, де впроваджено технологію NT.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження щодо оцінки протидефляційних властивостей системи землеробства NT проводилися на чорноземах південних залишково-слабкосолонцюватих слабкодефльованих важкосуглинкових Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства НААН України (с. Тавричанка Каховського району Херсонської області) у рамках стаціонарного польового дослідження.

За ґрунтово-природним районуванням України район досліджень відноситься до Південного степу України і є, з одного боку, одним з найбільш посушливих районів держави – річна кількість опадів по метеостанції Асканія-Нова сягає лише 380 мм, а з іншого, найбільш теплозабезпеченим – середньорічна температура повітря дорівнює +9,2 °C, а сума температур повітря вище +10 °C становить 3380 °C. У середньому за рік спостерігається понад 12 днів з пиловими бурями. Річна тривалість середніх і сильних пилових бур становить 3–5 годин і понад 20 годин відповідно. Максимальна швидкість вітру під час пилових бур один раз за п'ять років досягає 19–24 м/с при критичних значеннях у 10–12 м/с.

Дослідження проводилися в короткоротаційній сівозміні: горох – озима (ярова) пшениця – сорго – гірчиця і вивчалися три системи обробітку: традиційний (контроль), мінімальний та NT.

При застосуванні технології NT не передбачалося механічного порушення структури ґрунту, крім сівби, котра проводилася сівалкою Great Plains CPN

2000+ХТЗ-17021, з міжряддями 19 см на посівах озимої пшениці та гороху, 38 см – при вирощуванні сорго. Гірчиця висівалася сівалкою прямої сівби з «Клен 6»+МТЗ-82 з міжряддям 12,5 см. У варіанті з мінімальною обробкою ґрунту на дослідних ділянках проводилося лущення стерні попередника дисковою бороною БДТ-7+ХТЗ-17021 на глибину 6–8 см. У день посіву проводили передпосівну культивування культиватором ХТЗ-17021+КПС-4 на глибину обробітку ґрунту (6–8 см). Після посіву ґрунт прикочували кільчасто-шпоровими котками. МТЗ 82+К-6 у варіанті з сорго у фазі 6–8 справжніх листків проводили міжрядну культивування.

Як контроль застосовувався традиційний для даних культур основний обробіток ґрунту. У варіанті з гірчицею використовували безвідвальний обробіток на глибину 20–22 см (ХТЗ-17021+Смарагд 2,6). На посівах гороху проводили оранку з оборотом пласта на глибину 20–22 см (ХТЗ-17021+ПЛН-5-35), сорго – 28–30 см (ХТЗ-17021+ПЛН-5-35). При обробітку озимої і ярої пшениці – дискування в два сліди на глибину 12–14 см (ХТЗ-17021+БДВП-4,2). Як і при мінімальній технології обробітку, тут використовувалася передпосівна культивування, коткування, а у варіантах із сорго – один міжрядний обробіток.

З вітро-ерозійних досліджень визначався агрегатний склад поверхневого шару ґрунту (0–5 см) методом сухого просівання за Савіновим (у 4-кратній повторності), вага поживних залишків та проективне покриття поверхні ґрунту рослинними рештками. Останнє визначалося через фотографування поверхні ґрунту та розбивкою фото на квадрати рівної площі з подальшим поквдратним кількісним аналізом проективного покриття (у 3-кратній повторності). Частка вертикально орієнтованих рослинних решток визначалася окомірно.

Вимірювання покриття поверхні ґрунту рослинними рештками проводилося двічі – восени (остання декада листопада) після обробки ґрунту на зяб та в останній декаді березня перед культивуваннями і посівом ярих культур.

Окрім того, дослідна ділянка були обладнана польовою автоматичною метеорологічною станцією iMetios, за допомогою якої фіксувалася, зокрема, швидкість вітру впродовж пилових бур. Кількісні втрати ґрунту в результаті проявів вітрової ерозії фіксувалися за допомогою польових ерозіометрів-пиловловлювачів конструкції ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського».

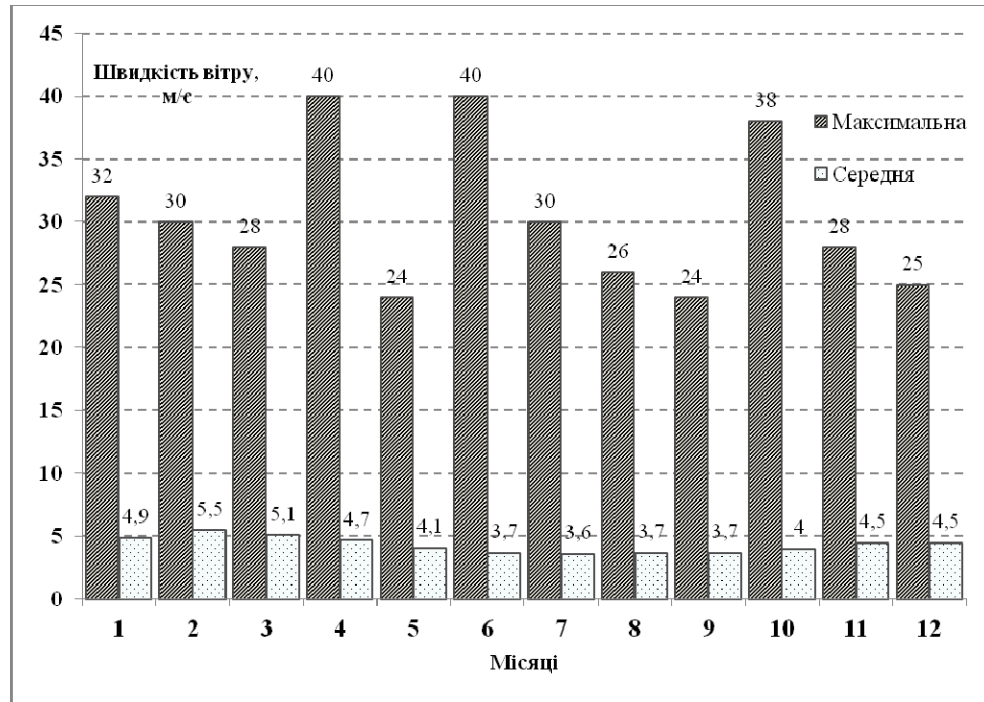
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Оцінка ґрунтозахисної ефективності рослинних решток та «випадкової» шорсткості. Аналіз структури посівних площ регіону показує, що озимі культури та багаторічні трави займають не більше 35–40 % від усієї посівної площі, а їх стан у дефляційно-небезпечний період не завжди може захищати ґрунт від вітрової ерозії. Ярі культури в сівоzmіах регіону сіються досить пізно, а тому більш-менш стійкий рослинний покрив утворюється лише в травні. У той же час аналіз внутрішньорічного розподілу середніх та екстремальних значень швидкостей вітрів показує (рисунки), що перші зимові та весняні місяці (особливо небезпечний період січень – квітень) є найбільш дефляційно небезпечними в регіоні. А отже, тільки рослинні рештки здатні захистити поверхню ґрунту від сильних вітрів у цей період.

З точки зору визначення протидефляційної ефективності рослинних решток, які знаходяться на поверхні ґрунту, як правило, використовують кілька показників – проективне покриття, масу рослинних решток відносно одиниці площі і, інколи, частку вертикально зорієнтованих рослинних решток від їх загальної кількості. Останнє є важливою характеристикою протидефляційної ефективності рослинних решток – чим більше рослинних решток у результаті обробітку ґрунту залишилося у вертикальному стані, тим краще ці рослинні рештки захищають ґрунт від вітрової ерозії.

Результати досліджень із цього приводу наведено в табл. 1. Аналіз цих даних показує на те, що маса рослинних решток по кожній культурі і по кожному варіанті досліджень навесні кожного року коливається в досить широких межах і залежить у

першу чергу від виду і урожайності попередника та термінів його збирання. Іншим важливим фактором, що впливає на ступінь захищеності поверхні ґрунту від дефляції, є метеорологічні чинники, зокрема осінні та весняні температури повітря і ґрунту та опади, які можуть вплинути на процес розкладання рослинних решток, а також наявність вітрів, які перерозподіляють, а то й повністю видувують залишки рослинності з поверхні ґрунту.



Внутрішньорічний розподіл максимальних та середніх швидкостей вітру по метеостанції Асканія-Нова

Незважаючи на певну строкатість результатів, очевидно, що різні технології обробітку ґрунту суттєво впливають на ґрунтозахисну ефективність рослинних решток у дефляційно-небезпечний період. Якщо спиратися на думку американських авторів (Walters, Jasa, 2003) про те, що критерієм консервуючої (протиерозійної) технології є наявність у дефляційно-небезпечний період проективного покриття рослинними рештками в 30 і більше відсотків поверхні ґрунту, то можна констатувати, що лише технологія NT є реально ґрунтозахисною. Середнє значення проективного покриття при застосуванні цієї технології – більш ніж 30 % і становить в середньому за три роки досліджень по посівах ярої пшениці (попередник – горох) – 37,9 %, по посівах сорго (попередник – яра пшениця) – 71,1 % та по посівах гірчиці (попередник – сорго) – 60,2 %. Якщо проаналізувати величину цього показника за роками досліджень, то лише один раз на варіанті з NT по посівах ярої пшениці у 2013 році спостерігались низькі показники ґрунтозахисної ефективності рослинних решток, коли проективне покриття становило лише 6,6 % і це було пов'язано з дуже низькою врожайністю попередника – гороху (близько 1 т/га).

Як сказано вище, важливим показником ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту є не лише відсоток проективного покриття поверхні ґрунту, а й частка вертикально зорієнтованих рослинних решток. Очевидно, що не зруйнована ґрунтообробними агрегатами поверхня після збирання попередника буде мати

Таблиця 1
Вага рослинних решток (М), проективне покриття поверхні ґрунту (S) та частка вертикально орієнтованих решток (Н) навесні 2012–2014 рр.

Сільськогосподарські культури, що будуть посіяні	Система обробітку ґрунту	Роки										Середнє за три роки (2012–2014)			
		2012					2013					2014			
		M, г/м ²	S, %	H, %	M, г/м ²	H, %	S, %	M, г/м ²	H, %	S, %	M, г/м ²	H, %	S, %	M, г/м ²	H, %
Яра пшениця (попередник – горох)	Традиційна	47,2	1,8	1,0	8,2	3,2	1,3	13,3	3,2	0,2	22,9	1,5	1,1	1,9	1,9
	Мінімальна	85,5	3,3	3,5	23,9	5,0	2,7	85,7	5,0	1,7	65,0	4,3	2,6	4,3	4,3
	No-till	206,7	43,6	35,0	49,1	38	6,6	598,8	45,8	63,5	284,9	37,9	37,9	39,6	39,6
Сорго (попередник – яра пшениця)	Традиційна	0,8	0,1	4,5	7,8	3	0,5	24,3	5,9	0,8	11,0	0,5	0,5	4,5	4,5
	Мінімальна	12,5	1,8	12,5	35,4	15,1	2,2	48,3	39,2	1,2	32,1	1,7	1,7	22,3	22,3
	No-till	463,2	66,8	55,0	366,3	45,6	78,5	499,7	52,5	68	443,1	71,1	71,1	51,0	51,0
Гірчиця (попередник – сорго)	Традиційна	55	2,7	1,0	36,8	1,0	2,4	425,5	1,3	5,1	172,4	3,4	3,4	1,1	1,1
	Мінімальна	162,4	12,8	25,0	242,7	20,5	10,2	264,8	25,5	3,2	223,3	8,7	8,7	23,7	23,7
	No-till	325,8	43,0	45,0	762	48,7	85,9	775,2	49,1	51,6	621,0	60,2	60,2	47,6	47,6

максимальну кількість таких решток. А тому технологія NT має певні переваги перед іншими технологіями з цих позицій. Дійсно, аналіз даних табл. 1 показує, що на варіантах з NT спостерігається максимальне значення цього показника – 35–55 %, що більше, ніж по інших варіантах обробітку ґрунту. Так, на варіанті з традиційним обробітком цей показник не перевищує 5 %, а на варіантах з мінімальною системою – 30 %. Окрім простого збільшення частки вертикально зорієнтованих рослинних решток важливе значення має їх розташування. Очевидно, що при застосуванні NT в умовах високої вірогідності реалізації дефляційної небезпеки процес управління рослинними рештками повинен включати процедуру правильного розташування «вертикальної» складової. А саме – уперек головного напрямку вітроерозійних вітрів у небезпечний з точки зору реалізації дефляції період року. В умовах Південного степу – це східні та північно-східні напрямки в зимово-весняний період (лютий – квітень).

Універсальним критерієм ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту, який ураховує не тільки протидефляційну ефективність рослинних решток у критичний період, а й так звану «випадкову» шорсткість поверхні, є рівняння, яке наводиться в роботі Хорнінга із співавторами (Horning et al., 1998). Утворення «випадкової» шорсткості поверхні не є спеціальним завданням обробітку ґрунту, а є лише непрямым його результатом, що має певний протидефляційний ефект. «Випадкова» шорсткість є антонімом шорсткості, яка спеціально створюється ґрунтообробними знаряддями для зменшення сили вітру в приземному шарі атмосфери, наприклад борозен, що розташовані вперек головного напрямку дефляційно-небезпечних вітрів. «Випадкова» шорсткість в американській літературі вимірюється або в дюймах, або в сантиметрах і показує на діапазон між мінімальними і максимальними висотами мікрорельєфу поверхні ґрунту в дефляційно-небезпечний період.

Фізичне моделювання за допомогою аеродинамічного пристрою різних комбінацій величин «випадкової» шорсткості та проективного покриття поверхні ґрунту рослинністю дозволило американським авторам отримати таку залежність (Horning et al., 1998):

$$W = e^{-0.05 \cdot PC} \times e^{-0.52 \cdot RR}$$

де W – відносні потенційні втрати ґрунту від дефляції (змінюється від 0 до 1); PC – проективне покриття поверхні ґрунту, %; RR – параметр «випадкової» шорсткості поверхні, см.

Результати розрахунків наведено в табл. 2. Необхідно підкреслити, що велика кількість рослинних залишків не завжди має вирішальне значення в оцінках ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту. Слід звернути увагу, що, наприклад, осіння глибока оранка на зяб на глибину 28–30 см (при вирощуванні сорго) сильно збільшує «випадкову» шорсткість поверхні в дефляційно-небезпечний період і, незважаючи на те, що поверхня ґрунту погано захищена рослинними рештками, комплексна оцінка показує на високу ґрунтозахисну ефективність цієї технології.

Таблиця 2

Розрахунок індексу відносної потенційної втрати ґрунту від вітрової ерозії

Сільськогосподарські культури, що будуть посіяні	Система обробітку ґрунту	Показники дефляційно-небезпечного періоду			Відносні втрати ґрунту (змінюється від 0 до 1)
		«Випадкова» шорсткість, дюйми (National Agronomy Manual, 2002)	«Випадкова» шорсткість, см	Проективне покриття, %	
		3	4	5	
1	2	3	4	5	6
Яра пшениця (попередник – горох)	Традиційна	0,8	2,0	0,8	0,334
	Мінімальна	0,8	2,0	2,2	0,311
	No-till	0,4	1,0	35,1	0,102

1	2	3	4	5	6
Гірчиця (попередник – яра пшениця)	Традиційна	0,7	1,8	3,4	0,335
	Мінімальна	0,8	2,0	8,7	0,225
	no-till	0,4	1,0	60,2	0,029
Сорго (попередник – гірчиця)	Традиційна	1,9	4,8	18,2	0,033
	Мінімальна	0,8	2,0	24,7	0,101
	No-till	0,4	1,0	82,2	0,010

Глибока оранка, вивертаючи брила ґрунту, створює певну шорсткість поверхні, яка посилює спроможність до акумуляції часточок ґрунту, що рухаються в процесі дефляції, зменшення швидкості вітру в приземних шарах тощо. У всіх інших випадках на оцінку ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту найбільш сильно впливає саме кількість рослинних залишків, які залишаються на поверхні ґрунту в дефляційно-небезпечний період, а отже, NT є найбільш ефективною, з точки зору захисту ґрунту від дефляції, технологією (табл. 2).

Грудкуватість ґрунту. Головним показником протидефляційної стійкості ґрунту є вміст фракції більше 1 мм, так звана «грудкуватість». Наші дослідження показали, що показники грудкуватості корелюють з різними іншими показниками протидефляційної стійкості, зокрема з механічною міцністю агрегатів, вмістом дефляційно-небезпечної фракції (<0,25 мм) та значеннями протидефляційної стійкості, визначеною прямим вимірюванням у портативній аеродинамічній трубі (Chornyy, Pysmennyj, 2011, 2014).

Осінньо-весняна динаміка грудкуватості поверхневого шару представлена в табл. 3. Більш-менш інтенсивний обробіток ґрунту з осені формує ґрунт, який, за нашою класифікацією (Chornyy, Pysmennyj, 2014), є дуже вітростійким (грудкуватість – 70–90 %). На варіантах з NT грудкуватість восени менша на 20–30 %, що пов'язано зі специфічними механізмами утворення структурних елементів. Обробіток ґрунту на зяб осолонцьованих південних чорноземів, особливо в умовах посушливих літа та осені, призводить до вивертання на поверхню великих брил та збільшення грудкуватості.

Але впродовж зими грудкуватість у цілому на варіантах з обробітками ґрунту поступово знижується, що пов'язано в першу чергу з дією на грудки процедур замерзання-танення, що, в свою чергу, є функцією від кількості переходів температури ґрунту через 0 °C (Chornyy, Notynenko, 2007). В умовах нестійких зим, що є наслідком потепління клімату, коли вдень температури повітря і ґрунту додатні, а вночі ґрунт промерзає, відбувається руйнація великих ґрунтових агрегатів та розпилення ґрунту. У той же час, коли поверхня ґрунту впродовж зими та на початку весни знаходиться в необробленому стані із значною кількістю рослинних решток на поверхні, як це спостерігається на варіантах з NT, кількість таких процедур переходу через 0 °C температури ґрунту різко зменшується, а значить і руйнація грудок на поверхні ґрунту йде не так інтенсивно.

Але на весну вміст агрегатів більше 1 мм на необроблених варіантах дослідів не тільки не зменшився, а навіть у деяких випадках і зростає (табл. 3). На наш погляд, таке зростання грудкуватості весною пов'язане з більш високою вологістю ґрунту, яка сприяє коагуляції часточок ґрунту та наявністю великої кількості рослинних решток як джерела біологічних речовин, які мають здатність до склеювання (Medvedev, 2008). Ці фактори посилюють процес утворення великих за розміром агрегатів, що призводить до зростання грудкуватості.

А отже, на весну протидефляційна стійкість ґрунту по всіх варіантах досліджень вирівнюється, грудкуватість становить 50–70 %, що є нижньою межею вітростійкості ґрунту (Chornyy, Pysmennyj, 2011).

Таблиця 3

Динаміка грудкуватості чорнозему південного

Сільсько-господарські культури, що будуть посіяні навесні	Система обробітку ґрунту	Осінь 2011 р.	Весна 2012 р.	Δ	Осінь 2012 р.	Весна 2013 р.	Δ	Осінь 2013 р.	Весна 2014 р.	Δ	$\Delta_{\text{ср}}$
Яра пшениця (попередник – горох)	Традиційна	–	–	–	82,4	71,0	-11,4	67,0	78,1	11,1	-0,2
	Мінімальна	–	–	–	80,7	74,6	-6,1	76,0	61,4	-14,6	-10,4
	No-till	–	–	–	40,8	65,4	24,6	69,5	73,6	4,1	14,4
Гірчиця (попередник – яра пшениця)	Традиційна	85,3	51,2	-34,1	93,3	68,9	-24,4	84,5	84,4	-0,1	-19,5
	Мінімальна	76,4	45,5	-30,9	73,5	72,9	-0,6	43,9	69,6	25,6	-10,7
	No-till	57,6	55,1	-2,5	58,5	62,5	4,0	73,8	79,4	5,6	2,4
Сорго (попередник – гірчиця)	Традиційна	64,6	51,9	-12,7	93,2	74,6	-18,7	70,8	70,3	-0,5	-10,7
	Мінімальна	63,9	54,3	-9,6	77,7	74,9	-2,9	73,6	53,6	-20,0	-10,8
	No-till	54,5	79,3	24,9	59,0	55,7	-3,3	59,4	72,6	13,2	11,6

Пряма оцінка ґрунтозахисної ефективності no-till під час пилової бурі.

Пилова буря почалася в районі Асканії-Нової о 18-й годині 26 січня 2014 року і тривала 26 годин – до 20-ї години 27 січня. Показники швидкості вітрового потоку, виміряні автоматичною метеостанцією, дозволили детально досліджувати вітровий режим пилової бурі. Інтенсивна фаза бурі із середньою швидкістю вітру понад 12 м/с північного і північно-східного напрямку почалася о 22-й годині 26 січня (табл. 4).

Таблиця 4

Швидкість вітру в період пилової бурі

Час	Середня швидкість вітру, м/с	Максимальна швидкість вітру, м/с	Час	Середня швидкість вітру, м/с	Максимальна швидкість вітру, м/с
26 січня 2014 р.			7:00	11,7	13,2
18:00	8,8	10,0	8:00	12,3	13,3
19:00	9,4	11,0	9:00	12,9	13,9
20:00	11,5	12,6	10:00	12,8	13,6
21:00	11,5	12,5	11:00	12,6	13,6
22:00	12,1	13,1	12:00	12,1	13,5
23:00	12,5	13,3	13:00	12,2	12,8
27 січня 2014 р.			14:00	12,4	13,0
0:00	12,4	13,7	15:00	11,4	12,1
1:00	12,9	14,2	16:00	11,5	12,5
2:00	12,5	13,3	17:00	10,4	11,6
3:00	11,9	12,6	18:00	10,2	11,4
4:00	12,0	12,8	19:00	10,4	11,5
5:00	12,9	13,9	20:00	8,8	9,4
6:00	12,5	13,4			

Уночі 26–27 січня, а також уранці і вдень 27 січня спостерігалися максимальні середні швидкості вітру (до 12,9 м/с) з поривами до 14,2 м/с. Із 15-ї години 27 січня швидкість вітру почала поступово зменшуватися. У цілому пилова буря характеризувалася відносно рівномірною швидкістю повітряного потоку. Слід відмітити також, що, як зазначено вище, важливою особливістю подій 26–27 січня 2014 року в районі Асканії-Нової була наявність у приземному потоці повітря крижаної крупі значного розміру, діаметром 0,5–2,5 мм, яка виступала в умовах сильного вітру додатковим абразивним матеріалом, котрий інтенсивно руйнував верхній шар ґрунту.

Визначення величин дефляційних втрат ґрунту проводилося в найбільш інтенсивну частину пилової бурі – з 9-ї години до 14.38 27 січня. Ураховуючи, що до кожного пиловловлювача примикає смуга з різними варіантами обробки ґрунтів і з технологією NT довжиною в 30 м, то, очевидно, що весь ґрунт в пиловловлювачі відповідає видутому ґрунту з площі 15 м² (30 м × 0,5 м). Відповідно дефляція по кожному варіанту в перерахунку на 1 га дорівнює величині ґрунту в пиловловлювачі, помноженій на 666,7. Для порівняння варіантів втрат ґрунту на різних агрофонах був зроблений перерахунок на проміжок часу з 10.00 до 14.00. Для цього середня інтенсивність вітрової ерозії по всіх варіантах (у грамах видутого ґрунту за хвилину спостережень) множилася на 240 хвилин. Результати аналізу польових досліджень пилової бурі подано в табл. 5. Згідно з польовими дослідженнями та розрахунками втрати ґрунту за чотири години пилової бурі становили на варіанті з оранкою – 656,0 кг/га, з поверхневою обробкою – 525,0 кг/га, за технологією NT – 182,7 кг/га.

Таблиця 5

Результати вимірювань втрат ґрунту в найбільш інтенсивний період пилової бурі

Номер відбору	Обробіток ґрунту	Період відбору зразків 27 січня 2014 р.	Час експозиції, хв	Маса ґрунту, г	Середня інтенсивність, г/хв.	У середньому за 4 години (10.00–14.00), кг	Втрати ґрунту за 4 години (10.00–14.00), кг/га
1	Традиційний	9:00–10:40	100	892,97			
	Мінімальний	9:15–10:55	100	791,88			
	No-till	9:30–11:10	100	201,12			
2	Традиційний	10:40–12:14	94	209,87			
	Мінімальний	10:55–12:27	92	168,73			
	No-till	11:10–12:41	91	96,17			
3	Традиційний	12:14–14:20	126	77,02			
	Мінімальний	12:27–14:28	121	70,72			
	No-till	12:41–14:38	117	52,58			
Усього	Традиційний	9:00–14:20	320	1312,71	4,10	0,984	656,03
	Мінімальний	9:15–14:28	313	1031,33	3,29	0,790	526,69
	No-till	9:30–14:38	308	349,87	1,14	0,274	182,68

Значний ґрунтозахисний ефект технології NT пов'язаний, як зазначено вище, з наявністю на поверхні ґрунту великої кількості рослинних залишків, які залишилися на поверхні ґрунту з осені 2013 р., а також з тим, що ці рослинні рештки перебували у своїй більшості у вертикальному положенні, що створювало надлишкову шорсткість поверхні, яка дозволяла зменшити швидкість вітру в приземному шарі повітря, що, в свою чергу, тільки підсилювало протидефляційний ефект NT.

ВИСНОВКИ

1. Ґрунтозахисна спроможність будь-якої технології обробки ґрунту, NT зокрема, повинна оцінюватися з трьох позицій, а саме: кількістю рослинних решток, які залишаються на поверхні ґрунту у дефляційно-небезпечний період, наявністю

певної «випадкової» шорсткості поверхні ґрунту та за здатністю власності ґрунту протистояти екстремальним вітрам.

2. З точки зору захищеності поверхні ґрунту рослинними рештками NT повністю відповідає критерію консервуючої (протиерозійної) технології – проективне покриття ґрунту в дефляційно-небезпечний період становить у середньому за три роки досліджень по посівах ярої пшениці – 37,9 %, по посівах сорго – 71,1 % та по посівах гірчиці – 60,2 %.

3. Комплексна оцінка ґрунтозахисної ефективності NT з урахуванням «випадкової» шорсткості поверхні також показує на високу протидефляційну спроможність цієї технології. У той же час слід констатувати, що наявність високої «випадкової» шорсткості після осінньої глибокої оранки на зяб, незважаючи те що поверхня ґрунту в даному випадку погано захищена рослинними рештками, може мати досить високу ґрунтозахисну ефективність.

4. Обробіток ґрунту на зяб осолонцюваних південних чорноземів, особливо в умовах посушливого теплого періоду року, приводить до вивертання на поверхню великих брил та зростання показника грудкуватості осінню до 70–90 %. Але впродовж зими грудкуватість на цих варіантах знижується до 50–70 %, що пов'язано з дією на грудки процедур замерзання-танення, які є функцією від кількості переходів температури ґрунту через 0 °C. У той же час на варіантах з NT, коли поверхня ґрунту знаходиться в необробленому стані зі значною кількістю рослинних решток, кількість таких процедур переходу через 0 °C різко зменшується. А отже, у дефляційно-небезпечний період протидефляційна стійкість чорнозему південного при застосуванні NT практично однакова з варіантами, де проводився осінній обробіток ґрунту.

5. Прямі спостереження за протидефляційною ефективністю NT упродовж пилової бурі 26–27 січня 2014 року показали, що втрати ґрунту за чотири години пилової бурі на варіанті з NT були в 3,5 разу меншими в порівнянні з традиційним обробітком ґрунту та в 2,9 разу меншими в порівнянні з мінімальним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Birmili, W., Schepanski, K., Ansmann, A., Spindler, G., Tegen, I., Wehner, B., Nowak, A., Reimer, E., Mattis, I., Muller, K., Brüggemann, E., Gnauk, T., Herrmann, H., Wiedensohler, A., Althausen, D., Schladitz, A., Tuch, T., Loschau, G., 2008. A case of extreme particulate matter concentrations over Central Europe caused by dust emitted over the southern Ukraine. *Atmos. Chem. Phys.* 8, 997–1016.
- Chornyy, S. G., Pysmennyj, O. V., 2011. Pro vzayemozvyazok mizh riznymi parametramy protydeflyacijnoyi stijkosti gruntiv Ukrainy [About correlation between different parameters of soil wind erodibility of steppe Ukraine]. *Ecology and Noospherology* 22(3–4), 43–46 (in Ukrainian).
- Chornyy, S. G., Hotinenko, O. M., Pismenniy, O. V., Chorna, T. M., 2008. Pylovi buri na pivdni Ukrainy [Dust storms on Southern Ukraine]. *Visnyk agrarnoy nauky* 9, 46–51 (in Ukrainian).
- Chornyy, S. G., Hotynenko, O. M., 2007. Izmenenie klimata i problema deflyaciy v Yuzhnoj i Sukhoj stepi Ukrainy [Climate change and wind erosion problem in the South and Dry Steppe of Ukraine]. *Innovation, land management and resource-saving technologies. Coll. the All-Russian scientific-practical conference, Kursk.* 124–129 (in Russian).
- Chornyy, S. G., Pismenniy, O. V., 2014. Wind erosion resistance of steppe soils of Ukraine. *Agricultural Science and Practice* 3, 43–49.
- Chornyy, S. G., Vidinivska, O. V., Voloshenyuk, A. V., 2011. Kolichestvennaya otsenka protivodeflyatsionnoy effektivnosti No-Till tehnologii v usloviyah Yuga Ukrainy [The quantitative evaluation of the wind erosion preventive effectiveness of no-till technology by southern Ukraine conditions]. *Gruntoznavstvo* 13(1–2), 38–47 (in Russian).
- Dickey, E. C., Shelton, D. P., Jasa, P. J., 1986. Residue management for soil erosion control. *Neb Guide G81-544-A. Inst. Agric. and Nat. Res., Univ. of Nebraska, Lincoln. Lincoln, NE.*
- Hevia, G. G., Mendez, M., Buschiazzi, D. E., 2007. Tillage affects soil aggregation

- parameters linked with wind erosion. *Geoderma* 140(1–2), 90–96.
- Horning, L. B., Stetler, L. D., Saxton, K. E., 1998. Surface residue and soil roughness for wind erosion protection. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 41, 1061–1065.
- Kosolap, M. P., Krotinov, O. P., 2011. Systema zemlerobstva No-till [Farming system No-till]. Logos, Kyiv (in Ukrainian).
- Medvedev, V. V., 2008. Struktura pochvy (metody, genezy, klasyfikacyya, evolyucyya, geografiya, monitoryng, okhrana) [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, protection)]. 13 Publishing house, Kharkiv (in Russian).
- National Agronomy Manual. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. 2002. Available: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1043208.pdf [Accessed 29 May 2016].
- Rhoton, F. E., 2000. Influence of Time on Soil Response to No-Till Practices. *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 64, 700–709.
- Thorne, M. E., Young, F. L., Pan, W. L., Bafus, R., Alldredge, J. R., 2003. No-till spring cereal cropping system reduce wind erosion susceptibility in wheat/fallow region of the Pacific Northwest. *Journal Soil and Water Conservation Society* 58(5), 250–257.
- Walters, D., Jasa, P. J., 2000. Conservation tillage in the United States: an overview. International symposium on conservation tillage. Available: <http://agecon.okstate.edu/isct/> [Accessed 29 May 2016].

Стаття надійшла в редакцію: 28.10.2016

MICROMORPHOLOGY OF FOREST SOILS



V. M. Yakovenko✉ Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 504.53+630*1

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

MACRO- AND MICRO-MORPHOLOGICAL DIFFERENTIATION OF HUMUS-ACCUMULATIVE HORIZON OF FOREST SOILS

Abstract. The paper presents the results of studies of macro- and micromorphological differentiation of the surface humus-accumulative horizon (A) of forest soils of the steppe zone of Ukraine. The study groups included typical soil profiles of natural ravine, wall (slope of the river bank) and floodplain forests, and chernozem under grassy and artificial tree vegetation within Prisma Dniprovsy (Novomoskovsk district, Dnipropetrovsk region). In the macromorphological study, the method of field description of soils recommended by FAO (2012) was used, the characteristics of microstructural soil organization were described in G. Stoops (2003).

The differentiation of the surface humus-accumulation horizon (A) of the investigated soils is diagnosed after changes in a number of macro- and micromorphological characteristics of the structural state-morphology and aggregate size, total porosity, void morphology, and addition density. The analysis of morphological characteristics reveals both communities the features of differentiation of the humus-accumulative horizon, and certain differences between the soils of natural forests and Calcic Chernozem.

The surface humus-accumulative horizon of Calcic Chernozem, both under grassy and under artificial tree vegetation, is differentiated into two sub-horizons A1 and A2. In the Voronic Luvic Chernozem of natural ravine, Luvic Phaeozem of the pristine (slope of the river bank) forests and Mollic Fluvisol of floodplain forests, the surface horizon is differentiated into three sub-horizons – A1, A2, A3.

At the macromorphological level, of the surface humus-accumulative horizon there are synchronous changes in the main characteristics of the structural state - the set and the dominant types of structure, the prevailing dimensions of aggregates within the framework of one type of structure, the total porosity, the diversity of the morphology of the voids, the relative participation of individual types of voids in the formation of pore space, density shape.

At the micromorphological level, differentiation is diagnosed on the basis of changes: a set and the relative ratio of different types of microstructure; the ratio of the dominant types of voids and the total area of apparent porosity; morphology of aggregates (shape, size, degree of accommodation of surfaces, intra-aggregate porosity) within a single type of microstructure.

The more complex differentiation of the surface humus-accumulative horizon of forest soils in comparison with Calcic Chernozem is due to the greater thickness of the horizon, which causes a

✉ Tel.: +38066-559-68-06, e-mail: yakovenko_v@i.ua

DOI: 10.15421/041614

significant compaction in the lower direction within the surface horizon and more intensive biological activity (especially soil meso- and microfauna).

Key words: *microstructure, morphology of voids, soil aggregates, density shape, forest soils.*

УДК 504.53+630*1

В. Н. Яковенко

канд. биол. наук, доц.

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38066-559-68-06, e-mail: yakovenko_v@i.ua*

МАКРО- И МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ГУМУСОВО-АККУМУЛЯТИВНОГО ГОРИЗОНТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Аннотация. В работе изложены результаты исследований макро- и микроморфологической дифференциации на подгоризонты гумусово-аккумулятивного горизонта лесных почв степной зоны Украины. Дифференциация гумусово-аккумулятивного горизонта исследованных почв диагностируется по изменениям ряда макро- и микроморфологических характеристик структурного состояния – морфологии и размера агрегатов, общей пористости, морфологии пустот, плотности сложения. Анализ морфологических характеристик выявляет как общие черты дифференциации гумусово-аккумулятивного горизонта, так и определенные различия между почвами природных лесов и черноземами обыкновенными под травянистой и искусственной древесной растительностью.

Гумусово-аккумулятивный горизонт черноземов обыкновенных (Calcic Chernozem) как под травянистой, так и под древесной искусственной растительностью дифференцируется на два подгоризонта – H_1 и H_2 . В черноземных почвах природных байрачных (Voronc Luvic Chernozem), пристенных лесов (Luvic Phaeozem) и лугово-лесных почвах (Mollic Fluvisol) пойменных лесов поверхностный горизонт дифференцируется на три подгоризонта – H_1 , H_2 , H_3 . Более сложная дифференциация гумусово-аккумулятивного горизонта лесных почв сравнительно с черноземами обыкновенными, на наш взгляд, обусловлена большей мощностью горизонта, что обуславливает значительное уплотнение в нисходящем направлении в пределах поверхностного горизонта, и более интенсивной биологической активностью (особенно почвенной мезо- и микрофауны).

Ключевые слова: *микроструктура, морфология пустот, почвенные агрегаты, плотность сложения, лесные почвы.*

УДК 504.53+630*1

В. М. Яковенко

канд. біол. наук, доц.

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38066-559-68-06, e-mail: yakovenko_v@i.ua*

МАКРО- ТА МІКРОМОРФОЛОГІЧНА ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ГУМУСОВО-АКУМУЛЯТИВНОГО ГОРИЗОНТУ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ

Анотація. У роботі наведено результати досліджень макро- та мікроморфологічної диференціації гумусово-аккумулятивного горизонту лісових ґрунтів степової зони України. Диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту досліджених ґрунтів діагностується за зміною низки макро- та мікроморфологічних характеристик структурного стану – морфології і розміру агрегатів, загальної пористості, морфології порожнин, щільності складення. Аналіз морфологічних характеристик виявляє як спільні риси диференціації гумусово-аккумулятивного горизонту, так і певні відмінності між ґрунтами природних лісів і черноземами звичайними.

Гумусово-аккумулятивний горизонт чорноземів звичайних (Calcic Chernozem) як під трав'янистою, так і під деревною штучною рослинністю диференціюється на два підгоризонти – H_1 та H_2 . У чорноземних ґрунтах природних байрачних (Voronc Luvic Chernozem) і пристінних лісів (Luvic Phaeozem) та лучно-лісових ґрунтах (Mollic Fluvisol) заплавлених лісів поверхневий горизонт диференціюється на три підгоризонти – H_1 , H_2 , H_3 . Більш складна диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту лісових ґрунтів порівняно з чорноземами звичайними, на наш погляд, обумовлена більшою потужністю горизонту, що зумовлює суттєве зростання

ущільнення в низхідному напрямку в його межах, та більш інтенсивною біологічною активністю (особливо ґрунтової мезо- і мікрофауни).

Ключові слова: мікроструктура, морфологія порожнин, ґрунтові агрегати, щільність складення, лісові ґрунти.

ВСТУП

Польові дослідження морфологічної будови ґрунтів є вихідним матеріалом для діагностики і класифікації ґрунтів, порівняльної характеристики будови ґрунтів у різнопланових дослідженнях (зокрема, обзорах, атласах та ін.), при визначенні різноманітних аналітичних показників генетичних горизонтів та їх змін у профілі.

Ключовим елементом морфологічного дослідження ґрунтів є визначення генетичних горизонтів та їх сполучення в профілі. Підставою для виділення відповідного горизонту або підгоризонту може бути зміна по вертикалі будь-якої (навіть однієї) суттєвої морфологічної ознаки (Rozanov, 2004) – гранулометричного складу, забарвлення, структури, складення (щільності, пористості), новоутворень, включень та ступеня однорідності (плямистості). За методикою польового опису ґрунтів ФАО (2012), яка жорстко прив'язана до міжнародної класифікації ґрунтів WRB, підгоризонти виділяються на основі морфологічно виражених відмінностей у структурі, кольорі або гранулометричному складі.

Наш досвід дослідження профілів байрачних, пристінних і заплавних лісових ґрунтів степової зони України (Belova, Yakovenko, 1997; Yakovenko, 2004, 2008, 2014 та ін.) свідчить, що характерною особливістю їх морфологічної будови є диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту (поверхневий горизонт А за WRB) на три підгоризонти – H_1 , H_2 і H_3 (за WRB відповідно підгоризонти A1, A2, A3). Однак у макроморфологічних описах лісових ґрунтів на фоні одноманітного забарвлення і гранулометричного складу гумусово-аккумулятивного горизонту спостерігаються різночитання у виділенні підгоризонтів на основі змін по вертикалі відносного співвідношення агрегатів різної морфології або розміру педів домінуючого типу структури, змін щільності складення, загальної пористості та відносної участі порожнин різної морфології й генезису. Отже, існує проблема об'єктивної діагностики диференціації гумусово-аккумулятивного горизонту лісових ґрунтів на підгоризонти, яка вирішується дослідженнями на макро- та мікроморфологічному рівні організації ґрунтів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами досліджень слугували типові профілі ґрунтів природних байрачних, пристінних і заплавних лісів, а також чорноземів звичайних під трав'янистою і штучною деревною рослинністю в межах Присамар'я Дніпровського (Новомосковський район Дніпропетровської області).

При макроморфологічному дослідженні застосовувалась методика польового опису ґрунтів, рекомендована ФАО (2012), визначались тип ґрунтової структури, щільність, морфологія пористості і характер меж між підгоризонтами. У роботі застосовано номенклатуру ґрунтів Комплексної експедиції ДНУ і міжнародну класифікацію ґрунтів WRB (IUSS Working Group WRB, 2014).

Характеристики мікроструктурної організації ґрунтів надавались за Ступсом (Stoops, 2003), зокрема визначались типи мікроструктури та їх відносне співвідношення у складенні горизонтів, типи агрегатів і ступінь акомодатії їх поверхонь, морфологічні типи порожнин і площа видимої пористості. Тип мікроструктури визначався на рівні, який сполучається з макроморфологічним описом структурного стану – як загальний фон організації ґрунтової маси при малому збільшенні ($\times 15$). Площа порового простору визначалась планиметричним методом (Gagarina, 2004) на основі підрахування площі порожнин (більших, ніж 0,1 мм)

усіх морфологічних типів по 25–30 полях зору для кожного підгоризонту. Статистична обробка результатів вимірювання площі пористості здійснювалась із використанням програмного пакета Statistica.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Послідовно викладено результати загальної характеристики морфологічної будови генетичних профілів досліджених ґрунтів, особливості макро- та мікроморфологічної диференціації гумусово-аккумулятивного горизонту на підгоризонти.

Загальна характеристика морфологічної будови генетичних профілів

Чорнозем звичайний (Calcic Chernozem). Степова цілина (пробна площа № 201-B2) на вододілі між р. Самарою та її притокою р. Сороковушкою на схилі в 2° північно-східної експозиції. Будова профілю: H_0 (3–0 см) – степова повсть; H_1 (0–7 см) – поверхневий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_2 (7–26 см) – другий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_{pk} (26–42 см) – перший перехідний карбонатний горизонт; Phk (42–57 см) – другий перехідний карбонатний горизонт; Pk (57–130 см +) – материнська порода, карбонатний лес.

Чорнозем звичайний лісопокрощений (Calcic Chernozem). Штучне дубове насадження на плакорі (пробна площа № 224-B2). Будова профілю: H_0 (2–0 см) – лісова підстилка; H_1 (0–8 см) – поверхневий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_2 (8–42 см) – другий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_r (42–58 см) – перший перехідний горизонт; Phk (58–74 см) – другий перехідний карбонатний горизонт; Pk (74–120 см +) – материнська порода, карбонатний лес.

Чорнозем лісовий (Voronc Luvic Chernozem). Природний ліс на схилі північної експозиції байраку Капітановський, середня третина схилу (пробна площа № 204-B2). Будова профілю: H_0 (3–0 см) – лісова підстилка; H_1 (0–9 см) – поверхневий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_2 (9–38 см) – другий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_3 (38–62 см) – третій підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_{pil} (62–86 см) – перехідний ілювіальний горизонт; Pk (86–140 см +) – материнська суглинкова порода, карбонатна з глибини 110 см.

Чорнозем лісовий (Luvic Phaeozem). Природний ліс на пристіні правого берега р. Самари, середня третина схилу (пробна площа № 207-B2). Будова профілю: H_0 (2–0 см) – лісова підстилка; H_1 (0–8 см) – поверхневий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_2 (8–43 см) – другий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_3 (43–66 см) – третій підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_{pil} (66–90 см) – перший перехідний ілювіальний горизонт; $Phil$ (90–120 см) – другий перехідний ілювіальний горизонт; P (120–160 см +) – материнська суглинкова порода.

Заплавний лучно-лісовий ґрунт (Mollic Fluvisol). Природний ліс у центральній заплаві р. Самари (пробна площа № 209-B2). Будова профілю: H_0 (3,5–0 см) – лісова підстилка; H_1 (0–8 см) – поверхневий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_2 (8–36 см) – другий підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_3 (36–60 см) – третій підгоризонт гумусово-аккумулятивного горизонту; H_r (60–100 см) – перехідний горизонт.

Макроморфологічна диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту

Диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту досліджених ґрунтів діагностується за зміною низки макро- та мікроморфологічних характеристик структурного стану – морфології і розміру агрегатів, загальної пористості, морфології порожнин, щільності складення. Морфологічні ознаки гумусово-аккумулятивного горизонту за методикою ФАО відносяться до наступних класифікаційних категорій (табл. 1).

Таблиця 1

Диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту на макроморфологічному рівні

Генетичний підгоризонт / підгоризонт WRB	Глибина, см	Тип ґрунтової структури*	Пористість	Морфологічні типи порожнин**	Щільність, кг дм ⁻³	Межі між підгоризонтами (перехід / форма)
1	2	3	4	5	6	7
Чорнозем звичайний (Calsic Chernozem), степова цілина						
H ₁ / A1	0-7	Дуже дрібна зерниста, дрібна зерниста, дуже дрібна грудкувата	Висока	Міжагрегатні, ваги, пори-канали, тріщини	1,11-1,31 (BD2)	Різкий / рівна
H ₂ / A2	7-26	Дрібна грудкувата, дрібна зерниста, середня зерниста, дуже дрібна призматична, дрібна призматична	Висока	Тріщини, ваги, міжагрегатні, пори-канали	1,37-1,57 (BD3)	-
Чорнозем звичайний лісопокрашений (Calsic Chernozem), шлuchte дубове насадження						
H ₁ / A1	0-8	Дуже дрібна зерниста, дрібна зерниста, дуже дрібна грудкувата	Висока	Міжагрегатні, ваги, пори-канали, тріщини	1,08-1,28 (BD2)	Різкий / рівна
H ₂ / A2	8-42	Дуже дрібна грудкувата, дрібна грудкувата, дрібна зерниста, середня зерниста	Висока	Ваги, тріщини, міжагрегатні, пори-канали	1,34-1,54 (BD3)	-
Чорнозем лісовий (Votonic Luvic Chernozem), схил байраку						
H ₁ / A1	0 - 9	Дрібна зерниста, середня зерниста, дуже дрібна зерниста, дуже дрібна грудкувата	Дуже висока	Міжагрегатні, ваги	0,72 - 1,02 (BD1)	Різкий / рівна

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
N ₂ / A2	9–38	Дуже дрібна грудкувата, дрібна грудкувата, дрібна зерниста, середня зерниста	Висока	Міжагратні, ваги, тріщини	1,17–1,37 (BD2)	Ясний / рівна
N ₃ / A3	38–62	Дрібна грудкувата, дуже дрібна грудкувата, середня грудкувата, дрібна зерниста, середня зерниста	Висока	Міжагратні, ваги, тріщини, пори-канали	1,4–1,6 (BD3)	–
Чорнозем лісовий (Luvic Phaeozem), схил пристіпу						
N ₁ / A1	0–8	Дрібна зерниста, середня зерниста, дуже дрібна грудкувата, дрібна грудкувата	Дуже висока	Міжагратні, ваги	0,78–1,08 (BD1)	Різкий / рівна
N ₂ / A2	8–43	Дрібна грудкувата, середня грудкувата, дуже дрібна грудкувата, дрібна зерниста, дуже дрібна зерниста, дуже дрібна призматична, дрібна призматична	Висока	Ваги, тріщини, міжагратні, пори-канали	1,17–1,37 (BD2)	Ясний / рівна
N ₃ / A3	43–66	Дуже дрібна призматична, дрібна призматична, дуже дрібна грудкувата, дрібна горіхувата, дрібна горіхувата	Висока	Тріщини, ваги, пори-канали, міжагратні	1,4–1,6 (BD3)	–

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
		Заплавний лугово-лісовий ґрунт (Mollic Fluvisol), центральна заплава				
H ₁ / A1	0–9	Дрібна зерниста, середня зерниста, дуже дрібна грудкувата, дрібна грудкувата	Дуже висока	Міжагрегатні, ваги	0,72–1,02 (BD1)	Різкий / рівна
H ₂ / A2	9–36	Дуже дрібна грудкувата, дрібна грудкувата, середня грудкувата, дрібна зерниста	Висока	Міжагрегатні, ваги, пори-канали, тріщини	1,14–1,34 (BD2)	Ясний / рівна
H ₃ / A3	36–60	Середня зерниста, дрібна грудкувата, дуже дрібна грудкувата, середня грудкувата, дрібна зерниста, середня зерниста	Висока	Міжагрегатні, ваги, тріщини, пори-канали	1,37–1,57 (BD3)	–

*Типи ґрунтової структури розташовані за зменшенням відносного вмісту пелів відповідної морфології.

**Типи порожнин розташовані в порядку зниження їх відносної участі в поровому просторі.

Типи ґрунтової структури: зерниста (Granular) – сфероїдної або багатогранної форми, з вигнутими або неправильними гранями, які не прилягають до граней сусідніх агрегатів; грудкувата (Subangular blocky) – багатогранної форми майже рівних розмірів по всіх напрямках, з округленими гранями, до яких прилягають, повторюючи їх форму, сусідні агрегати; горіхувата (Angular blocky) – відрізняються від грудкуватих гранями, які пересікаються під відносно гострими кутами; призматична (Prismatic) – обмежені розміри в горизонтальній і розтягнуті розміри у вертикальній площині, мають дуже добре виражені вертикальні грані (форма граней плоска або слабоокруглена), до яких прилягають, повторюючи їх форму, сусідні агрегати.

Розмір педів відповідних типів структури: зерниста – дуже дрібна (< 1 мм), дрібна (1–2 мм), середня (2–5 мм); грудкувата – дуже дрібна (< 5 мм), дрібна (5–10 мм), середня (10–20 мм); горіхувата – дуже дрібна (< 5 мм), дрібна (5–10 мм); призматична – дуже дрібна (< 10 мм), дрібна (10–20 мм).

Категорії щільності горизонтів (кг дм^{-3}) визначені з урахуванням комплексу характеристик: оцінки сили, з якою ніж уходить у стінку розрізу (при польовій вологості); переважаючої форми педів; характеру фрагментації зразка при вилученні з ґрунту (матеріал відразу розпадається на відокремлені агрегати, або спочатку зразок розпадається на великі фрагменти, які під впливом сили різної потужності розвалюються на відокремлені педи); пористості стінки розрізу. Оскільки в досліджених ґрунтах вміст гумусу перевищує 2 % (Turika, 1985; Belova, Travleyev, 1999), показники щільності знижувались на $0,03 \text{ кг дм}^{-3}$ при кожному 1%-ному збільшенні вмісту органічної речовини.

Пористість визначена як доля, зайнята порами (що розпізнаються під лінзою при 10-кратному збільшенні) від загальної площі стінки гумусово-аккумулятивного горизонту у досліджених ґрунтах класифікується як висока (15–40 %) або дуже висока (> 40 %).

За морфологією визначено такі типи порожнин: міжагрегатні або складні пори пакування (Interstitial) – неправильної форми і не сполучаються між собою (утворюються в результаті упаковки агрегатів, які не прилягають щільно один до одного; ваги, або кавернозні (Vughs) – мають переважно неправильну, але близьку до ізометричної форму, переривчасті і не сполучаються між собою (виникають у результаті діяльності тварин або порушення форми інших порожнин); пори-канали (Channels) – витягнуті порожнини, переважно трубчастої форми, сильно варіабельні за розміром (виникають унаслідок діяльності рослин і тварин); тріщини (Planes) – більшість тріщин розташовується на межі між педами, звичайно мають непостійні форми, розмір та кількість, які варіюють залежно від ступеня зволоження ґрунту (виникають у результаті розтріскування або розміщення педів відносно один одного).

Перехід між підгоризонтами (визначається потужністю зони, у межах якої розташовується межа) класифікується як різкий (0–2 см) або ясний (2–5 см). Форма меж рівна (практично плоска поверхня горизонту) або хвиляста (ширина карманів більша, ніж їх глибина).

Аналіз морфологічних характеристик виявляє як спільні риси диференціації гумусово-аккумулятивного горизонту, так і певні відмінності між ґрунтами природних лісів і чорноземами звичайними під трав'янистою та штучною деревною рослинністю.

Чорноземи звичайні (степова цілина, штучне дубове насадження). При польовому дослідженні зразки поверхневих горизонтів чорноземів звичайних спочатку розвалюються на грудки (дрібніші в підгоризонті H_1 та більші в підгоризонті H_2) з наступним розпаданням на окремі структурні агрегати. У підгоризонті H_1 домінують дуже дрібні і дрібні зернисті агрегати. Натомість у підгоризонті H_2 домінують дуже дрібні і дрібні грудкуваті агрегати, зернисті більшого розміру (дрібні і середні), також наявні призматичні педи.

Загальна пористість класифікується як висока, хоча в підгоризонті H_2 вона помітно знижується. Морфологія порожнин досить різноманітна починаючи з поверхневого підгоризонту: міжагрегатні, ваги, тріщини і пори-канали. Але в другому підгоризонті суттєво змінюється співвідношення відносної участі порожнин різних типів: у підгоризонті H_1 переважають міжагрегатні і ваги, у підгоризонті H_2 – тріщини і ваги.

Щільність складення змінюється від BD2 у поверхневому до BD3 у другому підгоризонті. Перехід між підгоризонтами різкий, форма границі рівна.

Чорноземи лісові (схил байраку, схил пристіну), заплавий лугово-лісовий ґрунт (центральна заплава). На відміну від чорноземів звичайних, зразки поверхневого підгоризонту H_1 лісових ґрунтів відразу розпадаються на відокремлені зернисті (дрібні і середні) й грудкуваті (дуже дрібні і дрібні) агрегати. Грані сусідніх агрегатів не прилягають. Грудкуваті окремоності виглядають як конгломерати зернистих агрегатів. Матеріал підгоризонтів H_2 та H_3 спочатку розвалюється на великі нестабільні грудки (розміром від 3 до 10 см), які розпадаються на окремі переважно дрібні і середні грудкуваті педи, що так само мають вигляд конгломератів зернистих агрегатів. Грані педів прилягають, повторюючи форму поверхні сусідніх агрегатів. Первинні зернисті агрегати більші порівняно з поверхневим підгоризонтом.

Більш різноманітною є структура гумусово-аккумулятивного горизонту чорноземів пристінних лісів, де в підгоризонті H_2 спостерігаються грудкуваті, зернисті і призматичні педи, а в підгоризонті H_3 призматичні (домінуючий тип), грудкуваті і горіхуваті.

Пористість різко змінюється з дуже високої до високої між підгоризонтами H_1 та H_2 . Менш контрастні зміни спостерігаються в категорії високої пористості між підгоризонтами H_2 та H_3 .

У ґрунтах природних лісів спостерігається чітка відмінність морфології порожнин між підгоризонтами H_1 та H_2 . У поверхневому підгоризонті поровий простір формують переважно міжагрегатні пори і ваги (що відповідає повній агрегованості матеріалу і домінуючому типу структури), натомість поровий простір другого і третього підгоризонтів більш різноманітний – міжагрегатні, ваги, тріщини і пори-канали. При переході від другого до третього підгоризонту спостерігається зменшення відносної участі міжагрегатних пор і вагів та зростання участі каналів і особливо тріщин. Відзначимо, що пори-тріщини переважно є порожнинами між контактуючими поверхнями грудкуватих і призматичних педів.

Лісові ґрунти відзначаються низькою щільністю (позначення щільності – BD1) поверхневих горизонтів H_1 і значним ущільненням у цифровому вираженні (кг дм⁻³) на межі з підгоризонтами H_2 (позначення щільності – BD2). Ущільнення при переході до підгоризонтів H_3 має менш контрастний характер у цифровому вираженні.

Межі між підгоризонтами H_1 та H_2 мають різкий перехід і рівну форму, межі між H_2 та H_3 характеризуються більш поступовим, ясним переходом і рівною формою.

Загальні риси макроморфологічної диференціації гумусово-аккумулятивного горизонту досліджених ґрунтів

Усім дослідженим ґрунтам властиве домінування зернистих агрегатів у підгоризонті H_1 і педів грудкуватої морфології в підгоризонті H_2 . Спостерігається загальна тенденція збільшення розмірів структурних окремоностей униз по профілю, зокрема найбільш контрастне між підгоризонтами H_1 та H_2 у ґрунтах природних лісів.

Менш контрастні зміни спостерігаються в категорії високої пористості, оскільки вона має широкі межі (15–40 %), але загалом зниження загальної пористості є помітним. Загальною закономірністю є зростання вниз по профілю участі в поровому просторі тріщин і пор-каналів на тлі зменшення відносної участі вагів та особливо міжагрегатних пор.

Щільність поверхневих підгоризонтів H_1 чорноземів звичайних дорівнює щільності підгоризонтів H_2 лісових ґрунтів (позначення щільності – BD2).

В усіх досліджених ґрунтах між підгоризонтами H_1 та H_2 спостерігається різкий перехід і рівна форма меж.

Мікроморфологічна диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту

Мікроструктурні ознаки гумусово-аккумулятивного горизонту досліджених ґрунтів наведено в табл. 2.

Варто зазначити, що макроморфологічне поняття структури та мікроморфологічне поняття мікроструктури суттєво відмінні за своїм визначенням: якщо тип структури характеризує морфологію лише ґрунтових педів, то тип мікроструктури включає повну характеристику організації твердої фази ґрунту на основі морфології, співвідношення і особливостей просторового розташування порожнин, педів та неагрегованого матеріалу.

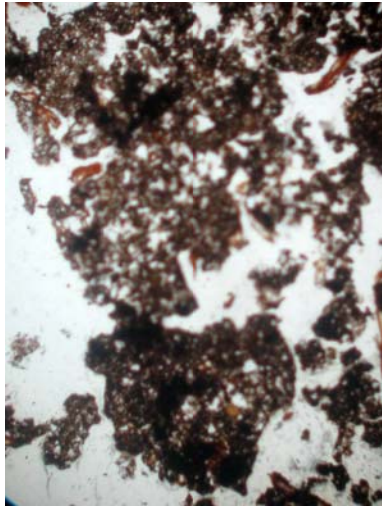
Мікрозони грудкуватої (Crumb) мікроструктури складаються з переважно високопористих агрегатів сфероїдної форми за участю зернистих агрегатів та пухкого неагрегованого матеріалу (рисунк, а). Характеризуються різним ступенем акомодатції поверхонь сусідніх педів (не акомодовані або частково акомодовані). Основну площу пористості формують композитні (Compound packing voids) складні пори пакування агрегатів і каналоподібні (Channels) пори, заповнені дрібними копрогенними агрегатами. Наявні також дрібні пори-тріщини і ваги. Даний тип мікроструктури на рівні макроморфології пов'язаний з грудкуватим типом структури.

Копрогенна (Vermicular) мікроструктура сформована скупченнями зернистих, щільних, непористих або низькопористих, сфероїдної форми агрегатів зоогенного походження (рисунк, б). Акомодатція між зернистими агрегатами відсутня. Поровий простір сформований композитними складними порами пакування зернистих агрегатів та меншою мірою біогенними каналами. Мікрозони копрогенної мікроструктури відзначаються найвищими показниками площі видимої пористості. На макроморфологічному рівні копрогенна мікроструктура пов'язана із зернистим типом структури, дуже високою пористістю і низькими показниками щільності складення.

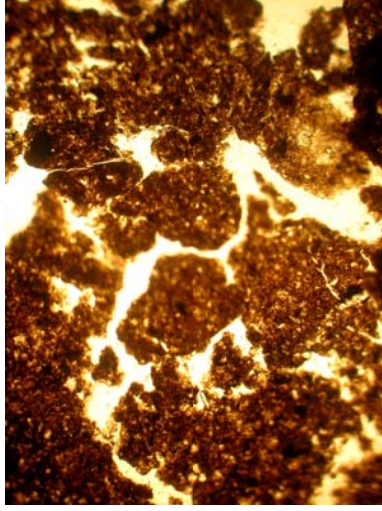
Округло-блокова (Subangular blocky) мікроструктура утворена блоками з розвинутими гранями і округлими кутами (рисунк, в). Блоки є результатом фрагментації ґрунтового матеріалу внаслідок розтріскування. Педи переважно щільні, низькопористі, але біогенна активність (проникнення коренів рослин, локомоторна і структуроутворююча діяльність безхребетних) можуть створювати внутрішньоагрегатну пористість. Між сусідніми блоками спостерігається часткова або досконала акомодатція поверхонь. Основним морфологічним типом порожнин округло-блокової мікроструктури є пори-тріщини (Planes) між блоками, значна участь каналоподібних пор і вагів (Vughs). На рівні макроморфології цей тип мікроструктури пов'язаний з грудкуватим та призматичним типом структури, порами-тріщинами і значною щільністю складення.

Гострокутно-блокова (Angular blocky) мікроструктура утворюється внаслідок процесів розтріскування ґрунтової маси на щільні блоки, які мають різкі плоскі грані і гострі кути (рисунк, г). Сусідні блоки характеризуються досконалою акомодатцією поверхонь. Поровий простір відзначається найнижчими, порівняно з іншими типами агрегованої мікроструктури, показниками загальної площі. Представлений порами-тріщинами, зустрічаються ваги, на загальному фоні спостерігаються біогенні канали. Мікрозони гострокутно-блокової мікроструктури зустрічаються в підгоризонті H_3 байрачних ґрунтів у комплексі з іншими типами мікроструктури. На рівні макроморфології сполучається з грудкуватою і призматичною структурою, порами-тріщинами і високою щільністю складення.

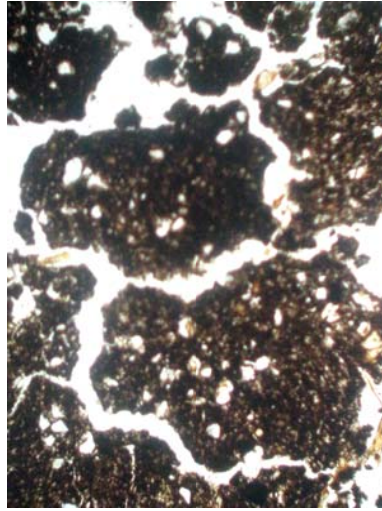
Мікрозони неагрегованої мікроструктури характеризуються досить різною щільністю і загальною пористістю. Зустрічаються різноманітні морфологічні типи – пори-тріщини, ваги, канали, сполучені з камерами. У горизонтах зі значним вмістом



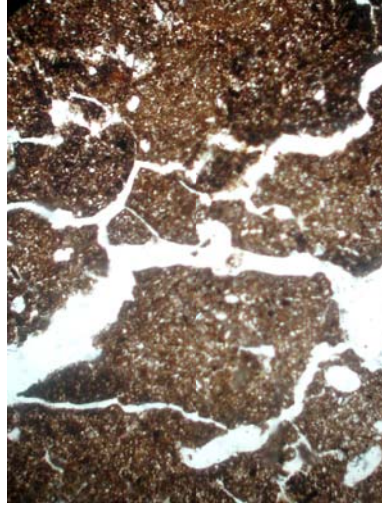
a



б



в



г

Мікροструктурна організація гумусово-аккумулятивного горизонту:

- a* – грудкувата, чорнозем звичайний лісопокрашений (Calcic Chernozem);
- б* – зерниста копрогенна, заплавний лучно-лісовий ґрунт (Mollic Fluvisol);

в – округло-блокова, чорнозем звичайний (Calcic Chernozem);

г – гострокутно-блокова, чорнозем лісовий (Voronіc Luvis Chernozem). Ширинa знімків 2 мм, ніколi ||

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
		Копрогенна	Зернисті	Неакомодовані	Композитні складні, каналоподібні		
		Губчаста	Зернисті	Неакомодовані	Каналоподібні, пори-камери, ваги, пори-тріщини		
Чорнозем лісовий (Voronіс Luvіс Chernozem), схил байраку							
N ₁ / A1	0–9	Копрогенна	Округлі блоки	Частково акомодовані, акомодовані, неакомодовані Неакомодовані	Композитні складні, каналоподібні	X Me O SE	54,2 52,5 15,29 3,42
N ₂ / A2	9–38	Копрогенна	Округлі блоки	Частково акомодовані, акомодовані, неакомодовані Неакомодовані	Композитні складні, каналоподібні	X Me O SE	46,93 49,5 12,94 2,45
N ₃ / A3	38–62	Гострокутно-блокова	Кутасті блоки	Акомодовані, частково акомодовані	Пори-тріщини, каналоподібні	X Me O SE	24,04 23,5 13,31 2,52
		Не агрегована	–	–	Пори-тріщини, каналоподібні, ваги		
Чорнозем лісовий (Luvіс Phaeozem), схил пристіну							
N ₁ / A1	0–8	Копрогенна	Зернисті	Неакомодовані	Композитні складні, каналоподібні	X Me O SE	21 13,75 25,01 7,22

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
		Грудкувата	Грудкуваті	Частково акомодовані, неакомодовані	Композитні складні, каналоподібні		
N ₂ / A2	8–43	Не агрегована	Окремі дрібні зернисті і грудкуваті	–	Ваги, пори-тріщини, каналоподібні, комплексні складні	X Me O SE	7,55 5,5 8,18 2,59
N ₃ / A3	43–66	Не агрегована	Окремі дрібні зернисті і грудкуваті	–	Ваги, комплексні складні, каналоподібні, пори-тріщини	X Me O SE	7,08 4,25 8,24 2,61
Заплавний лугово-лісовий ґрунт (Mollic Fluvisol), центральна заплава							
N ₁ / A1	0–9	Копрогенна	Зернисті	Неакомодовані	Композитні складні, каналоподібні	X Me O SE	21,79 23 8,89 1,68
N ₂ / A2	9–36	Копрогенна	Грудкуваті Зернисті	Неакомодовані, частково акомодовані Неакомодовані	Композитні складні, каналоподібні	X Me O SE	17,04 16 7,04 1,33
N ₃ / A3	36–60	Округло-блокова	Грудкуваті Округлі блоки	Частково акомодовані, неакомодовані Акомодовані	Пори-тріщини, ваги, каналоподібні	X Me O SE	15,54 12 14,33 2,73

*Типи мікроструктури розташовані в напрямку зменшення їх відносної площі в мікроструктурній організації підгоризонтів.

**Домінуючі типи агрегатів і порожнин розташовані в напрямку зменшення їх відносної площі у відповідному типі мікроструктури.

***Ступінь акомодатції поверхонь агрегатів позначена за зменшенням прояву у відповідних типах пелів.

**** Статистика: X – середнє арифметичне; Me – медіана; O – стандартне відхилення; SE – стандартна похибка середнього арифметичного.

великих зерен скелету наявні комплексні складні (Complex packing voids) пори пакування мінеральних зерен і дрібноземистого матеріалу. Неагрегована мікроструктура на рівні мікроморфології пов'язана з великими розмірами призматичних і грудкуватих агрегатів, порами-тріщинами і високою щільністю складення.

Контрастність диференціації на підгоризонти діагностується за такими змінами мікроструктурної організації: 1) зміни комплексу типів мікроструктури; 2) зміни відносного співвідношення (домінуючі/другорядні) різних типів мікроструктури; 3) зміни характеристик порового простору (співвідношення домінуючих типів порожнин, площі пористості) та морфології агрегатів (форма, розмір, внутрішньоагрегатна пористість) у межах одного типу мікроструктури; 4) загальної площі видимої пористості.

Чорнозем звичайний (Calcic Chernozem). Для гумусово-аккумулятивного горизонту властиве сполучення мікроструктур двох типів – грудкуватої та округло-блокової з відповідним набором домінуючих типів агрегатів і морфологічних типів порожнин. У підгоризонті Н₁ їх співвідношення приблизно рівне, натомість у другому підгоризонті збільшується відносна частка округло-блокової мікроструктури і різноманіття морфологічних типів порожнин на фоні зменшення загальної пористості. Також у мікронах округло-блокової мікроструктури другого підгоризонту спостерігається вищий ступінь акомодатії поверхонь агрегатів і зростання ролі пор-тріщин у формування порового простору.

Чорнозем звичайний лісопокрощений (Calcic Chernozem). У підгоризонті Н₁ основним типом є грудкувата мікроструктура, складена великими грудкуватими педами, незначні площі копрогенної мікроструктури сформовані зернистими викидами безхребетних. Поровий простір утворений композитними порами пакування, вагами і каналами різного розміру і характеру їх заповнення. У підгоризонті Н₂ переважає грудкувата мікроструктура з участю копрогенної і меншою мірою – губчастої. Різноманіття морфологічних типів порожнин представлене композитними порами пакування агрегатів, каналоподібними і вагами. Зменшується загальна площа пористості від 37,58 % до 30,58 %.

Чорнозем лісовий (Voronc Luvic Chernozem). Мікроструктура підгоризонту Н₁ копрогенна з чергуванням мікронах достатньо щільного складення та крупних порожнин з розсіяними (у 2D просторі) агрегатами. У мікронах щільного складення спостерігається висока ступінь акомодатії поверхонь педів (хоча відстань між ними значна), натомість у високопористих мікронах акомодатія не спостерігається, незважаючи на наявність добре виражених граней в агрегатах. Порожнини, незалежно від їх морфології (розгалужені канали, розгалужені тріщини, ваги неправильної форми), за генезисом можна класифікувати як композитні пори пакування зернистих агрегатів. Основу структури складають копрогенні педи (викиди люмбрицид), які сполучають у своїй будові ознаки блоків і зернистих агрегатів. Ознаки зернистості – форма близька до ізометричної, невисока пористість; ознаки блоковості – наявність граней, округлі вершини, висока ступінь акомодатії поверхонь. Копрогенні особливості макро- та мікроморфології педів, практично повна агрегованість, дуже висока загальна пористість горизонту та низька пористість власне педів свідчать про копрогенне походження структури з наступними контактними взаємодіями між педами, які зумовлюють утворення граней, що надає блокову морфологію педам на мікроморфологічному рівні організації.

Характер мікроструктури підгоризонту Н₂ подібний до поверхневого, але спостерігається вища акомодатія поверхонь агрегатів, зменшуються відстані між агрегатами, лінійні розміри порожнин різної морфології і площа пористості.

Третій підгоризонт діагностується на основі контрастної зміни копрогенної мікроструктури на гострокутно-блокову і неагреговану з відповідними їм типами порожнин і педів. Порівняно з попередніми підгоризонтами різко знижується площа пористості (з 46,93 % до 24,04 %) і ступінь оструктурення (пов'язано з укрупненням

грунтових агрегатів на макроморфологічному рівні). Педи різноманітної морфології – гострокутні й округлі блоки, зернисті, грудкуваті. Ступінь акомодатії між агрегатами залежить від типу мікроструктури конкретної мікрозони. Різноманіття типів мікроструктури, порожнин та агрегатів свідчить про різноманіття процесів структуроутворення.

Чорнозем лісовий (*Luvic Phaeozem*). Мікроструктура – копрогенна зерниста з окремими мікрозонами грудкуватої. Агрегати – переважно дрібні, щільні, низькопористі, високогумусовані, неакомодовані копроліти. Пористість складається з композитних пор пакування і біогенних каналів.

При переході до підгоризонту H_2 спостерігається контрастна зміна копрогенної і грудкуватої мікроструктури на неагреговану і відповідне різке зниження пористості з 21 % до 7,55 %. Переважають ваги, також наявні тріщини, канали і комплексні складні пори пакування.

Менш контрастною є диференціація між підгоризонтами H_2 та H_3 , яка проявляється в зростанні ролі комплексних пор пакування на фоні зменшення ролі пор-тріщин. Основну площу пористості формують ваги і комплексні пори пакування, зустрічаються канали і нечисельні тріщини. При цьому загальна площа пористості має близьке значення. Такі особливості мікроструктурної організації ґрунтів пристіну пояснюються полегшеним гранулометричним складом завдяки значному вмісту зерен скелету.

Заплавний лучно-лісовий ґрунт (*Mollic Fluvisol*). Диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту подібна до байрачних чорноземів. У поверхневому підгоризонті суттєво переважає копрогенна зерниста мікроструктура порівняно з грудкуватою. Агрегати – переважно копроліти різного розміру і високопористі грудкуваті. У мікрозонах зернистого складення акомодатія поверхонь педів відсутня, у мікрозонах щільної грудкуватої мікроструктури спостерігається часткова акомодатія. Поровий простір сформовано переважно міжагрегатними композитними порами пакування, на загальному фоні розвинені біогенні канали, заповнені агрегатами-викидами.

Перший та другий підгоризонти відрізняються показниками видимої пористості (21,79 % і 17,04 % відповідно) при однотипній копрогенній мікроструктурі. У другому підгоризонті H_2 переважає копрогенний зернистий тип мікроструктури та наявні мікрозони грудкуватої складення. Педи переважно копрогенні, зернисті, низькопористі, різного розміру. Зустрічаються високопористі грудкуваті агрегати, що, імовірно, є «старіючими» копролітами, які поступово руйнуються.

Підгоризонт H_3 вирізняється округло-блоковою мікроструктурою і зниженням площі пористості до 15,54 %. Основний тип порожнин – міжблокові тріщини, також наявні крупні ваги і каналоподібні пори. Акомодатія блоків висока.

ВИСНОВКИ

1. У досліджених ґрунтах Присамар'я Дніпровського спостерігається диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту на макро- та мікоморфологічному рівнях структурної організації. Гумусово-аккумулятивний горизонт чорноземів звичайних (*Calcic Chernozem*) як під трав'янистою, так і під штучною деревною рослинністю диференціюється на два підгоризонти – H_1 та H_2 . У чорноземних ґрунтах природних байрачних (*Voronic Luvic Chernozem*) і пристінних лісів (*Luvic Phaeozem*) та лучно-лісових ґрунтах (*Mollic Fluvisol*) заплавних лісів поверхневий горизонт диференціюється на три підгоризонти – H_1 , H_2 , H_3 .

2. На макроморфологічному рівні в межах гумусово-аккумулятивного горизонту спостерігаються синхронні зміни основних характеристик структурного стану: різноманіття морфологічних типів структури; домінуючих типів структури; переважаючих розмірів агрегатів у межах одного типу структури; загальної

пористості; різноманіття морфології порожнин; відносної участі окремих типів порожнин у формуванні порового простору; щільності складення.

3. На мікроморфологічному рівні диференціація діагностується за змінами: комплексу та відносного співвідношення різних типів мікроструктури; співвідношення домінуючих типів порожнин і загальної площі видимої пористості; морфології агрегатів (форма, розмір, ступінь акомодатії поверхонь, внутрішньоагрегатна пористість) у межах одного типу мікроструктури.

4. Більш складна диференціація гумусово-аккумулятивного горизонту лісових ґрунтів порівняно з чорноземами звичайними, на наш погляд, зумовлена більшою потужністю горизонту, що зумовлює суттєве зростання ущільнення в низхідному напрямку в його межах та більш інтенсивною біологічною активністю (особливо ґрунтової мезо- і мікрофауни).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Belova, N. A., Travleyev, A. P., 1999. Estestvennye lesa i stepnye pochvy [Natural forests and steppe soils]. DSU, Dnepropetrovsk (in Russian).
- Belova, N. A., Yakovenko, V. N., 1997. Mikromorfologiya pojmenno-lesnykh pochv Prissarskogo monitoringa [Micromorphology of floodplain-forest soils of Prissar monitoring]. Questions of steppe forest science and land reclamation. DSU, Dnepropetrovsk, 45–56 (in Russian).
- Gagarina, E. I., 2004. Mikromorfometricheskij metod issledovaniia pochv [Micromorphometric method of soil investigation]. S.-Petersburg University, S.-Petersburg (in Russian).
- IUSS Working Group WRB 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. World Soil Resources Reports 106, FAO, Rome.
- Rozanov, B. G., 2004. Morfologiya pochv [Morphology of soils]. Academic Project, Moscow (in Russian).
- Rukovodstvo po opisaniyu pochv, 2012 [Guidelines for Describing Soils]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome (in Russian).
- Stoops, G., 2003. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Madison, WI, Soil Science Society of America. 184 p.
- Tupika, N. P., 1985. Kharakteristika gumusnogo sostoianiiia pochv lesnykh biogeotsenozov Prissaria [Characteristics of the humus state of soils of forest biogeocoenoses of Prissaria]. Questions of steppe forest science and the scientific foundations of forest reclamation of lands. DSU, Dnepropetrovsk, 44–48 (in Russian).
- Yakovenko, V. M., 2004. Mikrostruktura gruntiv lisovykh ekosystem Prissaria Dniprovskogo [The microstructure of soils of forest ecosystems Prissar'ya Dnieper]. Naukovyy visnyk Chernivetskogo universytetu. Seriya Biologiya 194, 170–177 (in Ukrainian).
- Yakovenko, V. M., 2008. Mikromorfologichna diagnostyka chornozemiv Prissaria Dniprovskogo [The micromorphological diagnostics of the black soils of Prissar'e Dniprovskoe]. Gruntoznavstvo 9(3–4), 119–127 (in Ukrainian).
- Yakovenko, V. M., 2014. Vplyv delyuvialnykh protsesiv na macro- ta mikromorfologiyu bairachnykh lisovykh gruntiv [The influence of deluvial processes on macro- and micromorphology of ravined forest soil]. Gruntoznavstvo 15(3–4), 74–88 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 22.11.2016

MICROMORPHOLOGY OF FOREST SOILS



O. V. Stryzhak  Cand. Sci. (Biol.)

UDK 504.53 + 630*1

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

CHARACTERISTIC OF THE MICROMORPHOLOGICAL STATE OF THE SOILS OF THE FLOOD-LANDS OF THE SAMARA RIVER

Abstract. The main micromorphological properties of the soils of the riverine valleys, the central and the terrain part of the Samara river have been revealed. The main factors that influence the creation of such a micromorphological organization of these soils are revealed. The basic micromorphological features of the soils of the pririal shaft are: plasma-sand microstructure, humus-argillaceous plasma, which is located in the form of films along grains of minerals; poorly developed porous network, represented mainly by pores-packings; weak aggregation of horizons. The fraction of grains of large size dominates in the skeleton. They are characterized by good roundness. The main reason for such a micromorphological organization of these soils is the immediate proximity to the Samara river. Due to the high water, some horizons can be washed off, or on the contrary, they can be washed by new ones due to the deposition of illuvial material.

With the distance from the river and, accordingly, with the decrease in the influence of flood, the biological influence (forest vegetation and the activity of soil organisms) on the micromorphological properties of the soils of the central floodplain increases. This manifests itself in good structuring, developed pore network of upper horizons, presence of organic residues at different stages of decomposition.

In the profile, microstructure is inhomogeneous, in the upper horizons it is dusty-plasma, with depth changing to sand-plasma and in the lower horizons – plasma-sandy. Skeletal grains are characterized by traces of transport on their surface (scratches) and good roundness. The plasma is humus-clay, with a share of clay plasma decreases. The clay part of the plasma is characterized by birefringence, orientation and the ability to rebuild. The pore space is most developed in the upper horizons due to burrowing activity of earthworms. With depth, the pore area decreases, often their walls are covered with clay kutans due to illuvial processes.

The formation of the profile and the characteristic micromorphological organization of the soils of the central floodplain passed in several stages. The heavier fractions of the illuvial material were deposited on the underlying rocks with the weakening influence of floodplain processes. This can explain the great difference in the content and size of grains of minerals in the upper and lower horizons. Over time, the influence of forest vegetation and the burrowing activity of soil animals create entire coprolite horizons, which leads to an improvement in air and water conditions.

The soils of the flood-lands of the Samara River are characterized by the presence of a large amount of plant residues in the upper horizons and a low content of grains of the skeleton. With the

 Tel.: +38066-284-11-31, e-mail: strizhak_ol@ua.fm

DOI: 10.15421/041615

depth the plant residues gets less, and the grains of minerals gets more. The profile is characterized by the presence of a large variety of kutans.

Specificity of micromorphological organization of soils of the terrain part of the flood-lands of the Samara River is due to the influence of forest vegetation, the close occurrence of groundwater and dynamic oxidation-reduction processes.

Key words: micromorphological organization, ecological factors, floodplain biogeocenoses.

УДК 504.53 + 630*1

О. В. Стрижак

канд. биол. наук

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38066-284-11-31, e-mail: strizhak_ol@ua.fm*

ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПОЙМЫ р. САМАРЫ

Аннотация. Выявлены основные микроморфологические свойства и факторы, которые обуславливают специфику микроморфологической организации почв поймы р. Самары.

Основной фактор, который влияет на микроморфологическую организацию почв прируслового вала, – половодье. Вследствие половодий могут смываться горизонты или же, наоборот, намываться новые за счет наноса иллювиального материала.

С уменьшением влияния половодий усиливается биологическое влияние на микроморфологические свойства почв центральной поймы. Это проявляется в хорошем оструктуривании, развитой поровой сети верхних горизонтов, наличии растительных остатков на разных стадиях разложения.

Для почв притеррасной части поймы характерно большое содержание растительных остатков в верхних горизонтах. С глубиной их становится меньше и увеличивается количество зерен минералов. Для профиля характерно большое разнообразие кутан.

Ключевые слова: микроморфологическая организация, экологические факторы, пойменные биогеоценозы.

УДК 504.53 + 630*1

О. В. Стрижак

канд. біол. наук

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38066-284-11-31, e-mail: strizhak_ol@ua.fm*

ХАРАКТЕРИСТИКА МІКРОМОРФОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ЗАПЛАВИ р. САМАРИ

Анотація. Виявлено основні мікроморфологічні властивості і фактори, які обумовлюють специфіку мікроморфологічної організації ґрунтів р. Самари.

Основний фактор, який впливає на мікроморфологічну організацію ґрунтів прируслового валу, – повінь. Внаслідок повеней можуть змиватися горизонти або, навпаки, намиватися нові за рахунок ілювіального матеріалу.

Із зменшенням впливу повеней посилюється біологічний вплив на мікроморфологічні властивості ґрунтів центральної заплави. Це проявляється в хорошому оструктуренні, розвиненій системі пор верхніх горизонтів та наявності рослинних залишків на різних стадіях розкладання.

Для ґрунтів притерасної частини заплави характерний великий вміст рослинних залишків у верхніх горизонтах. З глибиною їх кількість зменшується, а кількість мінеральних зерен – збільшується. Для профілю характерним є різноманіття кутан.

Ключові слова: мікроморфологічна організація, екологічні фактори, заплавні біогеоценози.

ВСТУП

Короткозаплавні ліси на території південного сходу України приурочені до заплав рік Самари, Вовчої, Орелі, що входять до басейну Дніпра. Тут повинь триває

близько 10 днів, унаслідок чого явища заплавності й алювіальності слабкішають у порівнянні з Дніпровською заплавою, поступаючи місцем факторам зонального характеру. По поперечному профілю долини Самари простежується наявність трьох екологічних зон, властивих заплавної терасі: прируслової зони, центральної заплави і притерасної зони. Оптимальними позиціями для лісових угруповань в умовах заплави є супіщані прируслов'я, ділянки давніх прируслових валів, територія піднятої центральної заплави і підняті ділянки притерасся (Belgard, 1950, 1971; Belova, Travleyev, 1999; Belova, Yakovenko, 1997; Yakovenko, 2007; Stryzhak, 2014).

Однією з властивостей ґрунту є здатність до запам'ятовування і записування у вигляді різноманітних форм. Ґрунт наділений специфічними механізмами запису та збереження інформації про фактори та процеси свого формування, їх еволюції в часі. Ця інформація записується на твердофазних носіях, які утворюють складно організовану ієрархічну систему діагностичних ознак і властивостей ґрунтів від молекул і мінералів до ґрунтових покривів (Targulian and Goryachkin, 2008). Розшифрувати ці записи ми можемо за допомогою мікроморфологічних методів дослідження.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження еколого-мікроморфологічних особливостей ґрунтів заплавних біогеоценозів р. Самари виконували в лабораторії мікроморфології ґрунтів Науково-дослідного інституту біології та кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара. Відбір ґрунтових монолітів проводився на пробній площі № 208 (прируслова заплава), № 209 (центральна заплава) та № 210 (притерасна заплава) Науково-навчального центру Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара «Присамарський біосферний стаціонар ім. О. Л. Бельгарда» (Новомосковський р-н, Дніпропетровська обл.) у складі Комплексної експедиції Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара. Виготовлення шліфів виконувалось за загальноприйнятим методом. Розшифрування мікроморфологічної організації ґрунтів проводилося за загальноприйнятою схемою О. І. Парфьонової, К. А. Ярилової (Parfyonova, Yarilova, 1977) та Є. І. Гагаріної (Gagarina, 2004).

Первинне описання шліфів та ґрунтових сколів проводилося за допомогою бінокуляр. Напилення сколів проводилось вуглецем, попереднє описання зроблено у РЕМ 100-У. Деталізоване описання та мікроаналіз основних елементів рельєфу поверхні ґрунтових сколів проводилося в електронному мікроскопі РЕММА-2 у режимі вторинних та відбитих електронів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Мікроморфологічні особливості профілю ґрунтів прируслового валу р. Самари. Внаслідок близького розташування до р. Самари та завдяки постійному впливу повеневих процесів (змив та налив алювіальних відкладів) у ґрунтах прируслового валу формуються особливі риси та властивості, характерні тільки їм.

Головною макроморфологічною особливістю їх профілю є шаруватість. Насиченість темними кольорами (завдяки забарвленню гумусом) не залежить від глибини залягання горизонту. Ця шаруватість – наслідок впливу заплавності, де забарвлення може бути індикатором інтенсивності повені. Світліші горизонти вказують на більшу кількість нанесеного ілювіального матеріалу та силу водного потоку.

Біотичні елементи біогеоценозу мають багато передумов для вираження своїх процесів у ґрунтовому профілі, але наявний низький рівень мікроморфологічної організації (не структуровані або погано структуровані горизонти, погано розвинена порова система, незначна кількість бурого гумусу) пов'язаний із сильним впливом повеневих процесів, які затирають «записи» у профілі інших ґрунтоутворних факторів. Тому основний ґрунтоутворний процес, який домінує у вираженні своїх записів у ґрунтовому профілі, є абіотичний – повеневий фактор.

Характерними мікроморфологічними особливостями цих ґрунтів є:

- плазмово-піщана мікробудова, яка з глибиною змінюється в бік ускладнення, що є ознакою молодих ґрунтів з «перевернутим» профілем;
- гумусово-глиниста плазма, яка розташовується у вигляді плівок по зернах мінералів та острівцями. Вниз по профілю її частка збільшується і більш чіткіше виражається;
- зерна скелету представлені в основному кварцом, епідотом, польовим шпатом розміром 0,5–0,6 мм. Більшість із характерними ознаками переносу – окатані, овальної форми, тріщинуваті (рис 1, а);
- гумус бурого кольору, аморфний, органічна речовина добре розкладена, майже без проміжних стадій, що характерно для зволжених ґрунтів;
- поровий простір у більшості сформований порами-упаковками, у верхніх горизонтах каналоподібними, які засипані або напівзасипані внаслідок безструктурності та легкого механічного складу ґрунту;
- мікроагрегати – зоогенного походження, присутні тільки у верхніх двох горизонтах, де активно діє ґрунтова мезофауна (рис 1, б). У площині шліфа знаходяться біля рослинних залишків.

Мікроморфологічні особливості будови ґрунтового профілю центральної заплави. На відміну від прируслового валу, у формуванні мікроморфологічних особливостей ґрунтів центральної заплави крім факторів заплавної бере участь лісова рослинність, близьке розташування ґрунтових вод та ріюча діяльність ґрунтових безхребетних. Ознаки, характерні ґрунтам центральної заплави, утворювались у декілька стадій. Спочатку на підстеляючі породи з легким механічним складом із послаблення течії відкладались наноси більш важкої фракції. Це пояснює велику різницю вмісту і розміру зерен мінералів у верхніх та нижніх горизонтах та намівний характер плазми, яка утворює в ілювіальних горизонтах турбулентний рельєф по поверхнях великих зерен мінералів. Згодом інтенсивна ріюча діяльність ґрунтових безхребетних приводить до змішування та утворення цілих копролітових горизонтів. Це, у свою чергу, покращує аерацію і водний режим цих горизонтів. Низьке розташування, промивний тип ґрунтів та фітоценоз призводять до алювіальних процесів. У свою чергу вони обумовлюють утворення глинистих кутан.

У профілі мікробудова неоднорідна, змінюється з глибиною. У верхніх горизонтах H_1 (0–8 см) та H_2 (8–41 см) пилювато-плазмове мікробудова. У горизонтах, які розташовуються глибше, – H_3 (41–60 см) та H_p (60–82 см), змінюється на піщано-плазмове, а в горизонті Ph (82–120 см) на плазмово-піщану. Якісно скелет однорідний по профілю. Відсоток вмісту скелетних зерен неоднаковий у горизонті. У верхніх горизонтах H_1 (0–8 см) та H_2 (8–41 см) він становить 5 %. З глибиною відсоток збільшується: у горизонті H_3 (41–60 см) – 30 %; у горизонті H_p (60–82 см) – 40 %; у горизонті Ph (82–120 см) – 65 %. Скоріш за все, це пов'язано зі зміною русла ріки та з ослабленням водного потоку, як наслідок – наміванням меншої кількості крупного піщаного матеріалу. Для зерен скелету характерні ознаки переносу – більшість добре окатані та окатані. По всьому профілі плазма гумусово-глиниста, з глибиною доля гумусової плазми зменшується. Глиниста частина з двозаломленням, це характерно для всього профілю. Орієнтована. У верхньому горизонті H_1 (0–8 см) орієнтування порове та лускате. У горизонті H_2 (8–41 см) орієнтується порово, по деяких великих скелетних зернах, агрегатах та інколи тонкою плівкою по деяких дрібних коренях. У горизонтах H_3 (41–60 см), H_p (60–82 см) та Ph (82–120 см) орієнтується крім пор по деяких великих зернах мінералів. У верхніх горизонтах плазма здатна до перебудови. Для верхніх горизонтів H_1 (0–8 см) та H_2 (8–41 см) характерна наявність рослинних решток, в основному це свіжі зрізи, добре розкладені рештки та невелика кількість вуглеподібних залишків. Вниз по профілю рослинних залишків мало, представлені свіжими зрізами коренів або добре

розкладеною аморфною масою чорного кольору. Мікроструктура не однорідна по профілю у верхніх горизонтах Н₁ (0–8 см), Н₂ (8–41 см) та Н₃ (41–60 см), вона рихла, поровий простір представлений міжагрегатними порожнинами (рис 1, а). Починаючи з горизонту Н_р (60–82 см) мікроструктура губчаста та порова. Для мікрозон із губчастою мікробудовою характерні міжагрегатні пори, вузькі, складної форми, які в залежності від розташування та форми мікроагрегатів можуть або звужуватися, або розширюватися.

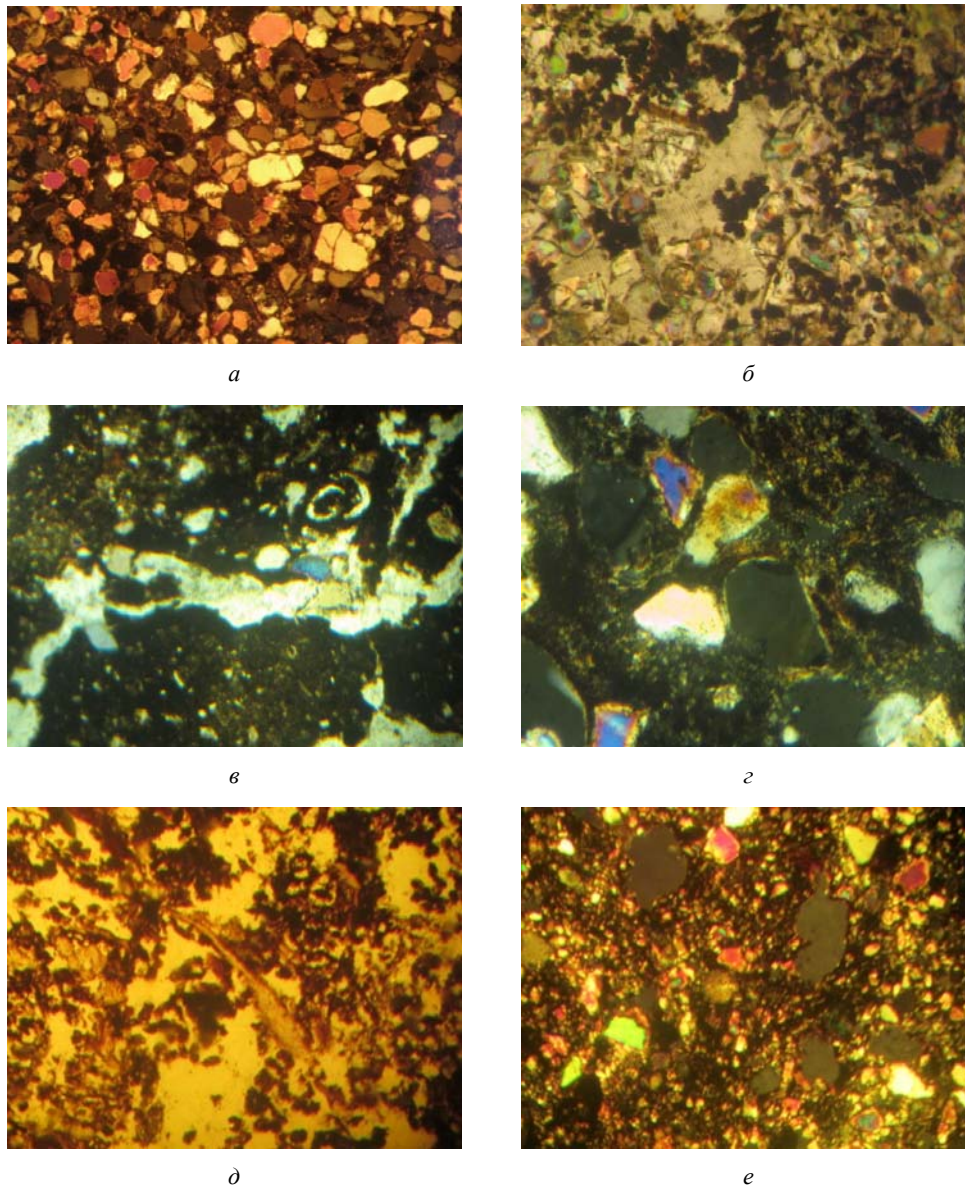


Рис. 1. Мікроморфологічні особливості будови педонів ґрунтів заплави р. Самари:

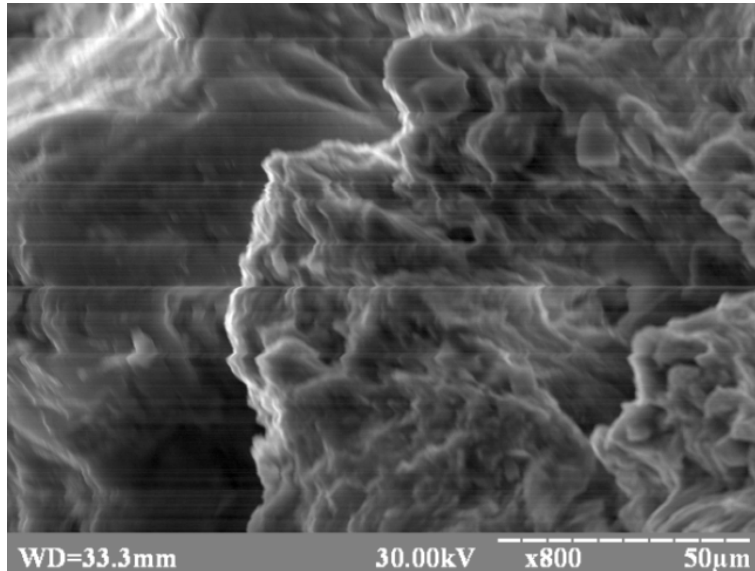
- а – піщано-плазмова мікробудова hP 74–110 × 60 нк +;
- б – викиди ґрунтової мезофауни hP 27–43 × 60 нк ||;
- в – добре розкладений рослинний залишок × 60 нк ||;
- г – кутана, яка огортає мінеральне зерно × 120 нк +;
- д – рослинні рештки та викиди фітофагів гор. Н₁ 0–10, × 80 нк ||;
- е – округлі замкнуті пори з марганцевими та залізистими кутанами, Н₃ 15–25, × 80 нк +

Для мікрозон з поровою мікроструктурою характерні вузькі каналоподібні та невеликі округлі замкнуті пори. Для горизонту Ph (82–120 см) характерна компактна мікроструктура. Поровий простір представлений в основному невеликими округлими замкнутими порами. Вниз по профілю доля порового простору значно зменшується, це пов'язано з ілювіальними процесами. Грунтовий профіль добре агрегований, крім горизонту Ph (82–120 см). Ущільнення в нижніх горизонтах впливає на форму мікроагрегатів, вони стають більш кутастими та відстань між ними значно зменшується. Новоутворення представлені глинистими кутанами ілювіального походження, більш чіткіше оформлюються вниз по профілю. З'являються в горизонті H₂ (8–41 см) у вигляді тонких плівок з двозаломленням (рис. 1, з). У горизонтах, які розташовані нижче, глинисті кутани коричневого кольору, з двозаломленням, уривчасті, вистилають пори та мікроагрегати, а в нижніх горизонтах огортують зерна мінералів. Від матеріалу основи важко відділити, їх межі розмиті, не чіткі. Поверхня сколів представлена матеріалом, що має турбулентний рельєф (рис. 2, а). Він утворений за рахунок його руху з верхніх горизонтів. Кістяк поверхні сколів складений великими зернами мінералів, в основному не щільно розташовуються, у деяких випадках розташування дотичне. Великі та середні зерна мінералів добре окатані, без гострих кутів, їх поверхня відносно гладенька, із невеликими впадинками-щербинками. Дрібні за розміром мінерали мають уламкове походження. У них ступінь окатаності дещо менший, ніж у великих зерен. Простір між ними займає ілювіальний матеріал, який частково або повністю огортає їх та скріплює між собою. В ілювіальному матеріалі розташовуються зерна дрібних мінералів, їх розташування в цій масі хаотичне. Аналіз поверхні у відбитих електронах показує відносну однорідність даної поверхні з дрібними включеннями більш світлозabarвлених зон. Переважаючий матеріал більш темного кольору вміщує в основному кремній та в менших кількостях алюміній, залізо, калій, кальцій, магній та деякі інші елементи в незначній кількості. Світлі зони ґрунтового сколу належать хром- та титанмістким мінералам, або часточкам титану майже в чистому вигляді зі слідовим вмістом інших елементів.

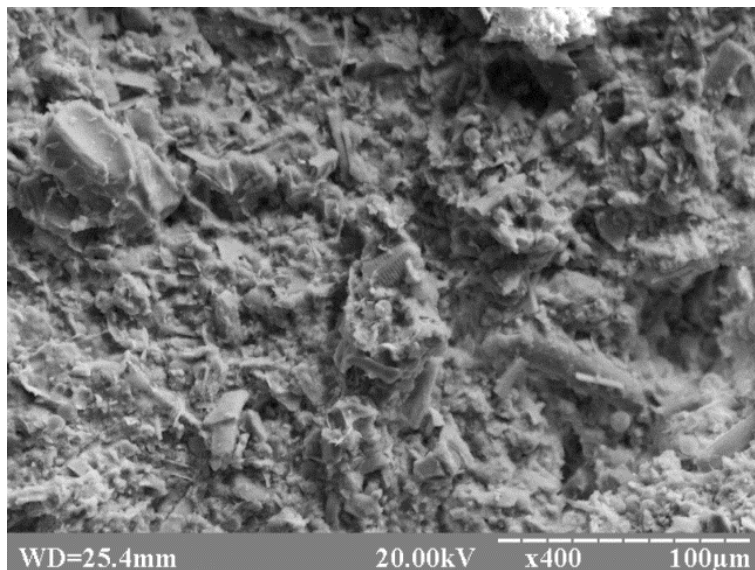
Мікроморфологічні особливості профілю ґрунтів притерасних біогеоценозів. На особливості мікроморфологічної організації верхніх горизонтів лучно-болотних ґрунтів впливає в основному рослинність. Для верхніх горизонтів характерні численні рослинні залишки (на різних стадіях розкладання), викиди фітофагів та губчаста мікроструктура. У нижчих горизонтах до формотворчих факторів додається низький рівень ґрунтових вод, процеси алювіальності та динамічні окисно-відновні процеси. Завдяки ним формується значна кількість залізистих та глинистих новоутворень, знижується частка порового простору та спостерігається переміщення по профілю дрібної фракції мінеральних зерен.

Розміщення та вміст скелетних зерен неоднорідне по профілю. У верхньому H₁ (0–10 см) він становить 5 %, далі в горизонті H₂ (10–15 см) вміст різко збільшується до 50 %, а в горизонті H₃ (15–25 см) він сягає 75 %. У горизонті H₂ (10–15 см) зерна мінералів орієнтовані по стінках пор, струйчасто та острівцями. Скоріш за все, це пов'язано з процесами замерзання та танення. Для зерен характерна окатаність із слідами переносу. Мікробудова змінюється з глибиною, спочатку вона пилувато-плазмова, нижче в горизонті H₃ (15–25 см) піщано-плазмово-пилувата. Це пов'язано з впливом підстеляючих алювіальних порід. Плазма неоднорідна по профілю. У верхніх горизонтах вона гумусово-глиниста, із двозаломленням, але в верхньому горизонті часто маскується гумусом. У горизонті H₂ (10–15 см) зростає частка глинистої частини, двозаломлення більш чітко виражене. У горизонті H₃ (15–25 см) плазма залізо-марганцево-гумусово-глиниста. Марганцева плазма представлена чорними серпоподібними кутанами, без двозаломлення, які розташовуються в основному в округлих порах або повністю забивають деякі каналоподібні пори. Залізна плазма представлена світло-бурими кутанами з двозаломленням, які

розміщуються в порах, та аморфними іржавими плямами в ґрунтовому матеріалі. Органічна речовина найбільш добре представлена у верхньому горизонті. Горизонт майже повністю складається із рослинних залишків різного ступеня розкладання. Кількісно переважають свіжі залишки без слідів розкладання.



a



б

Рис. 2. Характеристика поверхні сколів педонів ґрунтів заплави р. Самари:

a – напливний характер мікрорельєфу ПП № 209;

б – мікрорельєф сколу в режимі вторинних електронів

Трохи менше – з незначними ознаками та зовсім мало добре розкладених, які втратили клітинну будову та являють собою темні неоформлені плями. У горизонтах H_2 (10–15 см) та H_3 (15–25 см) їх кількість значно падає. Мікроструктура не однорідна по профілю, у верхньому горизонті H_1 (0–10 см) вона рихла, а глибше губчаста та порова (горизонт H_2) та порова (горизонт H_3). Кутани з'являються з

горизонту Н₂ (10–15 см) і представлені скелетанами. Вони приурочені до стінок пор та утворені внаслідок ілювіальних процесів та процесів замерзання-танення. Являють собою дрібні зерна мінералів пилюватої фракції, які розміщені по стінках пор, не суцільно, переривчасто. У горизонті Н₃ (15–25 см) представлено доволі широкий спектр кутан та новоутворень: скелетани, пилювато-глинисті, марганцеві кутани та ферджилани. Скелетани розташовуються у внутрішньопедній масі скупченнями зерен скелету. Утворені внаслідок процесів ілювіальних акумуляцій. Фактор, який спричиняє ці процеси, – сезонне коливання рівня ґрунтових вод. Пилювато-глинисті кутани приурочені до стінок пор. В основному вони тонкі, одношарові, уривчасті. Утворюються внаслідок ілювіальних процесів. Ферджилани повністю вистилають округлі пори, чітка межа з матеріалом основи. В основному двошарові, в залежності від пор можуть бути суцільні або уривчасті. Утворюються внаслідок ілювіальних процесів та зміни окисно-відновних умов. Марганцеві кутани приурочені до пор, двошарові, в залежності від розміру пор можуть бути суцільні або уривчасті. Утворюються внаслідок ілювіальних процесів та зміни окисно-відновних умов. Їх характерна особливість – чітка границя з основою та відсутність двозаломлення.

Мезоморфологічні дослідження поверхні сколів дають нам загальну характеристику особливостей розташувань новоутворень та мікроформ ґрунтів вільхових біогеоценозів. Поверхня сколу представлена щільною масою із залізистими новоутвореннями світло- та темно-бурого кольору. Вони розміщені у вигляді плям, близьких до округлої форми іржавого-буруватого нальоту. Залізисті новоутворення також укривають велику пору рівномірно по її поверхні. Новоутворення у формі плям мають більш темне забарвлення.

Аналіз поверхні за допомогою растрового мікроскопу в режимі вторинних електронів дає нам таку картину. Поверхня щільна, не агрегована, доволі складна для розшифрування, оскільки сформована багатьма різними за походженням структурними елементами (рис. 2, б). Скелет складений в основному невеликими та середніми за розміром зернами мінералів. Форма різноманітна, найбільш характерна плитчаста. Грані не гострі, згладжені. Можуть бути вкриті тонкодисперсним нальотом. Багато закам'янілих рослинних решток. Можуть бути присутні палеонтологічні об'єкти. Поверхня рясно всіяна сферичними об'єктами, їх походження поки що не встановлене. Не має чітко сформованих пор. Перепади висот незначні, це пов'язано з тим, що ґрунтова маса не агрегована, відсутня добре розвинена система пор та невеликий розмір елементів, з яких складена ґрунтова маса. Основною особливістю поверхні сколів цих ґрунтів є те, що вони складені великою кількістю окремих структурних елементів, що зцементовані між собою тонкодисперсною масою.

Поверхня сколу в режимі відбитих електронів доволі однорідна. Більш світліші ділянки займають незначну площу і розташовані або відокремленими одиничними включеннями, або по гребінцях тонкодисперсної маси.

ВИСНОВКИ

У заплавних ґрунтах р. Самари головними факторами, що зумовлюють мікробудову, є заплавні процеси. По мірі послаблення заплавності на перший план виходять біологічні фактори та близьке розташування ґрунтових вод.

Найбільшому впливу заплавних процесів в утворенні мікроформ піддаються ґрунти прируслового валу. Внаслідок цього їм властива плазмово-піщана мікробудова. Плазма представлена у вигляді плівок по зернах мінералів та рідше у вигляді острівців. Для зерен скелету характерні ознаки переносу (добре окатані, з подряпинами). Органічна речовина добре розкладена, майже без проміжних стадій. Погано розвинена порова система, найбільш характерні для цих ґрунтів пори-упаковки. Низький вміст мікроагрегатів.

Із віддаленням від ріки знижується роль повеневих факторів і посилюється біологічна дія на формування мікробудови. Так, у педонах центральної заплави верхні горизонти добре оструктурені завдяки риючій і структуроутворюючій діяльності ґрунтової фауни та лісової рослинності.

Основними екологічними факторами, які впливають на утворення характерних мікроформ в педонах вільхових біогеоценозів Присамар'я, є фітоценоз, близьке розташування ґрунтових вод, повеневі фактори та динамічні окисно-відновні процеси. Ці процеси взаємопов'язані та діють комплексно. На мікроморфологічну організацію верхніх горизонтів впливають біотичні формотворні фактори, на нижні – абіотичні (внаслідок близького залягання ґрунтових вод).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Belgard, A. L., 1971. Stepnoe lesovedenie [Steppe forestry]. Forestindustry, Moscow (in Russian).
- Belgard, A. L., 1950. Lesnaya rastitelnost yugovostoka USSR [Forest vegetation southeast of the USSR]. Kyiv (in Ukrainian).
- Belova, N. A., Travleev, A. P., 1999. Estestvennye lesa i stepnye pochvy [Natural forest and steppe soils], Dnepropetrovsk State University, Dnepropetrovsk (in Russian).
- Belova, N. A., Yakovenko, V. M., 1997. Mikromorfologiya i ekologiya poymenno-lesnykh pochv Prsamarskogo monitjringa [Micromorphology and ecology of floodplain forest soils Prsamarsky monitoring]. Issues of steppe roresty and forest reclamation of soils 1, 74–89 (in Ukrainian).
- Gagarina, E. I., 2004. Mikromorfologicheskij metod issledovaniia pochv [Micromorphological method for studying soil]. St. Petersburg University Press, St. Petersburg (in Russian).
- Parfyonova, E. I., Yarilova, E. A., 1977. Rukovodstvo k mikromorfologicheskim issledovaniiam v pochvovedenii [A guide to the micromorphological studies in soil science]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Stryzhak, O. V., 2014. Ekologo-mikromorfologichni doslidzhennya gruntiv tcentralnoyi zaplavy r. Samara [Ecological and micromorphological research of soils of the central floodplain of the Samara river]. Gruntoznastvo 15(3–4), 89–99 (in Ukrainian).
- Targulian, V. O., Goryachkin, S. V., 2008. Pamyatpochv: pochva kak pamyat biosfernogeosferno-antropogennykh vozdeystviy [Soil memory: soil as a memory of biospheregeosphere-anthroposphere interactions]. Moscow (in Russian).
- Yakovenko, V. M., 2007. Osobennosti mikromorfologicheskoy difentsiatsii profilya poymennykh lugovo-lesnykh pochv Samary Dneprovskoy. [Special Qualities Of The Micromorphological Differentiation Of The Bottomland Forest-Plant Soil Profile In The Samara River Area]. Gruntoznastvo 8(1–2), 41–48 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 15.11.2016

SOIL PHYSICS



V. A. Gorban 

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

UDK 631.437

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

TO THE METHOD OF STUDYING THE PERMITTIVITY OF SOILS (ON AN EXAMPLE OF SOILS OF RAVINE FORESTS OF THE NORTHERN VARIANT OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE)

Abstract. The article is devoted to the establishment of the peculiarities of the method for studying the dielectric permittivity of soils, which is its important electrophysical characteristic. The dielectric permittivity of the soil, which is a complex multiphase medium, depends on the dielectric properties of the mineral composition of its solid phase, the chemical composition, structure and composition of soil particles, their shape and size, and also the dielectric features of inter-porous air and moisture. Now it is possible to greatly simplify the technique of measuring the dielectric permittivity of soils due to the wide dissemination of compact digital instruments that provide high accuracy in measuring the capacitive characteristics of various media. For the approbation of the method, samples of soils of ravine forests of the northern variant of the steppe zone of Ukraine were used, as well as individual soil fractions of 2–3, 1–2 and 0.5–1 mm. All samples were studied in an air-dry state to level out the effect of moisture on the dielectric permittivity of soils, as described in many scientific papers. For measurements, a cylindrical condenser made of organic glass was manufactured, which does not conduct an electric current. The diameter of the capacitor plates was 20 mm, the distance between them was 0.7 mm. After placing the sample in the condenser, it was sealed by pressure from above the weight of about 0.3 kg to create a better contact with the covers of the capacitor. The measurements were carried out using a digital capacitance meter CM-9601A in the range of 0.1–200 picofarads at a test frequency of 800 Hz. At the end of the measurement, the soil sample was weighed to calculate its density. All measurements were performed three times. As a result of using this technique, it was found that the permittivity of a general soil sample is generally higher than that of individual soil fractions. This is explained by the more compact placement of soil particles in the soil sample and its greater density, while in studies of individual fractions, due to their shape, there remain pores between the aggregates that are not filled with soil material, which cause a decrease in sample density. As a result, the maximum density is typical for the soil fraction 0.5–1 mm, and the minimum for the fraction 2–3 mm. This is due to the fact that the maximum permittivity, as a rule, is characteristic for the fraction 0.5–1 mm, and the minimum for the fraction 2–3 mm. This assertion was proved by the measurements carried out. It was also found that the value of dielectric permittivity is significantly affected by soil enrichment of the clay fraction, the increased content of which causes an increase in the dielectric permittivity. Thus, as a result of the research, a method for measuring the dielectric permittivity of soils was tested using a modern digital capacitive meter. An increase in the dielectric permittivity of soils with an increase in their density and an increase in the content of the clay fraction was established. Soils, in general, have an increased permittivity in

 Tel.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm

DOI: 10.15421/041616

comparison with soil fractions of 2–3, 1–2 and 0.5–1 mm. There was a need to develop and approve a technique for measuring the dielectric permittivity of soils in the field using undisturbed addition samples. In the future, in complex studies of soils, it is also desirable to perform a measurement of their dielectric permeability.

Key words: *approbation of the technique, permittivity of soils, content of clay fraction.*

УДК 631.437

В. А. Горбань

канд. біол. наук, доц.

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

ДО МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ ҐРУНТІВ (НА ПРИКЛАДІ ҐРУНТІВ БАЙРАЧНИХ ЛІСІВ ПІВНІЧНОГО ВАРІАНТА СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ)

Анотація. Стаття присвячена встановленню особливостей методики вивчення діелектричної проникності ґрунтів, яка є її важливою електрофізичною характеристикою. Для апробації методики були використані зразки ґрунтів байрачних лісів північного варіанта степової зони України, а також окремі ґрунтові фракції 2–3, 1–2 і 0,5–1 мм. У результаті проведених досліджень з використанням запропонованої методики було встановлено, що діелектрична проникність загального ґрунтового зразка, як правило, вища, ніж окремих ґрунтових фракцій. Виявлено підвищення значень діелектричної проникності ґрунтів при збільшенні їх щільності і зі збільшенням вмісту мулистій фракції.

Ключові слова: *апробація методики, діелектрична проникність ґрунтів, вміст мулистій фракції.*

УДК 631.437

В. А. Горбань

канд. биол. наук, доц.

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ БАЙРАЧНЫХ ЛЕСОВ СЕВЕРНОГО ВАРИАНТА СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ)

Аннотация. Статья посвящена установлению особенностей методики изучения диэлектрической проницаемости почв, которая является ее важной электрофизической характеристикой. Для апробации методики были использованы образцы почв байрачных лесов северного варианта степной зоны Украины, а также отдельные почвенные фракции 2–3, 1–2 и 0,5–1 мм. В результате проведенных исследований по предлагаемой методике было установлено, что диэлектрическая проницаемость общего почвенного образца, как правило, выше, чем отдельных почвенных фракций. Обнаружено повышение значений диэлектрической проницаемости почв при увеличении их плотности и увеличении содержания илистой фракции.

Ключевые слова: *апробация методики, диэлектрическая проницаемость почв, содержание илистой фракции.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особую актуальность приобретают поиски и разработки методик исследования почвы, использование которых обеспечивает быстрое получение информации о ее состоянии и основных свойствах. По нашему мнению, таким требованиям во многом соответствует методика определения диэлектрической проницаемости почв, которая в последнее время значительно упростилась благодаря

широкому распространению компактных цифровых приборов, обеспечивающих высокую точность измерения емкостных характеристик различных сред.

Как известно, основной характеристикой диэлектрических особенностей почвы является величина ее диэлектрической проницаемости. Диэлектрическая проницаемость той или иной среды – это число, которое показывает, во сколько раз электрическая сила, действующая на любой заряд в данной среде, меньше, чем в вакууме. Диэлектрическая проницаемость почвы, как сложного многофазного материала, зависит от диэлектрических свойств минерального состава твердого тела, химической природы, структуры и сложения почвенных частиц, их формы и размеров, а также от диэлектрических особенностей межпоровых воздуха и влаги (Nerpin, Chudnovskij, 1967). А. Ф. Вадюнина и З. А. Корчагина (Vadyunina, Korchagina, 1986) приводят некоторые величины диэлектрической проницаемости отдельных минеральных составляющих, входящих в твердую фазу почвы: кварц – 4,5–5, полевой шпат – 4,5–5,5, слюда – 8, гранит – 7–12, известняк – 15, песчаник – 9–11. Диэлектрическая проницаемость абсолютно чистых воздуха и воды равна соответственно 1 и 80 (Chudinova, 2009).

Цель нашей работы – установление особенностей измерения диэлектрической проницаемости почв с использованием современных цифровых емкостных измерителей, а также выявление диагностических возможностей данной характеристики почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение диэлектрической проницаемости проводилось на примере почв байрака Глубокого и структурных агрегатов (фракции 2–3, 1–2 и 0,5–1 мм), которые были из них выделены путем сухого просеивания. Детальная геоботаническая и морфологическая характеристика пяти почвенных разрезов, заложенных в байраке, приведена в работе В. Н. Яковенко (Yakovenko, 2014).

Определение диэлектрической проницаемости осуществляли с использованием цифрового измерителя емкости СМ-9601А, который обеспечивает измерение емкости конденсатора в широком диапазоне – от 10^{-12} до 10^{-3} фарад. Нами использовался рабочий диапазон 0,1–200 пФ, тестовая частота составляла 800 Гц.

Для измерений диэлектрической проницаемости был изготовлен конденсатор цилиндрической формы из оргстекла (в соответствии с рекомендациями А. Ф. Вадюниной и З. А. Корчагиной). Диаметр обкладок конденсатора составлял 2 см, расстояние между ними – 0,7 см.

Почва и агрегаты для исследования использовались в воздушно-сухом состоянии для нивелирования влияния влажности, содержание которой оказывает значительное влияние на диэлектрическую проницаемость (Liua et al., 2016; Wanga et al., 2016). После помещения образца в конденсатор он уплотнялся путем давления сверху груза массой около 0,3 кг для создания лучшего контакта с обложками конденсатора. По окончании измерения почвенный образец взвешивался для расчета его плотности. Все измерения выполнялись трехкратно с последующей статистической обработкой.

Полученные значения емкости конденсатора с почвой и агрегатами в последующем использовались для расчета диэлектрической проницаемости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При определении диэлектрической проницаемости образцов почв и агрегатов, отобранных в условиях пробной площади № 103–В (участок, расположенный на степной целине между полем и опушкой склона северной экспозиции байрака), было установлено, что образцы почвы отличаются большей диэлектрической проницаемостью по сравнению с фракциями 2–3, 1–2 и 0,5–1 мм (табл. 1). Уменьшение размера почвенных фракций, как правило, способствует увеличению

диэлектрической проницаемости образца. При этом необходимо отметить, что плотность образцов почвы выше, чем плотность агрегатов отдельных фракций. Это объясняется более компактным размещением почвенных частиц в образце почвы и большей его плотностью, в то время как при исследованиях отдельных фракций из-за их формы между агрегатами остаются поры, не заполненные почвенным материалом, которые обуславливают снижение плотности образца. Максимальные величины диэлектрической проницаемости выявлены в образцах почв горизонтов Hdk и Pk. Минимальная диэлектрическая проницаемость характерна для почвы переходного горизонта Hrk. По величине диэлектрической проницаемости отдельных фракций горизонты Hdk, Hk и Hrk практически не отличаются. При этом с глубиной, в горизонтах Phk и Pk, наблюдается увеличение диэлектрической проницаемости исследуемых фракций.

Таблица 1

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 103–В			
Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
Hdk (0–8 см)	Почва	46,82±7,64	1,05±0,05
	Фракция 2–3 мм	4,41±0,73	0,89±0,05
	Фракция 1–2 мм	6,55±1,13	1,02±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	7,19±0,35	1,02±0,01
Hk (8–23 см)	Почва	24,15±2,73	1,09±0,01
	Фракция 2–3 мм	6,25±0,61	0,91±0,01
	Фракция 1–2 мм	7,46±0,57	1,03±0,05
	Фракция 0,5–1 мм	8,12±0,19	1,06±0,03
Hrk (23–51 см)	Почва	18,37±2,67	1,09±0,02
	Фракция 2–3 мм	6,38±0,80	0,86±0,04
	Фракция 1–2 мм	8,06±0,45	0,95±0,04
	Фракция 0,5–1 мм	8,77±1,11	0,97±0,03
Phk (51–80 см)	Почва	36,08±5,25	1,10±0,03
	Фракция 2–3 мм	10,78±0,76	0,85±0,03
	Фракция 1–2 мм	13,05±1,68	0,96±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	14,56±2,60	1,05±0,02
Pk (80–120 см)	Почва	55,91±13,94	1,07±0,03
	Фракция 2–3 мм	14,59±1,71	0,86±0,02
	Фракция 1–2 мм	17,27±2,67	0,91±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	20,12±1,82	0,99±0,04

В результате исследования почв пробной площади № 107–В (расположена на средней трети склона северной экспозиции байрака) выявлено, что диэлектрическая проницаемость образцов из четырех элювиальных горизонтов H₁el, H₂el, H₃el и H₄el практически не отличается. В иллювиальных горизонтах H₁il, Ph₁il и P₁lk наблюдается повышение значений диэлектрической проницаемости, которая возрастает с увеличением глубины залегания горизонта (табл. 2). Минимальная диэлектрическая проницаемость отдельных почвенных фракций характерна для

Таблица 2

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 107–В			
Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
1	2	3	4
H ₁ el (0–12 см)	Почва	7,93±0,70	0,86±0,01
	Фракция 2–3 мм	2,83±0,25	0,81±0,03
	Фракция 1–2 мм	3,67±0,28	0,87±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	3,86±0,04	0,95±0,01

1	2	3	4
Н ₂ el (12–33 см)	Почва	9,41±0,67	0,85±0,01
	Фракция 2–3 мм	4,19±0,42	0,88±0,02
	Фракция 1–2 мм	4,88±0,33	0,92±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	4,96±0,78	1,02±0,02
Н ₃ el (33–67 см)	Почва	8,66±1,26	0,84±0,01
	Фракция 2–3 мм	7,79±1,09	0,98±0,04
	Фракция 1–2 мм	8,50±1,06	1,01±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	8,79±1,27	1,02±0,04
Н ₄ el (67–96 см)	Почва	9,27±2,95	0,87±0,02
	Фракция 2–3 мм	12,17±0,93	0,89±0,01
	Фракция 1–2 мм	17,21±1,70	0,99±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	20,44±0,61	1,05±0,01
Н _p il (96–140 см)	Почва	14,30±1,46	0,92±0,04
	Фракция 2–3 мм	12,03±1,98	0,91±0,03
	Фракция 1–2 мм	12,82±1,61	0,97±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	12,17±0,58	1,02±0,02
Phl (140–166 см)	Почва	15,30±4,63	1,00±0,04
	Фракция 2–3 мм	12,50±0,95	0,97±0,03
	Фракция 1–2 мм	15,54±1,59	1,00±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	21,22±3,41	1,06±0,04
Pilk (166–230 см)	Почва	20,28±1,70	0,98±0,02
	Фракция 2–3 мм	14,52±2,54	0,91±0,02
	Фракция 1–2 мм	17,71±0,54	0,94±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	26,53±2,01	1,03±0,03

верхних горизонтов Н₁el и Н₂el. С глубиной наблюдается повышение величин диэлектрической проницаемости отдельных фракций, причем максимальные значения характерны для нижнего горизонта Pilk.

Исследованиями почвы пробной площади № 109–В (расположена в тальвеге байрака) установлено, что максимальная величина диэлектрической проницаемости характерна для верхнего горизонта Н₁el, а минимальная – для второго горизонта Н₂el (табл. 3). При этом в иллювиальных горизонтах Н₄il, Н_pil и Phl выявлены повышенные значения диэлектрической проницаемости по сравнению с элювиальными горизонтами Н₂el и Н₃el. Повышенные значения диэлектрической проницаемости отдельных почвенных фракций характерны также для иллювиальных горизонтов по сравнению с элювиальными.

Таблица 3

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 109–В

Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
1	2	3	4
Н ₁ el (0–8 см)	Почва	29,79±1,45	1,09±0,01
	Фракция 2–3 мм	4,03±0,61	0,90±0,05
	Фракция 1–2 мм	4,38±0,28	0,97±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	4,85±0,28	1,03±0,02
Н ₂ el (8–34 см)	Почва	9,16±0,59	1,09±0,01
	Фракция 2–3 мм	2,65±0,54	0,90±0,01
	Фракция 1–2 мм	3,01±0,20	0,94±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	4,01±0,38	0,99±0,02
Н ₃ el (34–60 см)	Почва	21,47±2,07	1,10±0,01
	Фракция 2–3 мм	4,24±0,32	1,00±0,03
	Фракция 1–2 мм	4,52±0,10	0,99±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	5,48±0,56	0,99±0,04

1	2	3	4
Н ₄ il (60–118 см)	Почва	25,00±4,56	1,08±0,01
	Фракция 2–3 мм	8,83±0,91	0,87±0,01
	Фракция 1–2 мм	9,60±1,82	0,91±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	13,00±2,04	1,02±0,02
Н _р il (118–132 см)	Почва	23,76±3,60	1,10±0,01
	Фракция 2–3 мм	8,06±0,62	0,87±0,06
	Фракция 1–2 мм	8,61±0,33	0,91±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	9,87±1,14	1,03±0,02
P _h il (132–166 см)	Почва	24,07±4,90	1,08±0,02
	Фракция 2–3 мм	9,34±0,62	0,92±0,02
	Фракция 1–2 мм	9,81±0,16	0,91±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	12,67±1,24	1,02±0,02

В результате исследования почвы пробной площади № 111–В (расположена на средней трети склона южной экспозиции байрака) выявлено, что минимальные величины диэлектрической проницаемости характерны для верхних элювиальных горизонтов Н₁el и Н₂el (табл. 4). В горизонте Н₃el наблюдается некоторое повышение диэлектрической проницаемости, что можно объяснить частичным влиянием находящегося ниже иллювиального горизонта Н₄il. В целом иллювиальные горизонты отличаются повышенными значениями диэлектрической проницаемости в сравнении с элювиальными. Минимальные значения диэлектрической проницаемости почвенных фракций обнаружены в горизонтах Н₄il и Н_рil, максимальные – в горизонте P_hil.

Таблица 4

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 111–В

Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
Н ₁ el (0–9 см)	Почва	12,64±1,87	1,00±0,03
	Фракция 2–3 мм	11,26±3,60	0,86±0,06
	Фракция 1–2 мм	12,58±2,59	0,91±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	16,14±1,76	0,93±0,01
Н ₂ el (9–46 см)	Почва	14,41±5,37	0,99±0,01
	Фракция 2–3 мм	8,86±1,52	0,90±0,03
	Фракция 1–2 мм	13,40±2,28	0,95±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	15,63±1,23	1,00±0,03
Н ₃ el (46–88 см)	Почва	26,24±0,48	0,98±0,01
	Фракция 2–3 мм	9,05±0,57	0,90±0,02
	Фракция 1–2 мм	11,57±1,99	0,95±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	11,57±1,61	0,98±0,01
Н ₄ il (88–138 см)	Почва	20,66±3,86	1,03±0,02
	Фракция 2–3 мм	4,93±0,77	0,91±0,03
	Фракция 1–2 мм	8,42±0,74	0,94±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	6,34±0,17	0,97±0,03
Н _р il (138–160 см)	Почва	20,53±2,44	0,98±0,04
	Фракция 2–3 мм	2,05±0,45	0,81±0,02
	Фракция 1–2 мм	2,77±0,16	0,94±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	3,42±0,72	0,96±0,03
P _h il (160–187 см)	Почва	31,55±2,37	0,97±0,02
	Фракция 2–3 мм	10,25±1,13	0,87±0,02
	Фракция 1–2 мм	14,04±3,01	0,95±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	13,67±2,15	0,98±0,02
P _h il (187–230 см)	Почва	77,84±23,70	1,01±0,05
	Фракция 2–3 мм	22,06±0,42	0,90±0,02
	Фракция 1–2 мм	27,44±4,00	1,04±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	35,53±3,38	1,06±0,02

Исследования почвы пробной площади № 115–В (участок, расположенный на степной целине между полем и опушкой склона южной экспозиции байрака) показали, что для верхнего горизонта Hdk характерны минимальные значения диэлектрической проницаемости как в целом почвы, так и отдельных фракций (табл. 5). Максимальная величина диэлектрической проницаемости почвы выявлена в горизонте Hrk, с глубиной ее величина снижается. Это может свидетельствовать о некотором накоплении в данном горизонте илистой фракции. Максимальные значения диэлектрической проницаемости фракций характерны для нижнего горизонта Pk.

Таблица 5

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 115–В			
Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
Hdk (0–6 см)	Почва	6,72±0,27	0,90±0,02
	Фракция 2–3 мм	4,06±0,85	0,74±0,04
	Фракция 1–2 мм	3,67±0,18	0,76±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	4,27±0,38	0,78±0,01
Hrk (6–27 см)	Почва	79,33±13,01	1,00±0,02
	Фракция 2–3 мм	7,42±1,87	0,81±0,01
	Фракция 1–2 мм	9,05±0,76	0,87±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	8,64±0,90	0,90±0,02
Phk (27–40 см)	Почва	20,06±1,12	0,86±0,01
	Фракция 2–3 мм	6,97±0,35	0,81±0,02
	Фракция 1–2 мм	7,64±1,13	0,84±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	8,31±0,26	0,90±0,04
Pk (40–120 см)	Почва	17,66±3,41	0,91±0,01
	Фракция 2–3 мм	6,50±0,80	0,84±0,05
	Фракция 1–2 мм	14,19±3,09	0,87±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	18,17±2,17	0,89±0,03

В целом из полученных результатов можно сделать предположение, что на величину диэлектрической проницаемости почвы в первую очередь влияет ее обогащение илистой фракцией, которая перераспределяется в почвенном профиле в результате элювиально-иллювиальных процессов, наибольшая выраженность которых наблюдается в условиях тальвега и средних третей склонов северной и южной экспозиций.

ВЫВОДЫ

1. Апробирована методика измерения диэлектрической проницаемости почв с использованием современного цифрового емкостного измерителя.
2. Установлено повышение значений диэлектрической проницаемости почв при увеличении ее плотности и увеличении содержания илистой фракции.
3. Почвы в основном отличаются повышенной диэлектрической проницаемостью в сравнении с почвенными фракциями 2–3, 1–2 и 0,5–1 мм.
4. Необходимо разработать и апробировать методику измерения диэлектрической проницаемости почв в полевых условиях с использованием образцов ненарушенного сложения.
5. Следует активизировать исследования диэлектрической проницаемости почв и установить ее взаимосвязи с другими почвенными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Chudinova, S. M., 2009. Dielektricheskie pokazateli pochvy i kategorii pochvennoj vlagi [Soil dielectric properties and moisture categories of soils]. Eurasian Soil Science 4, 441–451 (in Russian).
- Liua, H., Yanga, H., Yib, F., 2016. Experimental study of the complex resistivity and

- dielectric constant of chrome-contaminated soil. Journal of Applied Geophysics 131, 109–116.
- Nerpin, S. V., Chudnovskij, A. F., 1967. Fizika pochv [Soil physics]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Vadyunina, A. F., Korchagina, Z. A., 1986. Metody issledovaniia fizicheskikh svojstv pochvy [Methods of study of the physical properties of soil]. Moscow (in Russian).
- Wanga, S., Lia, Z. Z., Zhanga, J., Wanga, J., Chenga, L., Yuanb, T., Zhub, B., 2016. Experimental study on frequency-dependent properties of soil electrical parameters. Electric Power Systems Research 139, 116–120.
- Yakovenko, V. M., 2014. Vplyv delyuvialnykh protsesiv na macro- ta mikromorfologiyu bairachnykh lisovykh gruntiv [The influence of deluvial processes on macro- and micromorphology of ravined forest soil]. Gruntoznavstvo 15(3–4), 74–88 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 08.11.2016

FOREST HYDROLOGY



O. V. Kotovych  Cand. Sci. (Biol.)

UDK 631.6.03

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

HEAVY METALS IN THE GROUND WATERS OF PRISAMARYA DNIPROVSKE

Abstract. In conditions of increasing anthropogenic pressure on the objects of the natural environment, an objective assessment of the hydrochemical state of water bodies is necessary, taking into account background values of heavy metals, the presence of which is associated only with natural factors. Therefore, the aim of our studies was to determine the concentration of heavy metals in groundwater lying in different geological and geomorphological conditions in a territory remote from the large industrial centers – Dnipro and Pavlograd.

As a result of the carried out researches it was possible to establish the qualitative and quantitative composition of microelements that are contained in the ground waters of Prisamarya Dniprovske. The most common microelements from those that were determined were zinc, strontium, iron and manganese. In the groundwater of the floodplain of the Samara River the most common are zinc, strontium, iron and manganese. A distinctive feature of the groundwater of the first above-terrace is the presence of a large amount of iron – an average of 2 mg/l³, while this is not observed in the groundwater of the floodplain and steppe areas. This can be attributed to the chemical characteristics of forest litter from needles which has an acidic pH reaction. In turn, with acid reaction, iron passes from the bound state to the free state and, together with the descending streams of water, migrates from the soil to the groundwater.

Among the microelements of the second above-the-top terrace, zinc, copper, iron and manganese predominate. Other trace elements from those that were determined are absent, or their number is below the sensitivity limit of the device. With a deep bedding of groundwater (22 m) and their slow water exchange with surface waters among the microelements, zinc, cadmium, copper, nickel, cobalt, iron and manganese predominate.

The direction of the migration of microelements in the system soil ↔ groundwater can be determined by calculating the concentration of chemical elements in the soil and groundwater contained. The concentrations obtained for lead, copper, nickel and manganese in the majority of the investigated objects turned out to be less than one, which indicates the predominance of processes of removal of microelements from soil to groundwater. At the same time for groundwaters of the first above-the-top terrace there is accumulation of such microelements as copper and manganese. Here the maximum value of the clark concentration for copper is 18.14, for manganese 14.66.

Considering the absence of close proximity to the territory of the research of large industrial facilities and highways with intensive traffic, the indicators obtained by us can be used as background values in complex biogeocenological studies. In addition, the values obtained can be useful for

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

DOI: 10.15421/041617

assessing the hydrochemical and toxicological state of natural waters, as well as for the integrated ecohydrological assessment of water bodies in this region.

Key words: *microelements, groundwater, clarke concentration of matter.*

УДК 631.6.03

А. В. Котович

канд. биол. наук

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

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ГРУНТОВЫХ ВОДАХ ПРИСАМАРЬЯ ДНЕПРОВСКОГО

Аннотация. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на объекты природной среды необходима объективная оценка гидрохимического состояния водных объектов, учитывающая фоновые значения тяжелых металлов, наличие которых связано только с естественными факторами. Поэтому целью наших исследований было определение концентрации тяжелых металлов в грунтовых водах, залегающих в разных геологических и геоморфологических условиях на территории, отдаленной от больших промышленных центров.

В результате проведенных исследований удалось установить качественный и количественный состав микроэлементов, которые содержатся в грунтовых водах Присамарья Днепропетровского. Наиболее распространенными микроэлементами из тех, которые определялись, являются цинк, стронций, железо и марганец. Показана зависимость качественного и количественного состава микроэлементов от режимобразующих факторов и направленность процессов их миграции в системе почва ↔ грунтовые воды.

Ключевые слова: *микроэлементы, грунтовые воды, кларк концентрации вещества.*

УДК 631.6.03

О. В. Котович

канд. біол. наук

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

ВАЖКІ МЕТАЛИ В ПІДГРУНТОВИХ ВОДАХ ПРИСАМАР'Я ДНІПРОВСЬКОГО

Анотація. За умов зростаючого антропогенного навантаження на об'єкти природного середовища важливою є об'єктивна оцінка гідрохімічного стану водних об'єктів, яка б урахувала фонові значення важких металів, наявність яких обумовлена лише природними чинниками. Тому метою наших досліджень було визначення концентрації важких металів у підгрунтових водах, що залягають у різних геологічних та геоморфологічних умовах, на території, віддаленій від великих промислових міст.

У результаті проведених досліджень було встановлено якісний та кількісний склад мікроелементів, які містяться у підгрунтових водах Присамар'я Дніпровського. Найбільш поширеними з мікроелементів, які визначались, є цинк, стронцій, залізо та марганець. Показано залежність якісного та кількісного складу мікроелементів від режимоутворюючих факторів та спрямованість процесів їх міграції у системі ґрунт ↔ підгрунтові води.

Ключеві слова: *мікроелементи, підгрунтові води, кларк концентрації речовини.*

ВСТУП

У гідроекологічній характеристиці водних об'єктів вміст важких металів характеризує токсикологічний стан природних вод і використовується при комплексній екологічній оцінці якості води (Oksiuk et al., 1993). Як основні критерії, за допомогою яких проводять оцінку природних вод, використовують показник – ГДК (гранично допустима концентрація) для рибного господарства або водопостачання. На фоні зростаючого антропогенного навантаження на об'єкти природного середовища відбувається забруднення природних вод відходами промисловості.

Найбільш поширеними важкими металами в об'єктах навколишнього середовища вважають Cu, Zn, Co, Ni, Mn, Mo, Pb, Cr та Sn (Zhovinskiy, Kurayeva, 2002). З перелічених мікроелементів ми визначали Cu, Zn, Co, Ni, Mn, Pb, а також Sr, Cd та Fe. Місце розташування водних об'єктів, у яких ми відбирали зразки, знаходиться на відстані більше 55 км від великих промислових центрів – м. Дніпра та Павлограду. З урахуванням цього можна вважати, що отримані значення по вмісту важких металів можна використовувати як фонові при еколого-гідрологічних дослідженнях цього регіону. При вибиранні місць для відбору зразків підґрунтових вод використовували ландшафтний підхід, оскільки при цьому враховується групування підґрунтових вод за умовами однотиповості їх режиму та властивості водовмісних порід.

Раніше нами було встановлено, що рівневий режим підґрунтових вод, розташованих у межах території досліджень, тісно пов'язаний з метеорологічними показниками – атмосферними опадами, температурою повітря та ін. (Kotovych, 2010, 2010, 2014). Структура рівневого режиму має три характерних періоди, а саме: зимово-весняного підйому; весняно-осіннього спаду і осіннього підйому. Виходячи з цього підґрунтові води можна віднести до підземних вод зони активного водообміну, або зони гіпергенезу. За таких умов спостерігається тісний зв'язок між сезонними змінами рівня і сезонними змінами йонного складу та загальної кількості солей у підґрунтових водах. При постійній сезонній динаміці гідрохімічного складу дані разових вимірювань мікроелементів, безумовно, не можна вважати вичерпною інформацією щодо їх вмісту. Разом з тим наведені дані надають уявлення про їхній розподіл у певних ландшафтах та можуть бути використані при розробленні проектів водокористування в межах території досліджень. У гідроекологічній характеристиці водних об'єктів вміст важких металів характеризує токсикологічний стан природних вод і використовується при комплексній екологічній оцінці якості води (Oksiyuk et al., 1993). Як основні критерії, за допомогою яких проводять оцінку природних вод, використовують показник ГДК для рибного господарства або водопостачання. На фоні зростаючого антропогенного навантаження на об'єкти природного середовища відбувається забруднення природних вод відходами промисловості.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проби води зі свердловин відбирали за допомогою желонки, обладнаної на нижньому кінці кульковим клапаном. Перед відбиранням свердловина чистилась тією самою желонкою з таким розрахунком, щоб об'єм піднятої зі свердловини води становив не менше п'яти об'ємів самої свердловини. Визначення важких металів проводив старший науковий співробітник НДІ біології ДНУ ім. О. Гончара Ю. Б. Смирнов на атомно-абсорбційному спектрофотометрі AAS 115 виробництва науково-виробничого підприємства «Укрросприлад», м. Суми. При цьому використовували метод електротермічної атомізації. Атомізація проби води відбувається в графітовій кюветі і складається з трьох послідовних етапів: висушування, озонення й атомізації. Сам процес здійснюється при нагріванні графітової кювети електрострумом в інертному газі (аргоні), при цьому всі три етапи проходять відповідно до команд, закладених у прилад за допомогою програми «AAS SPEC».

Оцінку якості води проводили згідно з комплексною екологічною класифікацією поверхневих вод суші (Oksiyuk et al., 1993). Гідрохімічна класифікація – за О. А. Алекінім (Alekin, 1970). Характеристика макрокомпонентів у хімічному складі підґрунтових вод Присамар'я Дніпровського наводилась нами та іншими авторами раніше (Travleyev, 1977; Kotovych, 2015).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Заплава р. Самари в межах території досліджень відноситься до середніх або високих заплав з перевищенням поверхні над рівнем води в річці на 5–10 м.

Водовмісними породами тут є піски четвертинного алювію, сучасного та верхнього відділу (Travleyev, 1972). Дзеркало поверхні підґрунтових вод – з 3,5 м. Загальна мінералізація змінюється в інтервалі від 1350 до 1670 мг/дм³, але йонний склад протягом сезону залишається сталим і визначається як сульфатно-кальцієвий, другого або третього типу. Реакція рН нейтральна, за винятком підґрунтових вод у межах пробних площ № 214 і 215 – слабкокисла. Гідрохімічний режим підґрунтових вод заплави нами контролюється в свердловинах № 208, 209, 214 та 215, які розташовані паралельно руху підґрунтових вод у напрямку річища р. Самари (за цією ж нумерацією позначаються й стаціонарні пробні площі Комплексної експедиції Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара). Свердловини № 214 і 215 знаходяться поблизу с. Кочережки Павлоградського р-ну, а № 209 і 208 – поблизу с. Андріївки Новомосковського р-ну.

З мікроелементів, які ми визначали в підґрунтових водах заплави, найбільш поширені цинк, стронцій, залізо та марганець. Ці мікроелементи присутні у всіх підґрунтових водах заплави. При цьому більш рівномірно поширені йони стронцію та заліза – їх мінливість варіює не більше ніж у два рази. Амплітуда змін марганцю та цинку є значно більшою і змінюється від 0,18–0,91 до 0,01–0,43 мг/дм³ відповідно (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст мікроелементів у підґрунтових водах заплави, мг/дм³

№ пробної площі	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Co	Sr	Fe (заг.)	Mn
214	0,20	0,040	0,19	0,02	0,04	0,01	0,33	0,2	0,91
215	0,43	0,003	0,15	0,02	0,02	*	0,16	0,4	0,33
209	0,01	*	*	0,01	0,01	*	0,16	0,2	0,18
208	0,01	*	*	*	*	*	0,16	0,4	0,25

Примітка. Знак * означає, що відповідні мікроелементи або відсутні, або їх вміст нижчий від верхнього порогу чутливості приладу.

Кадмій, свинець, мідь та нікель присутні в більш мінералізованих підґрунтових водах заплави – свердловини № 214, 215 та 209. Кобальт виявлено лише в найбільш мінералізованих підґрунтових водах – свердловина № 214. У підґрунтових водах зі свердловини № 208 згадані мікроелементи знаходяться в кількості, меншій за чутливість методу, за допомогою якого їх визначали. Мінімальний вміст мікроелементів у цих підґрунтових водах можна пов'язати з тим, що ця свердловина знаходиться на колорічечному валу, близько 15 м від річища р. Самари. Зона аерації складена з піщаного алювію, тому тут відбувається найбільш інтенсивний водообмін не лише між підґрунтовими водами та атмосферою, а й підґрунтовими водами і водами ріки. Загальна мінералізація підґрунтових вод менша, ніж у центральній заплаві, в іонному складі сульфати заміщуються гідрокарбонатами кальцію та магнію.

Підґрунтові води першої надзаплавної тераси р. Самари за мінералізацією та йонним складом відрізняються від підґрунтових вод заплави, що має зв'язок зі складом мікроелементів. Перша надзаплавна тераса має перевищення над поверхнею води в річці 15, а іноді 25 м. Водовмісними тут є піски четвертинного алювію, верхнього та середнього відділу (Travleyev, 1972). Рельєф має дюнний характер, внаслідок чого підґрунтові води в міждюнних западинах знаходяться на глибині 1–1,5 м, а під верхівками піщаних дюн глибина їх залягання сягає 7,5–8,5 м. Гідрологічний режим визначається метеорологічними показниками та водно-фізичними властивостями ґрунтів зони аерації. Відмінною гідрохімічною рисою підґрунтових вод першої надзаплавної тераси є їхня низька мінералізація. Протягом календарного року цей показник не залишається сталим, а змінюється від 65 до 120 мг/дм³ у міждюнних западинах і 120–160 мг/дм³ під верхівками дюн. Йонний склад протягом сезону залишається сталим і визначається як гідрокарбонатно-кальцієвий, першого або другого типу. Значення рН – від 6,1 до 3,9. Для контролю

гідрохімічного режиму підґрунтових вод першої надзаплавної тераси ми використовуємо свердловини № 211, 212, 216 та 310, які також входять до моніторингової мережі і розташовані в одному створі зі свердловинами, що знаходяться у заплаві. Свердловина № 310 знаходиться поблизу с. Сосновка Павлоградського р-ну над шахтними полями шахти «Павлоградська». Свердловина № 216 поблизу с. Кочережки того ж району, свердловини № 211 і 212 – поблизу с. Андріївка Новомосковського р-ну.

Відмінною особливістю підґрунтових вод першої надзаплавної тераси, на фоні їх надзвичайної бідності на макро- і мікроелементи, є наявність загального заліза в кількостях, що в декілька десятків разів перевищують аналогічні показники в підґрунтових водах інших територій (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст мікроелементів у підґрунтових водах першої надзаплавної тераси (арени), мг/дм³

№ пробної площі	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Co	Sr	Fe (заг.)	Mn
310	0,12	0,001	*	0,01	0,01	*	*	1,4	0,33
216	0,15	*	*	0,01	*	*	*	1,5	0,27
212	0,26	*	*	0,03	*	*	*	2,4	0,10
211	0,14	*	*	0,01	*	*	*	2,2	0,40

Примітка. Знак * означає, що відповідні мікроелементи або відсутні, або їх вміст нижчий від верхнього порогу чутливості приладу.

Геохімічними концентраторами тут є алювіальні поклади, у яких у знижених ділянках рельєфу при надлишковому зволоженні та аеробних умовах формуються новоутворення у вигляді ортштейнів та ортзандів. Горизонти з подібними новоутвореннями прив'язані до зони капілярного підняття підґрунтових вод і маркірують кордон між окислювальними та відновлювальними умовами. Залізо в підґрунтових водах тут має біогенне походження, а первинним його джерелом вважають лісову підстилку. Кисла реакція середовища сприяє переходу заліза із сорбованого на мінеральних і органічних речовинах стану у вільне (Никаноров, 1989). Тому підґрунтові води піщаних терас мають у своєму стані багато заліза. Наявність іонів цинку можна пов'язати з тим, що основним типоморфним катіоном тут є кальцій, одним з геохімічних супутників якого є цинк. Марганець вважається супутником заліза, яке міститься на піщаних терасах у значних кількостях. У цілому низький вміст інших мікроелементів у таких ландшафтах пов'язують з геохімією ґрунтоутворних та підстеляючих порід. Так, Є. Я. Жовинський (Zhovinskiy, Kurayeva, 2002), посилаючись на В. А. Ковду (Kovda et al., 1973) пов'язує це явище з підвищенням вмістом кварцу в осадових породах. У нашому випадку водовмісними є білі кварцові піски, тому бідність підґрунтових вод у більшості з досліджуваних мікроелементів узгоджується з цим положенням.

Підґрунтові води другої надзаплавної тераси розташовуються з глибини 1,5 м. Поверхня тераси має рівну, спокійну поверхню, складена з щільних і дуже щільних, глинистих і важкоглинистих лучно-солонцювих і лучних ґрунтів. Водовмісними є стародавні, карбонатні алювіальні супіски або суглинки. Загальна мінералізація відрізняється від мінералізації підґрунтових вод піщаної тераси і заплави р. Самари і протягом сезону змінюється з 2650 мг/дм³ навесні до 3110 мг/дм³ восени. За йонним складом відноситься до хлоридного класу натрієво-калієвої групи другого або третього типу. Показники рН характеризують ці ґрунтові води як нейтральні або слабколужні. Контроль рівневого та гідрохімічного режимів проводимо у свердловині № 220.

У складі мікроелементів цих підґрунтових вод присутні цинк, мідь, залізо та марганець. Інші елементи з мікрокомпонентів відсутні або присутні у слідовій кількості (табл. 3).

Над другою надзапальною терасою знаходиться лівий корінний берег р. Самари. Ґрунтовий покрив представлено чорноземами звичайними різного ступеня змитості. Підґрунтові води – з 8 м. Водовмісними є піски неогену. Контроль рівневого та гідрохімічного режимів проводимо у свердловині № 223, яка знаходиться в посадці на рівній ділянці. Загальна мінералізація підґрунтових вод – 1250 мг/дм³, реакція рН нейтральна або слабколужна. З мікроелементів, що визначали, присутні всі, крім стронцію. Цинк і марганець мають найбільшу масову частку.

Таблиця 3

Вміст важких металів у підґрунтових водах, лівого корінного берега р. Самари, мг/дм ³									
№ пробної площі	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Co	Sr	Fe (заг.)	Mn
220	0,31	*	*	0,02	*	*	*	0,1	0,22
223	0,56	0,003	0,25	0,01	0,04	0,01	*	0,1	0,79

Примітка. Знак * означає, що відповідні мікроелементи або відсутні, або їх вміст нижчий від верхнього порогу чутливості приладу.

Підґрунтові води правобережжя р. Самари у створі між селами Кочережки - Андріївка відносяться до зональних і мають гідрохімічний склад, властивий підґрунтовим водам степової зони України. Правобережжя р. Самари в районі досліджень від с. Кочережки до с. Андріївки має розгалужену яружно-балкову мережу, глибоко врізану в лесові поклади. Багато балок вкрито природною лісовою рослинністю, деякі балки мають штучні масивні лісові насадження. Глибина залягання підґрунтових вод в залежності від рельєфу змінюється в інтервалі від 9 до 25 м. Гідрохімічні показники залежать від інтенсивності водообміну з поверхнею – умови інфільтраційного живлення, дренажу водоносних горизонтів, температурних показників та ін. Загальна мінералізація підґрунтових вод змінюється від 630 мг/дм³ в місцях виходу на денну поверхню до 2100 мг/дм³ в місцях із уповільненим водообміном з максимальною глибиною залягання. Іонний склад також залежить від режимоутворюючих факторів. Так, за умов інтенсивного водообміну підґрунтові води мають гідрокарбонатний клас та кальцієву або кальцієво-магнієву групу першого типу. При уповільненому водообміні з глибиною залягання більше 20 м в їх іонному складі зростає доля сульфат-іонів, також підвищується вміст йонів магнію. Реакція рН слабколужна. Водовмісними є світло-жовті супіски або суглинки харківського ярусу палеогену. Режим підґрунтових вод контролюємо в свердловинах № 201а – ділянка степового плакору з дзеркалом поверхні підґрунтових вод 12 м, № 204 – верхня частина схилу байраку Капітанівського до поверхні підґрунтових вод 22 м, № 206 і 207 – схили правого берега р. Самари – підґрунтові води з глибини 12 і 10 м.

Склад мікроелементів різномірний. На ділянках степового плакору з глибиною підґрунтових вод 12 м (пробна площа № 201а) з мікроелементів, що визначались, присутні кадмій, залізо та марганець (табл. 4).

При глибині підґрунтових вод 22 м та уповільненому водообміні (пробна площа № 204) їх склад більш насичений мікроелементами. З тих, що визначались, удалось установити цинк, кадмій, мідь, нікель, кобальт, залізо та марганець. На ділянках схилів правого берега р. Самари за умов більш інтенсивного водообміну (пробні площі № 206, 207) у підґрунтових водах присутня більша кількість мікроелементів, ніж на ділянці степового плакору.

Найбільш поширеними мікроелементами з тих, що досліджувались і наявність яких вдалось встановити у всіх досліджуваних зразках, виявились загальне залізо, марганець та цинк. Мінімальний вміст заліза з усіх досліджуваних ділянок відзначається в найбільш засолених підґрунтових водах нижньої третини корінного берега р. Самари – пробна площа № 220, а максимальні його значення властиві підґрунтовим водам піщаних терас Присамар'я. Певний зв'язок між

макрокомпонентами йонного складу та вмістом мікроелементів простежується у вигляді зв'язків між типоморфними елементами та їх супутниками. Так, раніше (Kotovych, 2015) нами було встановлено, що за переважаючим катіоном підґрунтові води більшої частини території досліджень мають кальцієву, а в місцях з уповільненим водообміном – кальцієво-натрієву групу, тобто, проводячи паралель з геохімічними процесами, основним типоморфним елементом тут можна вважати кальцій. Геохімічними супутниками кальцію є Sr, Ra, Ba та Zn. Зі згаданих мікроелементів нами визначались стронцій та цинк. Цинк міститься у всіх досліджуваних зразках, крім зразка з території степового плакору, але підґрунтові води степових ділянок з глибоким заляганням характеризуються взагалі низьким вмістом мікроелементів. Стронцій у незначній кількості міститься в підґрунтових водах під місцезростаннями з багатою лісовою рослинністю, представленою широколистяними заплавними (ПП № 208, 209, 214, 215) та байрачними (ПП № 206, 207) лісами.

Таблиця 4

Вміст важких металів у підґрунтових водах правобережжя р. Самари, мг/дм³

№ пробної площі	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Co	Sr	Fe (заг.)	Mn
201a	*	0,001	*	*	*	*	*	0,6	0,70
204	0,08	0,114	*	0,01	0,03	0,01	*	0,1	0,01
206	0,20	*	*	0,01	0,01	*	0,16	0,2	0,62
207	0,29	0,005	0,01	0,03	0,06	0,02	0,08	0,6	0,70

Примітка. Знак * означає, що відповідні мікроелементи або відсутні, або їх вміст нижчий від верхнього порогу чутливості приладу.

Отримані дані щодо вмісту мікроелементів у підґрунтових водах самі по себе дозволяють використовувати їх лише з позиції оцінки токсикологічного стану підґрунтових вод при комплексній екологічній класифікації та придатності їх для водокористування. Разом з тим залишається відкритим питання антропогенної складової в загальному балансі мікроелементів у підґрунтових водах конкретних територій. Виокремлення антропогенної складової є складним завданням, вирішення якого потребує знання гідрохімічного балансу з урахуванням хімічного складу напірних підземних вод з розташованих нижче водоносних горизонтів, величини їх рН, часу контакту підґрунтових вод з водовмісними породами, вмісту мікроелементів у ґрунтах зони аерації, спрямованістю та інтенсивністю міграції мікроелементів у системі ґрунт ↔ підґрунтові води.

Знайти вичерпну відповідь на це запитання заважає відсутність відомостей щодо гідрохімічного складу напірних вод та їхньої частки в загальному балансі підґрунтових вод у районі досліджень. Частково відповісти на це запитання можна, використавши кларк концентрації хімічного елемента, який визначається як відношення вмісту хімічного елемента в певному природному об'єкті до кларка цього елемента в літосфері і показує спрямованість процесів акумуляції або розсіювання хімічних елементів (Vernadsky, 1967). У нашому випадку природним об'єктом є підземні води, а середні значення по вмісту мікроелементів у літосфері можна замінити на середній вміст мікроелементів у ґрунтоутворюючих породах Присамар'я. Для цього необхідно перевести у з'єднанні значення вміст мікроелементів у підґрунтових водах та ґрунтах. На наш погляд, це краще зробити, перевівши абсолютні значення мг/дм³ та мг/кг у відносні відсотки.

Вміст деяких мікроелементів у ґрунтах Присамар'я досліджували співробітники Дніпропетровського національного університету Н. М. Цветкова (Tsvetkova, 1992) та М. С. Якуба (Yakuba, 2005). У результаті досліджень вони установили, що вміст мікроелементів у ґрунтах визначається властивостями ґрунтоутворюючих порід, видовим складом рослинності окремих біогеоценозів та їх місцем у ландшафті.

Отримані кларки концентрації деяких мікроелементів у підґрунтових водах у більшості випадків становлять менше одиниці, що свідчить про інтенсивні процеси виносу мікроелементів (табл. 5).

Таблиця 5

**Кларки концентрації деяких мікроелементів у підґрунтових водах
Присамар'я Дніпровського**

№ ПП	Pt	Cu	Ni	Mn
214	1,36	0,14	2,35	0,81
215	–	0,15	1,31	0,26
209	–	0,28	0,25	0,48
212	–	18,14	–	8,31
211	–	5,23	–	14,66
204	–	0,48	0,36	0,01

Випадки збільшення цього показника до одиниці і більше властиві для місць, де відбуваються процеси біогенної та гідрогенної акумуляції речовин у вигляді дернового ґрунотворного процесу та орудніння – пробні площі № 211 та 212. Тут відносний вміст міді та марганцю в підґрунтових водах у декілька разів перевищує аналогічні показники, властиві для піщаних ґрунтів зони аерації. Це свідчить про активний винос цих елементів з ґрунтової товщі та їх акумуляцію в підґрунтових водах. Кларк концентрації більше одиниці для свинцю і нікелю зафіксовано у місцях з депресійним характером поверхні, уповільненим водообміном, слабкокислою реакцією рН та підвищеною загальною мінералізацією – пробні площі № 214 і 215. Мінімальна кларкова концентрація мікроелементів властива підґрунтовим водам з максимальною глибиною поверхні – пробна площа № 204.

ВИСНОВКИ

Склад мікроелементів у підґрунтових водах Присамар'я мінливий у просторі і демонструє певну залежність від режимоутворюючих факторів.

Найбільш поширеними з досліджуваних мікроелементів заплави є цинк, стронцій, залізо та марганець.

Відмінною особливістю підґрунтових вод першої надзаплавної тераси на фоні їх надзвичайної бідності на макро- і мікроелементи є наявність загального заліза в кількостях, що в декілька десятків разів перевищують аналогічні показники в підґрунтових водах інших територій.

Серед мікроелементів у підґрунтових водах другої солонцюво-солончакової надзаплавної тераси переважають цинк, мідь, залізо та марганець. Інші мікроелементи з тих, що досліджувались, відсутні або присутні у слідовій кількості.

При глибокому розташуванні підґрунтових вод (22 м) у їх складі переважають цинк, кадмій, мідь, нікель, кобальт, залізо та марганець.

Процеси міграції мікроелементів у системі ґрунт ↔ підґрунтові води мають одностороннє спрямування, що підтверджується низьким значенням кларкової концентрації мікроелементів у більшості випадків. Виключенням є підґрунтові води піщаної тераси, де цей показник збільшується у десятки разів.

Враховуючи відсутність близького розташування від території досліджень промислових об'єктів та великих автомагістралей, близькість яких сприяє накопиченню у підґрунтових водах мікроелементів, отримані нами показники можна використовувати як фонові значення при подальших комплексних біогеоценотичних дослідженнях. Крім того, отримані дані можна використовувати для оцінки гідрохімічного і токсикологічного стану природних вод, а також для комплексної екогідрологічної оцінки водних об'єктів даного регіону.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Alekin, O. A., 1970. Osnovy gidrokhimii [Fundamentals of hydrochemistry]. Leningrad (in Russian).
- Kotovych, O. V., 2010. Vplyv lisovykh biogeotsenoziv na rezhym ta balans gruntovykh vod u mezhakh zaplavnykh dilianok r. Samary Dniprovskoi [The influence of pine ecosystems on the conditions and the balance of underground waters on the sandy terraces of Samara Dniprovskaya river valley]. Ecology and Noospherology 21(3–4), 62–72 (in Ukrainian).
- Kotovych, O. V., 2010. Vplyv sosnovykh biogeotsenoziv na rezhym ta balans gruntovykh vod na pishchannykh terasakh dolyny r. Samary Dniprovskoi [Forest biogeocenosis' influence on the conditions and the balance of the groundwater in the floodplain of the river Samara Dniprovskaya]. Gruntoznavstvo 11(1–2), 65–78 (in Ukrainian).
- Kotovych, O. V., 2014. Vologoobig u bairachnykh dibrovakh stepovogo Prydniprovia [The hydrological cycle in the ravine oak forests of steppe Prydniprovia]. Gruntoznavstvo 15(1–2), 89–100 (in Ukrainian).
- Kotovych, O. V., 2015. Ekologo-gidrokhimichna kharakterystyka gruntovykh vod Prysamaria Dniprovskogo yak indykator stanu etalonnykh ta destruktivnykh biogeotsenoziv [Environmental hydrochemical characteristics of groundwater in Dnieper Prysamaria as state indicator of reference and destructive biogeocenoses]. Gruntoznavstvo 16(1–2), 89–101 (in Ukrainian).
- Kovda, V. A., Zyrin, N. G., Tyuryukanov, A. N., 1959. Mikroelementy v pochvakh Sovetskogo Soyuza [Microelements in the soils of the Soviet Union]. MSU, Moscow (in Russian).
- Oksiyuk, O. P., Zhukinsky, V. N., Braginsky, L. P., 1993. Kompleksnaia ekologicheskaiia klassifikatsiia kachestva poverkhnostnykh vod sushi [Integrated ecological classification of surface water quality of the land]. Gydrobiol. Journal 29(4), 62–77 (in Russian).
- Shvartsev, S. L., 1978. Gydrogeokhimiia zony gipergeneza [Hydrogeochemistry of the hypergenesis zone]. Nedra, Moscow (in Russian).
- Spravochnik po gidrokhimii, 1989 [Handbook of hydrochemistry]. Ed. A. M. Nikanorova. Gidrometeoizdat, Leningrad (in Russian).
- Travleev, L. P., 1972. K stratigrafii chetvertichnykh otlozhenij pravoberezhia Prissamarskogo statsionara [Towards the stratigraphy of quaternary deposits on the right bank of the Prissamar station]. Questions of steppe forest science 3, 51–60 (in Russian).
- Tsvetkova, N. N., 1992. Osobennosti migratsii organo-mineralnykh veshchestv i mikroelementov v lesnykh biogeotsenozakh stepnoj Ukrainy [Peculiarities of migration of organomineral substances and microelements in forest biogeocenoses of steppe Ukraine]. DSU, Dnepropetrovsk (in Russian).
- Vernadsky, V. I., 1967. Biosfera [Biosphere]. Mysl, Moscow (in Russian).
- Zhovinsky, E. Ya., Kuraeva, I. V., 2002. Geokhimiia tiazhelykh metallov v pochvakh Ukrainy [Geochemistry of heavy metals in soils of Ukraine]. Naukova dumka, Kiev (in Russian).
- Yakuba, M. S., 2005. Monitoryng umistu kadmiyu i tsynku v biogeotsenozakh zelenoi merezhi Prysamaria Dniprovskogo [Monitoring the contents of cadmium and zinc in biogeocenoses green network Prysamaria Dnieper]. Ecology and Noospherology 16(3–4), 263–271 (in Ukrainian).
- Zhovinskiy, E. Y., Kurayeva, I. V., 2002. Geokhimiya tyazhelykh metallov v pochvakh Ukrainy [Geochemistry of Heavy Metals in Soils of Ukraine]. Naukova dumka, Kiyev (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 01.11.2016

REMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS



T. A. Zamesova ✉

UDK 599: 574.4+577.15

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

INFLUENS OF MOLE RATS BURROW ACTIVITY TO RESTORE THE SOILS PROTEOLYTIC ACTIVITY IN TERMS OF THEIR MAN-MADE POLLUTION

Abstract. Heavy metals, especially their large concentration, is toxic for all living creatures because they are accumulating in the living things tissues. Theirs excessive levels evoke coagulation of proteins that cause immediate death of cells. Heavy metals get into the ground by different ways: directly because of using, precipitation, industrial pollution. Their impacts may be either time limited and have low toxicity or, alternatively, it may be long-termed and expressing the pollutants' ability to accumulate them in the body and supply chains. In the edaphotop block of land biogeocenosis most of the transformation processes begin with soil degradation ones. This leads to disruption of soil-forming process cycle of matter and biological productivity of systems. Optimization of a particular system or a block is possible only by acting on their biological relations, which is responsible for managing the system. Distortion or optimization of relations occurs with the animals environmental-forming, the component of which is animals burrow activity. As a result of it, water and chemicals are being reallocated in soil depths, thermal and aeration modes are changed, formed typical zoogenous micro relief with specific physical and chemical properties of the soil. This improves the living conditions of soil micro-organisms. Last ones are involved in soil enzyme activity forming. Enzymes involved in important biochemical processes: synthesis and humus decomposition, hydrolysis of organic compounds, the schedule remains of plants and microorganisms and converted them available to fixation, fix loose items, are actively involved in the cycling of essential elements for plants, in oxidation renewable reactions, etc. It is possible to determine the extent of microorganism's activity by means of indexes of soil proteolytic activity

Conducted studies of the impact for animals burrow activity on the soils proteolytic activity for artificial forest under conditions of heavy metal pollution. Control plots were contaminated by lead with concentrations of 32; 160; 320 mg/kg of soil, which correspond to the maximum permissible concentration of 1; 5; 10 MAC. Samples were taken at 1st, 3rd and 15th months after contamination; proteolytic activity was determined by the Mishustin application method.

Current proteolytic activity of soil is determined in vivo. It is the result of microorganism's vital functions. And in turn can be an indicator of microbial activity. Contamination of lead depressing vital functions for soil microorganisms. This effect is more noticeable in the first month after contamination. The characteristic dependence of the soil proteolytic activity on metal concentration was observed also, the higher the MPC, the lower proteolytic activity level. The

✉ Tel.: +38050-992-68-79, e-mail: tzamesova@gmail.com

DOI: 10.15421/041618

ISSN 1684-9094. Gruntoznavstvo. 2016. Vol. 17, no. 3-4

107

characteristics' dependence of soil proteolytic activity on metal concentration were also observed: the higher MPC, the lower the activity level. It was shown that on the mole rats burrows-dug with lead contaminated the medium proteolytic activity level exceeded control 1.9; 1.76 and 1.53 times respectively, at 1st; 3rd and 15th months after contamination. Based on this we can say that burrowing activity of animals inhibits inhibitory effect of heavy metals and plays an important role in the self-cleaning environment.

Keywords: mole rat, digging activity, heavy metals, soil, proteolytic activity.

УДК 599: 574.4+577.15 **Т. А. Замесова**

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38050-992-68-79, e-mail: t.zamesova@gmail.com*

ВЛИЯНИЕ РОЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛЕПЫША НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЕЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Аннотация. В условиях антропогенной деятельности наблюдается интенсивная техногенная нагрузка на окружающую среду, что приводит к обеднению и загрязнению почв. Возникает проблема поиска естественных путей для восстановления гомеостаза экосистем и биоразнообразия. В лесных биогеоценозах таким фактором может выступать роющая деятельность животных. Было показано, что в условиях загрязнения Pb и Zn на пороях слепыша протеолитическая активность почвы была выше, чем на контрольных участках.

Ключевые слова: слепыш, роющая деятельность, тяжелые металлы, протеолитическая активность почвы.

УДК 599: 574.4+577.15 **Т. А. Замесова**

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38050-992-68-79, e-mail: t.zamesova@gmail.com*

ВПЛИВ РИЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СЛІПАКА НА ВІДНОВЛЕННЯ ПРОТЕОЛІТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ҐРУНТІВ ЗА УМОВ ЇХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Анотація. При антропогенній діяльності спостерігається інтенсивне техногенне навантаження на довкілля, що призводить до збіднення та забруднення ґрунтів. Постає проблема пошуку природних шляхів для відновлення гомеостазу екосистем та біорізноманіття. У лісових біогеоценозах таким чинником може виступати рийна діяльність тварин. Було показано, що при забрудненні Pb та Zn на пориях сліпака протеолітична активність ґрунту була вищою, ніж на контрольних ділянках.

Ключові слова: сліпак, рийна діяльність, важкі метали, протеолітична активність ґрунту.

ВСТУП

Важкі метали в значній кількості токсичні для всього живого, оскільки накопичуються в тканинах живих організмів. Вони потрапляють до ґрунту різними шляхами: пряме використання, атмосферні опади, промислове забруднення, а вплив їх може бути тимчасовим і мати слабку токсичність або, навпаки, бути довгостроковим і виражатися здатністю забруднювачів концентруватися в організмах та ланцюгах живлення (Clive, 2002). В едафотопному блоці наземних біогеоценозів більшість трансформаційних процесів починається з деградації ґрунтових процесів, які ведуть до порушення ґрунтоутворення, кругообігу речовин і біопродуктивності систем. Оптимізувати ту чи іншу систему або блок можна тільки шляхом впливу на

їх біологічні зв'язки, які відповідають за управління цією системою. Порушення або оптимізація зв'язків відбувається і при середовищеутворюючій діяльності тварин, компонентом якої є рийна діяльність (Pakhomov, 1998). Внаслідок цієї діяльності відбувається перерозподіл води та хімічних речовин у товщі ґрунту, змінюється термічний режим, формується характерний зоогенний мікрорельєф зі специфічними фізико-хімічними властивостями ґрунту. Ґрунторії поліпшують умови існування ґрунтової мезофауни та мікроорганізмів, які досить вимогливі до вологості та субстрату (Zamesova, 2014; Kulbachko et al., 2011; Pakhomov, 2003; Pakhomov, Zamesova, 2000).

Мікроорганізми відіграють значну роль в утворенні ферментів та інтенсифікації ферментативної активності ґрунтів. Ферменти беруть участь у важливих біохімічних процесах: синтезі та розкладанні гумусу, гідролізі органічних сполук, розкладанні решток рослин і мікроорганізмів, та перетворенні їх у доступні для засвоєння форми, фіксують вільні елементи, беруть активну участь у кругообігах життєво необхідних для рослин елементів, в окислювально-відновних реакціях і т.п. (Kong et al., 2009; Liu et al., 2008; Melero et al., 2008). Забруднення ґрунтів важкими металами негативно відображається на її ферментативній активності.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

З метою вивчення впливу рийної діяльності сліпака (*Spalax microphthalmus* Guldenstaent) на протеолітичну активність ґрунту за умов його забруднення свинцем було закладено експериментальні ділянки в штучних насадженнях дуба на території Присамарського біосферного стаціонару. Елемент вносили у вигляді розчину PbNO_3 в бідистильованій воді. Було внесено такі концентрації свинцю: 32 мг/кг, що відповідає 1 ГДК; 160 мг/кг, що відповідає 5 ГДК; 320 мг/кг, що відповідає 10 ГДК. Для запобігання забруднення навколишніх шарів ґрунту металом було використано ізольовані ґрунтові блоки – по периметру ділянки в ґрунт вертикально поміщали пластини з інертного непроникного матеріалу. Для визначення впливу рийної діяльності сліпака на протеолітичну активність ґрунту порівнювались її показники на забруднених ділянках без пориїв (контрольні) та на аналогічних ділянках із поріями (експериментальні).

Проби відбирали через один, три та п'ятнадцять місяців після внесення в ґрунт полутанту. Протеолітичну активність ґрунту визначали аплікаційним методом (Mishustin et al., 1968) у ґрунтових викидах і ґрунтових шарах 0–10, 10–20, 20–30 см.

Отримані результати описуються розподілом Бернуллі, але при великих значеннях розподіл Бернуллі збігається із розподілом Гаусса, що суттєво спрощує статистичну обробку (Das D., Das A., 2005).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Актуальна протеолітична активність ґрунту визначається в природних умовах, є показником життєдіяльності мікроорганізмів та може виступати індикатором їх активності. Через місяць після внесення в ґрунт свинцю концентрації 1 ГДК показник протеолітичної активності ґрунту мав найменше значення в ґрунтовому шарі 0–10 см, у шарах 10–20 та 20–30 см значення були практично однакові (табл. 1). У місці порию сліпака максимальне значення протеолітичної активності було в нижньому ґрунтовому шарі, друге за значенням – у ґрунтовому викиді, третє за значенням – у шарі 10–20 см і найменше – у шарі 0–10 см. Так, у порії показник протеолітичної активності перевищував контрольний в 1,95, 1,50, 1,84 рази відповідно до шарів 0–10, 10–20, 20–30 см. При підвищенні концентрації свинцю до 5 ГДК спостерігалось збільшення показника протеолітичної активності по ґрунтовому профілю зверху донизу на контрольній та експериментальній ділянках, за винятком ґрунтового викиду. У поріях показник протеолітичної активності перевищував контрольний у 2,29, 1,80, 1,84 рази відповідно по шарах 0–10, 10–20, 20–30 см. При концентрації свинцю 10 ГДК на експериментальній ділянці він перевищував контрольний в 2,39, 1,84, 1,65 рази по шарах 0–10, 10–20, 20–30 см відповідно.

Таблиця 1

Рівень протеолітичної активності ґрунту ($\bar{x} \pm S_x$, %) через місяць після забруднення Pb					
Концентрація	Протеолітична активність, %	Ґрунтовий шар, см			
		викид	0–10	10–20	20–30
1 ГДК	Контроль	–	35,3±1,55	47,7±1,83	47,5±1,88
	Порий	77,02±2,59	68,8±2,42	71,7±2,51	87,3±2,73
5 ГДК	Контроль	–	33,2±1,60	43,3±1,73	45,4±1,91
	Порий	76,6±2,58	75,9±2,57	78,1±2,62	83,4±2,66
10 ГДК	Контроль	–	31,81,62	41,41,68	45,11,86
	Порий	75,7±2,56	75,8±2,57	76,3±2,58	74,3±2,55

Примітка. $\bar{x}$ – середнє значення; S_x – стандартне відхилення; $P < 0,05$; для кожного варіанта дослідів $n = 3$.

Через три місяці впливу металу загальний рівень протеолітичної активності ґрунту не був високим, оскільки проби відбирались в осінній період, коли життєдіяльність мікроорганізмів низька (табл. 2). На контрольній ділянці з концентрацією свинцю 1 ГДК найменший показник протеолітичної активності був у нижньому ґрунтовому шарі, а на контрольній ділянці – у ґрунтовому викиді. У місці порию він перевищував контрольний показник в 1,51, 1,07, 1,63 рази відповідно по шарах 0–10, 10–20, 20–30 см. При збільшенні концентрації до 5 ГДК показник протеолітичної активності порию перевищував контрольний в 2,13, 1,52, 1,50 рази по шарах 0–10, 10–20, 20–30 см відповідно. При 10 ГДК це співвідношення становило 3,27, 1,36, 1,85 рази відповідно по шарах 0–10, 10–20, 20–30 см.

Таблиця 2

Рівень протеолітичної активності ґрунту ($\bar{x} \pm S_x$, %) через 3 місяці після забруднення Pb					
Концентрація	Протеолітична активність, %	Ґрунтовий шар, см			
		викид	0–10	10–20	20–30
1 ГДК	Контроль	–	3,5±0,26	4,6±0,41	3,2±0,24
	Порий	4,7±0,43	5,3±0,59	4,9±0,45	5,2±0,48
5 ГДК	Контроль	–	2,4±0,20	3,1±0,22	3,4±0,25
	Порий	4,5±0,42	5,1±0,47	4,7±0,43	5,1±0,47
10 ГДК	Контроль	–	1,5±0,12	3,3±0,24	2,7±0,21
	Порий	4,3±0,40	4,9±0,45	4,5±0,42	5,0±0,46

Примітка. Див. табл. 1.

Наступний відбір проб відбувався через 15 місяців після внесення металу. Це також був осінній період із загальним низьким рівнем протеолітичної активності ґрунту, хоча трохи вищим, ніж при попередньому відборі (табл. 3).

Таблиця 3

Рівень протеолітичної активності ґрунту ($\bar{x} \pm S_x$, %) через 15 місяців після забруднення Pb					
Концентрація	Протеолітична активність, %	Ґрунтовий шар, см			
		викид	0–10	10–20	20–30
1 ГДК	Контроль	–	5,72±0,63	5,91±0,64	4,80±0,44
	Порий	7,07±0,74	9,03±0,99	9,92±1,06	9,87±1,05
5 ГДК	Контроль	–	5,42±0,60	5,71±0,63	4,70±0,43
	Порий	5,94±0,65	6,28±0,68	8,04±0,83	8,62±0,94
10 ГДК	Контроль	–	4,90±0,51	5,43±0,59	4,60±0,42
	Порий	5,12±0,56	6,31±0,69	6,69±0,71	7,12±0,76

Примітка. Див. табл. 1.

При концентрації свинцю 1 ГДК показник протеолітичної активності порию перевищував контрольний в 1,58, 1,68, 2,06 рази відповідно по ґрунтових шарах 0–10, 10–20, 20–30 см. При 5 ГДК це співвідношення становило 1,16, 1,41, 1,83 рази по

шарах 0–10, 10–20, 20–30 см відповідно. При 10 ГДК показник протеолітичної активності перевищував контрольний в 1,27, 1,23, 1,55 разу відповідно по шарах 0–10, 10–20, 20–30 см. Для контрольних ділянок характерне те, що найменші значення протеолітичної активності були в нижньому та верхньому ґрунтовому шарі.

ВИСНОВКИ

Спостерігалась характерна залежність протеолітичної активності ґрунту від концентрації металу: чим вища ГДК, тим нижчий рівень протеолітичної активності. У середньому через місяць після забруднення ґрунту свинцем у пориях сліпака рівень протеолітичної активності перевищував контрольний в 1,9 разу; через три місяці – у 1,76 разу; через п'ятнадцять місяців – у 1,53 разу. Виходячи із цього можна сказати, що рийна діяльність тварин гальмує інгібіторну дію важких металів та відіграє важливу роль у процесах самоочищення довкілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Zamesova, T. A., 2014. Proteolitychna aktyvnist gruntiv za umov diyalnosti tvaryn-gruntoryyiv [The soils proteolytic activity under conditions of soil animals]. *Agricultural Chemistry and Soil Science* 3, 280–281 (in Ukrainian).
- Kulbachko, Y. L., Pakhomov, A. Ye., Didur, O. A., 2011. Izmenchivost biomassyi dozhdevyih chervev (Lumbricidae) kak otklik bioty na razlichnyie ekologicheskie usloviya v modelnyih eksperimentah [The variability of earthworms (Lumbricidae) biomass as the biota response to different environmental conditions in model experiments]. *Dopovidi NAN Ukraine* 6, 197–202 (in Russian).
- Mishustin, Y. N., Nikitin, D. I., Vostrov, I. S., 1968. Pryamoy metod opredeleniya summarnoy proteaznoy aktivnosti pochv [The direct method for determination of summary protease activity in soils]. *Sborn. dokladov simpoziuma po fermentam pochvy. Nauka i tekhnika. Minsk*, 144–150 (in Russian).
- Pakhomov, A. Ye., 1998. Biogeotsenoticheskaya rol mlekopitayuschih v pochvoobrazovatelnyih protsesah stepnyih lesov Ukrainyi [Biogeocenotic role of mammals in soil-forming processes of forest steppe in Ukraine]. *Dnepropetrovsk* (in Russian).
- Pakhomov, A. Ye., 2003. Formirovanie pochvennoy mezofauny pod vozdeystviem royuschi mlekopitayuschih v bayrachnyih dubravah Prisamarya [Formation of soil mezofauna under the influence of burrowing mammals in Prisamaryas oak forest]. *Zoology Visnyk* 37(1), 41–48 (in Russian).
- Pakhomov, A. Ye., Zamesova, T. A., 2000. Proteoliticheskaya aktivnost pochv kak pokazatel gomeostaza edafotopa pri royuschey deyatel'nosti mlekopitayuschih v stepnyih lesah v usloviyah antropogennogo zagryazneniya [The soils proteolytic activity as an indicator of homeostasis edaphotop under burrowing mammal activity in the forest steppe in the anthropogenic pollution conditions]. *Visnyk of Dnipropetrovsk university. Biology. Ecology* 7, 55–57 (in Russian).
- Clive, A., 2002. Edwards Assessing the effects of environmental pollutants on soil organisms, communities, processes and ecosystems. *Eur. J. Soil Biol.*, 38(3-4), 225–231.
- Das, D., Das, A., 2005. *Statistic in Biology and Psychology*. Academic Publishers. 334 p.
- Kong, L., Wang, Y.-B., Zhao, L.-N., Chen, Z.-H., 2009. Enzyme and root activities in surface-flow constructed wetland. *Chemosphere* 76, 601–608.
- Liu, X.-M., Li, Q., Liang, W.-J., Jiang, Y., 2008. Distribution of soil enzyme activities and microbial biomass along a latitudinal gradient in farmland of Songliao Plain, Northeast China. *Pedosphere* 18, 431–440.
- Melero, S., Vanderlinden, K., Ruiz, J. C., Madejon, E., 2008. Long-term effect on soil biochemical status of a Vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. *Eur. J. Soil Biol.* 44, 437–442.

Стаття надійшла в редакцію: 09.12.2016

OUR LOSSES



ТРАВЛІССВ Анатолій Павлович

11.09.1929–19.09.2016

Вітчизняна і світова наука зазнала непоправної втрати. Пішов із життя видатний ґрунтознавець, класичний еколог і біогеоценолог, вчений-геоботанік, лісознавець Анатолій Павлович Травлєєв – член-кореспондент Національної академії наук України, доктор біологічних наук, професор, голова Наукової ради з проблем ґрунтознавства НАН України, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки.

Кандидатську дисертацію А. П. Травлєєв захистив у 1961 р., докторську – у 1972 р.

З 1971-го по 1992 р. А. П. Травлєєв очолював колектив кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології Дніпропетровського національного університету.

У 1992 р. А. П. Травлєєв за вагомий внесок у розвиток вітчизняної науки був обраний членом-кореспондентом НАН України, а у 2000 р. йому присвоєно почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України».

У 2008 р. його роботи були відзначені Державною премією України в галузі науки і техніки.

А. П. Травлєєв протягом 45 років був головним редактором фахового міжвузівського журналу «Питання степового лісознавства та лісової рекультиваци земель». За його ініціативою та безпосередньою участю були засновані фахові журнали «Екологія та ноосферологія» (у 1995 р.) та «Ґрунтознавство» (у 2001 р.). Він входив до складу редакційних колегій багатьох вітчизняних та іноземних наукових журналів.

Протягом 25 років А. П. Травлєєв був головою спеціалізованої вченої ради для захисту докторських та кандидатських дисертацій у Дніпропетровському національному університеті за спеціальністю «Екологія».

Понад 50 років А. П. Травлєєв керував роботою Комплексної експедиції Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара з дослідження лісів степової зони України та Молдови, а також Науково-навчальним центром ДНУ «Присамарський міжнародний моніторинговий стаціонар ім. О. Л. Бельгарда», який побудовано в середній течії р. Самари Дніпровської (с. Андріївка, Новомосковський р-н, Дніпропетровська обл.) під його безпосереднім керівництвом.

А. П. Травлєєв – заслужений професор Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара та Університету м. Кордобі (Іспанія).

А. П. Травлєєв був головою Наукової ради з проблем ґрунтознавства НАН України, заступником генерального секретаря Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків, почесним членом Докучаєвського товариства ґрунтознавців, Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків, Українського ботанічного товариства.

За ініціативою та під керівництвом А. П. Травлєєва в 1970-ті роки на відвалах вугільної промисловості в Західному Донбасі були створені експериментально-виробничі ділянки лісової рекультивації. Утворені в цих умовах конструкції штучних ґрунтів проявили високий лісорослинний ефект, а випробувані лісові культури до цього часу зберігають меліоративне та рекреаційне значення. Понад 35 років А. П. Травлєєв був головним координатором рекультиваційних робіт і куратором із питань степового лісознавства.

А. П. Травлєєв разом із О. Л. Бельгардом є засновником наукової школи «Степове лісознавство та лісова рекультивація земель», наукові здобутки якої визнані в Україні та в інших державах.

А. П. Травлєєв був організатором і науковим керівником 25 наукових конференцій, 5 українських з'їздів. Його наукові досягнення і концепції узагальнено в 8 монографіях, 225 наукових статтях, 17 навчально-методичних посібниках. Ним підготовлено 34 кандидати та 15 докторів наук.

А. П. Травлєєв був людиною багатію та щедрої душі, щирим і відданим учнем професора О. Л. Бельгарда, справжнім ученим-біогеоценологом, що безмежно любив нашу землю і керував польовими дослідженнями екологічних зв'язків між ґрунтами і рослинністю.

Читаючи лекції студентам факультету біології, екології та медицини, він усіх вражав своєю ерудицією, ораторським талантом, знанням не лише біогеоценології, геоботаніки, ґрунтознавства, але й багатьох суміжних дисциплін, а також літератури, мистецтва та музики.

Світла пам'ять про Анатолія Павловича Травлєєва, видатного вченого і людину, назавжди збережеться в серцях колег, учнів, усіх, кому довелося зустріти його на своєму життєвому шляху. Його ім'я назавжди вписано в історію та розквіт біогеоценології, ґрунтознавства, геоботаніки та екології в нашій країні.

З почуттям глибокої скорботи висловлюємо щире співчуття родині Анатолія Павловича – дружині Н. А. Біловій, сестрі Н. П. Рубан, брату Л. П. Травлєєву, їх нащадкам.

*Колектив кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології
Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара,
Наукова рада з проблем ґрунтознавства НАН України,
Відділення загальної біології НАН України,
Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків,
Українське ботанічне товариство,
редакційна колегія журналу «Ґрунтознавство»*

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, indentation – 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 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 (preferably not more than 4 persons), indicating the scientific degree and the academic status of each author;
- the full 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 (600-700 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 the 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 references every Ukrainian-language and Russian-language source should be given through the transliteration in English letters indicating the English translation in square brackets, as well as in semicircular brackets - the original source of language;
- 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 abbrevi-

ated 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 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), із зазначенням вченого ступеня та звання кожного автора;
- повна 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 (600–700 слів), повинна містити інформацію про мету, методику, результати, наукову новизну, практичну значимість, ключові слова (6–8 слів); скорочені – українською та російською мовами, в яких коротко описують результати головних 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, *retrov_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 російськомовне джерело слід подавати транслітерацією англійськими літерами із зазначенням у квадратних дужках перекладу англійською мовою, а також у напівкруглих дужках – оригінальну мову джерела;

- 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
2016. Т. 17, № 3–4

Українською, російською та англійською мовами

Засновники:

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. О. ГОНЧАРА,
ТОВ «АГЕНТСТВО «ТЕЛЕПРЕСІНФОРМ»

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 21140-10940 ПР від 19.01.15 р.

Літературне редагування та коректура В. М. Пластун
Художньо-технічне оформлення та комп'ютерна верстка В. А. Горбань

Підписано до друку 27.12.2016 р. Формат 70×108 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 14.
Замовлення № . Тираж 200 прим.
