

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. 18

no. 3–4

Scientific Journal
Founded in 2001

www.ussj.cv.ua

Kyiv – Dnipro
2017

EDITORIAL BOARD:

V. M. Zverkovsky (Editor-in-Chief); *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. Babyuk*; *N. A. Bilova*; *M. K. Chartko*; *S. G. Chornyi*; *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*; *V. I. Parpan*; *M. V. Polyakov*; *S. P. Poznyak*; *Yu. R. Shebyag-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*.

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:

Д-р біол. наук **В. М. Зверковський** (голов. редактор); акад. УЕАН, д-р біол. наук **J. M. Recio Espejo** (заст. голов. редактора, Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук **J. G. Ray** (заст. голов. редактора, Індія); акад. НАНУ, д-р біол. наук **K. M. 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. Балюк**; д-р біол. наук **Н. А. Білова**; д-р біол. наук **Gu Siyu** (Китай); д-р біол. наук **F. Gurbuz** (Туреччина); чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **Н. В. Заїменко**; 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 **E. Nevo** (Ізраїль); д-р біол. наук **В. В. Никифоров**; д-р біол. наук **М. Є. Опанасенко**; д-р біол. наук **В. І. Парпан**; д-р геогр. наук **С. П. Позняк**; 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. Созінов**; д-р біол. наук **P. C. Srivastava** (Індія); канд. техн. наук **В. С. Стогній**; д-р с.-г. наук **Д. Г. Тихоненко**; д-р біол. наук **І. Х. Узбек**; д-р біол. наук **Н. М. Цветкова**; 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 **J. M. Recio Espejo** (Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук **J. G. Ray** (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 **E. Nevo** (Ізраїль); д-р біол. наук **С. Скіба** (Польща); д-р біол. наук **P. C. Srivastava** (Індія); д-р геогр. наук **М. К. Чертко** (Білорусь).

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара
(протокол № 8 від 22.12.2016 р.)*

Адреса редколлегии: Асоціація засобів масової інформації України, вул. Івана Кудрі, 26, м. Київ, Україна; Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпро, 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, 2017
© ТОВ «Агентство «Телепресінформ», 2017

TABLE OF CONTENTS

THEORETICAL AND PRACTICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE

<i>Samokhvalova V. L., Khristenko A. O., Shedey L. O., Samokhvalova P. A., Karatsuba O. V.</i> Prediction of soil fertility considering their macronutrient status	5
<i>Savosko V. M.</i> Genesis of the idea and definition of pedogeochemical barriers of heavy metals migration	21

SOIL CHEMISTRY

<i>Skrylnik Ie. V., Tovstiy Iu. M., Popirniy M. A.</i> Optical properties of gumus acids of chernozem podzolized after applying litter and compostes on its basis	30
---	----

FOREST SOIL SCIENCE

<i>Baranovsky B. A., Ivanko I. A., Kotovych A. V., Karmyzova L. A., Roschina N. O.</i> Analysis of trophic structure of forest flora in the Oril River valley	37
<i>Symochko L. Yu., Fizer A. I.</i> Authentic soil microbial communities in primeval forest ecosystems of Uzhanskyi National Nature Park	51

LAND RECLAMATION

<i>Masyuk A. N., Gorban V. A.</i> Specific features of accumulation of humus in technozems under poplar plantations in the conditions of the Western Donbass	57
--	----

SOIL CARTOGRAPHY

<i>Solovey V. B., Zalavskiy Yu. V.</i> The use of information and communication devices in the field conditions for the large-scale mapping of the soil cover	67
---	----

TO THE AUTHORS' ATTENTION	73
--	----

З М І С Т

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПИТАННЯ ҐРУНТОЗНАВСТВА

<i>Самохвалова В. Л., Христенко А. О., Шедєй Л. О., Самохвалова П. А., Карацюба О. В.</i> Прогнозування родючості ґрунтів за їх макроелементним станом	5
<i>Савосько В. Н.</i> Генезис идеи и дефиниция педогеохимических барьеров миграции тяжелых металлов	21

ХІМІЯ ҐРУНТІВ

<i>Скрильник Є. В., Товстий Ю. М., Попірний М. А.</i> Оптичні властивості гумінових кислот чорнозему опідзоленого після внесення посліду і компостів на його основі	30
---	----

ЛІСОВЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

<i>Барановський Б. О., Іванько І. А., Котович О. В., Кармизова Л. О., Рощина Н. О.</i> Аналіз трофічної структури флори лісів долини р. Орілі	37
<i>Symochko L. Yu., Fizer A. I.</i> Authentic soil microbial communities in primeval forest ecosystems of Uzhanskyi National Nature Park	51

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

<i>Масюк О. М., Горбань В. А.</i> Особливості гумусонакопичення в техноземах під тополевыми насадженнями в умовах Західного Донбасу	57
---	----

КАРТОГРАФІЯ ҐРУНТІВ

<i>Соловей В. Б., Залавський Ю. В.</i> Використання інформаційно-комунікаційних пристроїв у польових умовах для великомасштабного картографування ґрунтового покриття	67
---	----

ДО УВАГИ АВТОРІВ	74
-------------------------------	----

THEORETICAL AND PRACTICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE



V. L. Samokhvalova¹✉ Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.
A. O. Khristenko¹ Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.
L. O. Shedey¹ Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.
P. A. Samokhvalova²
O. V. Karatsuba¹

UDK 631.41; 631.416.1;
631.811.1; 631.4.2; 631.81:504;
504.53.06:504.53.054

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

²V. N. Karazin Kharkov National University,
Svobody square, 4, Kharkiv, Ukraine, 61022

PREDICTION OF SOIL FERTILITY CONSIDERING THEIR MACRONUTRIENT STATUS

Abstract. The method for prediction of productive functions of soils, according to their macronutrient status, is grounded on the example of the total concentrations of nitrogen as biogenic macronutrient in different soil types of Polesie, Forest-Steppe and Steppe climatic zones of Ukraine including soils contaminated by heavy metals and fertilized (organic-mineral, organic and mineral system of fertilizer) soils. In the elaborated methodical approach the productive function (fertility) of different genesis soils forecasts by establishing new relationships of total nitrogen content with a humus calorific value, the energy reserves of the soil in layer up to 20 cm, the application of mathematical-statistical analysis. For example, according to the total nitrogen content as a biogenic macronutrient in accordance with the fixed gradations, with a further extension of the method algorithm for different soil types of climatic zones by the influence of technogenic pollution and technological load. The technical result of the elaborated method is to improve the known method of soil fertility prediction, considering their macronutrient status, by the selective choice of the most correlation associated, diagnostics capable of integral indicators of the energy and nitrogen status of the soil, which enhances the informativeness, accuracy and quick speed forecasting of production and ecological functions of different genesis soils with the identification of differences in ecological condition of soils for prediction and regulation of their quality. The elaborated methodological approach may find application in the assessment and ecological standardization of soil quality by chemical elements content, regulation of loads (technogenic, technological) on a soil system, in agroecology by investigating the question of soil fertility monitoring, lands certification of different purpose and use; organic farming, bioenergy and energy of soil formation; diagnosis, evaluation, determination of quality of humus and the state of the chemical elements; in environmental management of soils both for background conditions and different anthropogenic impacts and in

✉ Tel.: +38067-687-90-63, e-mail: v.samokhvalova.com@gmail.com

DOI: 10.15421/041711

research practice – investigating the biogeochemistry and nutrient macronutrients of the soil cover. Distinctive features and advantages of the proposed elaboration in comparison with known methods and approaches are: 1) express obtain of the accurate by predicted levels of total nitrogen content as a nutrient in the soil with the improving of the soil diagnosis accuracy by establishing some interconnected diagnostically suitable indicators of soils humus substances and nitrogen systems functioning, the direction of the mobilization and immobilization of nutrients (C, N) processes, the humification-mineralization and energy intensity of soils, including the negative impacts of anthropogenic pressures and degradation processes; 2) providing the opportunity for increasing effectiveness of predicting data on the functioning of the nitrogen systems of different genesis soils, environmental and energy state of soil and level of their potential fertility due to the background conditions, the application of different fertilization systems, and risk the availability of heavy metals pollution while minimizing the consumption of material resources; 3) expansion of the user's ability to determine the total nitrogen content in the soil without long-term chemical analytical research due to the choice of regression equations obtained on the basis of the use of baseline soil properties of a certain type and subtype, according to available information; 4) versatility due to suitability of installed dependencies of the proposed method for all soil types and subtypes, climatic zones and contaminants.

Key words: *soil, productive function, macronutrient, total content of nitrogen, energy capacity content, calorific value of humus, the reserves of energy in the soil layer up to 20 cm, technogenic pollution, technological load, method, prediction.*

УДК 631.41; 631.416.1;
631:811.1; 631.4.2;
631.81:504;
504.53.06:504.53.054

В. Л. Самохвалова¹ канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.
А. О. Христенко¹ канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.
Л. А. Шедей¹ канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.
П. А. Самохвалова²
О. В. Карацуба¹

¹ *Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024, тел.: +38067-687-90-63, e-mail: v.samokhvalova.com@gmail.com*

² *Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ С УЧЕТОМ ИХ МАКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТОЯНИЯ

Аннотация. Обоснован способ прогнозирования продуктивной функции почв по их макроэлементному состоянию на примере показателя общего содержания биогенного макроэлемента азота в почвах различных типов природно-климатических зон Полесья, Лесостепи и Степи Украины, загрязненных тяжелыми металлами почв и удобренных (органоминеральная, органическая и минеральная системы удобрения) почв. В разработанном методическом подходе за счет установления новых взаимосвязей содержания общего азота с теплотворной способностью гумуса, запасами энергии почвы в слое до 20 см, использования математико-статистического анализа прогнозируется продуктивная функция (плодородие) почв различного генезиса. Алгоритм способа экстраполирован на почвы различных типов и природно-климатических зон в условиях техногенного загрязнения и технологической нагрузки. Техническим результатом разработанного способа является усовершенствование известного способа прогнозирования плодородия почв, учитывая их макроэлементное состояние, за счет селективного выбора наиболее корреляционно связанных, диагностически пригодных интегральных показателей энергетического и азотного статуса почв, использованием которых обеспечивается повышение информативности, точности и экспрессности прогнозирования продукционных и экологических функций почв разного генезиса с выявлением отличий экологического состояния почв для прогноза и нормирования их качества.

Ключевые слова: *почва, продуктивная функция, макроэлементы, валовое (общее) содержание азота, энергоемкость, теплотворная способность гумуса, запасы энергии в слое до 20 см, техногенное загрязнение, технологическая нагрузка, способ, прогнозирование.*

УДК 631.41; 631.416.1;
631.811.1; 631.4.2;
631.81:504;
504.53.06:504.53.054

В. Л. Самохвалова¹
А. О. Христенко¹
Л. О. Шедей¹
П. А. Самохвалова²
О. В. Карацюба¹

канд. с.-г. наук, ст. наук. співр.
канд. с.-г. наук, ст. наук. співр.
канд. с.-г. наук, ст. наук. співр.

¹Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024,
тел.: +38067-687-90-63, e-mail: v.samokhvalova.com@gmail.com

²Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна,
пл. Свободи, 4, м. Харків, Україна, 61022

ПРОГНОЗУВАННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ЇХ МАКРОЕЛЕМЕНТНИМ СТАНОМ

Анотація. Обґрунтовано спосіб прогнозування продуктивної функції ґрунтів за їх макроелементним станом на прикладі показника загального вмісту біогенного макроелементу азоту у ґрунтах різних типів природно-кліматичних зон Полісся, Лісостепу і Степу України, забруднених важкими металами ґрунтів та інтенсивно удобрюваних (орґано-мінеральна, орґанічна та мінеральна системи удобрення) ґрунтів. У розробленому методичному підході встановленням нових взаємозв'язків вмісту загального азоту з теплотворною здатністю гумусу, запасами енергії ґрунту в шарі до 20 см та використанням математико-статистичного аналізу і математичних моделей прогнозується продуктивна функція (родючість) ґрунтів різного генезису. Алгоритм способу поширено на ґрунти різних типів та природно-кліматичних зон за умов техногенного забруднення і технологічного навантаження. Технічним результатом розробленого способу є удосконалення відомого способу прогнозування родючості ґрунтів за їхнім макроелементним станом за рахунок селективного вибору найбільш кореляційно пов'язаних, діагностично придатних інтегральних базових показників енергетичного та азотного статусу ґрунтів, використанням яких забезпечується підвищення інформативності, точності і експресності прогнозування продукційних та екологічних функцій ґрунтів різного генезису з виявленням відмінностей екологічного стану ґрунтів для прогнозу і нормування їх якості.

Ключові слова: ґрунт, продуктивна функція, макроелементи, валовий (загальний) вміст азоту, енергоємність, теплотворна здатність гумусу, запаси енергії в шарі до 20 см, техногенне забруднення, технологічне навантаження, спосіб, прогнозування.

ВСТУП

Азот, як біогенний макроелемент ґрунту, має виняткове значення у забезпеченні продовольчої та екологічної безпеки населення світу, визначає зростання продуктивності та вміст білку культурфітоценозів (Pryanishnikov, 1945; Mishustin, 1979), проте збільшуються екологічні ризики внаслідок недосконалого управління балансом азоту та використання енергії в системі ґрунт – добриво – рослина – вода (Kovda, 1985; Smil, 1985), біогенного (зокрема, евтрофікація та зміна біоценозів) та біотичного (витіснення аборигенних видів) забруднення довкілля (Mockler, Deakin, Archbold, 2016).

Відомо, що в земній атмосфері запаси азоту складають $4\text{--}6\cdot 10^{15}$ т, в осадових породах – $4\text{--}6\cdot 10^{14}$ т, у Світовому океані – $2,02\cdot 10^{13}$ т, у рослинності – $1,1\cdot 10^9$ т, у тваринному світі – $6,1\cdot 10^7$ т, у ґрунтах – $15\cdot 10^{10}$ т азоту (Orlov, 1982; Kovda, 1985).

Акумуляція азоту в ґрунті є характерною ознакою ґрунтоутворення, а запаси загального азоту ґрунту визначають його потенційну родючість. В орному шарі ґрунтів України міститься від 0,05 до 0,29 % валового азоту, що складає по масі 1,4–10,8 т/га. Найменша кількість валового азоту знаходиться в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України. Найкращі умови для накопичення азоту склалися в зоні Лісостепу, де на лесах і лесовидних суглинках, за достатньої зволоженості територій

інтенсивно розвивалася трав'яниста рослинність, яка під впливом багатовікових процесів замкненого кругообігу зумовила накопичення високого рівня вмісту азоту в орному шарі сірих лісових, темно-сірих опідзолених ґрунтів, чорноземів опідзолених і типових. У цих типах і підтипах ґрунтів вміст валового азоту в орному шарі коливається від 0,13–0,17 % (у сірих лісових і темно-сірих опідзолених ґрунтах) до 0,25–0,30 % у чорноземах типових і опідзолених, а запаси в цьому шарі досягають 4,8–10,8 т/га. Менш забезпечені азотом чорноземи типові малогумусові та чорноземи звичайні, ще менше чорноземи південні та темно-каштанові ґрунти. Забезпеченість чорноземних ґрунтів поживними речовинами змінюється залежно від їх географічного розміщення. У напрямку із заходу на схід Лісостепу вміст загального азоту в чорноземах типових збільшується від 0,13–0,17 % до 0,28–0,30 % (Nosko, 2013). Слід відмітити, що з глибиною кількість азоту в ґрунтах різко зменшується та найбільш суттєво це зменшення проявляється в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся. Найбільш «розтягнутий» профіль в чорноземах типових глибоких. Тому вміст валового азоту в шарі ґрунту до 1 м ще більше різниться, ніж кількість його в орному шарі, і перевищує останню величину в 3–4 рази (Nosko, 2013).

Окрім того, азоту належить важлива роль у процесах новоутворення гумусових речовин ґрунту (Orlov, 1990), що тісно пов'язані з трансформацією речовин та енергії.

Доведено перспективність енергетичного підходу для вирішення практичних задач із оптимізації екологічного стану ґрунтів, проведення їх комплексної оцінки та визначення напрямів еволюції (Savich, 2007).

Розроблено сучасні принципи управління ресурсами азоту (Schepers, Raun, 2008), серед базових є концепція стійкості та енергоефективності системи ґрунт – рослина як основи для розуміння та оцінки взаємодії клімату, ґрунтів і рослин з метою більш ефективного районування культурфітоценозів згідно з ґрунтово-кліматичними умовами.

Азотний режим ґрунту оцінюють за показниками, які характеризують як його стабільність, так і динамічний стан. Стійкими показниками є вміст загального азоту, його важкогідролізованих і негідролізованих сполук, що використовують за порівняльної еколого-генетичної характеристики азотного режиму різних типів ґрунтів.

Відсутність точного прогнозування екологічного стану ґрунтів на рівні типу і підтипу актуалізує необхідність подальшого пошуку та залучення нових додаткових інтегральних показників ґрунтових властивостей та, насамперед, показників енергетичного стану і продуктивної функції (родючості) ґрунтів для прогнозування рівнів вмісту макроелементів та систематизації даних з метою визначення діагностичних критеріїв оцінювання якості ґрунту за елементним (макро- та мікроелементним) складом, зокрема вмістом біогенного азоту. До того ж на сьогодні не існує універсального методу визначення вмісту азоту для всіх типів ґрунтів за використання єдиного екстрагенту, що значно ускладнює узагальнення даних щодо статусу біогенного елементу азоту в ґрунтах та знижує їхню точність.

Мета дослідження – розробити спосіб прогнозування родючості ґрунтів за їх макроелементним станом за рахунок встановлення нових закономірних зв'язків та селективного вибору найбільш кореляційно пов'язаних, діагностично придатних інтегральних базових показників енергетичного та азотного статусу ґрунтів, використання яких забезпечується підвищення інформативності, точності і експресності прогнозування продукційних та екологічних функцій ґрунтів різного генезису з виявленням відмінностей екологічного стану ґрунтів для прогнозу і нормування їх якості.

Розробку способу спрямовано на: 1) експресність отримання точних прогнозованих рівнів загального вмісту азоту, як біогенного елементу, у ґрунті з підвищенням точності ґрунтової діагностики за рахунок встановлення

взаємозалежних діагностично придатних показників функціонування систем гумусових речовин та азотних систем ґрунтів, спрямованості процесів мобілізації та іммобілізації біогенних елементів (C, N), гуміфікації – мінералізації та енергоємності ґрунтів, у тому числі за негативних впливів антропогенних навантажень та прояву деградаційних процесів; 2) забезпечення можливості отримання більшої результативності прогнозованих даних щодо функціонування азотних систем ґрунтів різного генезису, еколого-енергетичного стану ґрунтів та рівня їх потенційної родючості за фонових умов, застосування різних систем удобрення та ризику, наявності забруднення ВМ за одночасної мінімізації витрат матеріальних ресурсів; 3) розширення можливостей користувача у визначенні загального вмісту азоту у ґрунті без тривалих хіміко-аналітичних досліджень за рахунок вибору регресійних рівнянь, отриманих на основі використання базових показників властивостей ґрунтів певного типу та підтипу згідно з наявною інформацією; 4) універсальність способу для ґрунтів всіх типів і підтипів та природно-кліматичних зон і забруднювачів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розроблення способу включало:

1. Проведення патентного пошуку згідно з DSTU 3574 та DSTU 3575, формування ідеї (робочої гіпотези). Об'єкти патентного пошуку – об'єкти авторського права, які запатентовано в Україні та країнах пострадянського простору, ЄС в площині поставленої мети. Предмет пошуку – спосіб у цілому; окремі операції (етапи) способу, що є самостійним патентоспроможним об'єктом; способи їх одержання і галузь застосування; обладнання, що використовують при здійсненні способу; методичні підходи щодо прогнозування елементного статусу ґрунтів різних типів, у тому числі і за техногенного забруднення ВМ і технологічного навантаження, за використання методів математичного моделювання для прогнозу стану ґрунтів як компоненти довкілля, включаючи моделі переносу та трансформацій забруднювачів (географічні моделі) та моделі змін стану ґрунтів за впливу забруднення (екологічні моделі); методи екстраполяції та експертних оцінок. Методи досліджень – методи теоретичного аналізу, системний підхід.

2. Польовий етап – ґрунтово-геохімічні дослідження, у тому числі за умов технологічного навантаження на ґрунти Харківської, Полтавської областей та за умов сталого впливу джерел атмотехногенних емісій забруднення неорганічної природи Харківської області і промислових об'єктів Донецької області та проведення серії стаціонарних мікропольових дослідів. Об'єкти дослідження – ґрунти Полісся, Лісостепової і Степової природно-кліматичних зон України за впливу забруднення ВМ та за його відсутності. Методи досліджень – універсальні загальнонаукові методи, екосистемний та ландшафтно-геохімічні підходи.

Дослідження закономірних зв'язків макроелементного, гумусового і енергетичного стану ґрунтів різного генезису та відповідно показників ґрунтових властивостей було проведено із відбором зразків з орного (до 20 см) шару.

ґрунтово-геохімічні дослідження щодо техногенного навантаження ВМ на ґрунт проводили за умов сталого та періодичного впливу джерел поліелементного забруднення Зміївської ТЕС ПАТ «Центренерго» НАК «Енергетична компанія України» Харківської області, ВАТ «Укрцінк» і ВАТ «Авдіївський коксохімічний завод» Донецької області. Також для підтвердження ідеї за розробки нового технічного рішення було використано цифрові матеріали щодо вмісту ВМ у ґрунтах з Екологічних атласів Харківської (2005), Донецької (2007) областей.

Польові стаціонарні дослідження щодо технологічного навантаження проводили в Харківській області з вивчення ефективності впливу органо-мінеральної, органічної та мінеральної систем удобрення у встановленій ефективній кількості співвідношення комбінації ґрунтополіпшувачів із відбором ґрунтових зразків та встановленням закономірностей змін вмісту сполук азоту ґрунту на

чорноземі типовому важкосуглинковому. Досліди закладено в 1969 р. на Слобожанському дослідному полі ННЦ ІГА Харківського району Харківської області. Протягом 1969–1983 рр. триразовим внесенням високих доз мінеральних добрив (200, 400 і 600 кг/га д.р.) було створено чотири рівні (природний, середній, підвищений, високий) азотних, фосфорних, калійних і азотно-фосфорно-калійних агрохімічних фонів. На створених фонах було закладено дрібноділянкові досліди, повторність їх варіантів – триразова.

Також було використано створену інформаційну базу даних відділу агрохімії ННЦ ІГА, які містять дані літературних джерел, що характеризують родючість основних типів ґрунтів України відповідно до природно-кліматичних зон Полісся, Лісостепу і Степу.

Енергоємність чорноземних ґрунтів різного гранулометричного складу за впливу систем удобрення визначено у довгострокових польових дослідженнях у Київській (Миронівська ДС), Харківській (ДП Граково), Полтавській (Полтавська ДС) та Луганській (Луганська ДС) областях. Застосовували мінеральну, органічну та органо-мінеральну системи удобрення, які було збалансовано за внесенням основних елементів живлення, а внесення органічних і мінеральних добрив оптимальними дозами проводили за використання чинних методичних рекомендацій (Vlasiuk, Dmytrenko, 1962) відповідно до типу ґрунту і природно-кліматичних умов певної зони (Dobryva ta yikh vykorystannia, 2010).

3. Аналітичний етап – у зразках ґрунтів різних типів (дерново-підзолисті, світло-сірі, сірі, темно-сірі; чорноземи опідзолені, типові, звичайні та південні, каштанові ґрунти тощо) за лабораторно-аналітичних досліджень згідно з чинними ДСТУ та методичною базою визначили: а) загальний вміст органічної речовини – за методом Тюріна (DSTU 4289:2004); б) груповий (за модифікованим методом М. М. Кононової та Н. П. Бельчикової згідно з DSTU 7855:2015) та фракційний склад гумусу ґрунту (модифікований метод В. В. Пономарьової та Т. А. Плотникової згідно з DSTU 7828:2015); в) здійснили препаративне виділення гумусових речовин ґрунту (DSTU 7606:2014); г) питому енергоємність ґрунтів і препаратів ГК – за допомогою калориметричної установки *B – 08 МА ПУ 1.470.000* за показником питомої теплоти згорання зразків (DSTU 7866:2015); д) показники щільності будови ґрунтів за фонових умов, впливу техногенного та технологічного навантаження (DSTU ISO 11272-2001); е) загальний вміст азоту – за модифікованим методом ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (DSTU 4726:2007) для проведення зіставлення отриманих даних.

4. Камеральний етап – оцінювання екологічного стану ґрунтів за експертного оцінювання нормативно-довідкової документації, розрахунок показника загальних запасів енергії гумусу ґрунту, статистична обробка отриманих даних щодо гумусового, енергетичного стану ґрунтів, у тому числі і за впливу технологічного навантаження, техногенного забруднення ВМ за методом побудови математичних моделей.

Розрахунок показника загальних запасів енергії, що акумульовані гумусом ґрунту, як індикатора енергетичного стану ґрунту, проводили за відомою формулою Д. С. Орлова – Л. А. Гришиної (Orlov, Grishina, 1981; Orlov et al., 2004) у модифікації О. Л. Орлова (Orlov, 2002), що враховує якісний склад гумусу і теплоємність основних його фракцій:

$$Q = (19,96 \text{ ГК} + 9,16 \text{ ФК} + 17,86 \text{ ГЗ}) \times N \times d \times 10 / 100, \quad (1)$$

де Q – запаси енергії, акумульовані гумусом ґрунту, 10^6 кДж /га (або 10^3 МДж /га); 19,96 – теплота згорання гумінових кислот, кДж/г; 9,16 – теплота згорання фульвокислот, кДж /г; 17,86 – теплота згорання гуміну, кДж /г; ГК – вміст гумінових кислот, %; ФК – вміст фульвокислот, %; ГЗ – вміст гуміну, %; N – шар ґрунту, м;

d – щільність будови ґрунту, г/см³; 10 – коефіцієнт переведення в 10⁶ кДж /га; 100 – перерахування одиниць виміру показників вмісту ГК, ФК та ГЗ у відсотках.

Аналітичні числові дані щодо акумулятивної енергетичної функції гумусових речовин ґрунту (показники питомої внутрішньої енергії або теплотворної здатності гумусу; запасів енергії, що акумульовані гумусом ґрунту, макроелементного статусу за показниками загального вмісту азоту ґрунту та гумусового стану) статистично обробляли із використанням модулів кореляційного, дисперсійного, регресійного аналізів у рамках пакета *Statistica 10.0*, включаючи розрахунки за рівняннями лінійної, ступеневої і логарифмічної регресії.

Для оперативного аналізу й обробки масивів даних використано СУБД *Access 2007* із застосуванням програм мовою *Visual Basic for Applications (VBA)*. Отримана інформація оброблялася за допомогою інтегрованої з *Access 2007* програми *Microsoft Excel 2007*.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Узагальненням проведених багаторічних польових досліджень та аналізуванням отриманих даних щодо вмісту азоту у ґрунтах різного генезису різних природно-кліматичних зон України (Nosko, Yunakova, 1993; Nosko, Merkulova, Babych, 2000; Nosko, 2013; Khrystenko, Hladkikh, Yunakova, 2013) було встановлено пряму залежність між вмістом у ґрунтах загального азоту і гумусу (коефіцієнт кореляції (r)=0,92). Збільшення загального гумусу в ґрунті на 1 % зумовлює підвищення вмісту валового азоту на 0,045 %.

Відомо, що функціонування азотних систем ґрунтів є біологічно обумовленим, у зв'язку з чим важко піддається діагностуванню (Bashkin, 1987; Truskavec'kij, 2003). Основним механізмом азотного режиму ґрунту є спряжене функціонування ґрунтового мікробіоценозу, кореневої системи рослин як живої фази ґрунту і колоїдного комплексу ґрунту. Отже, для діагностування азотного режиму ґрунтів доцільно використовувати співвідношення процесів мобілізації – іммобілізації форм азоту ґрунту.

Використання показників енергоємності ґрунтів різного генезису для визначення макроелементного статусу ґрунтів обумовлено їхньою високою інформативністю та прогностичністю внаслідок тісного взаємозв'язку біогеохімії вуглецю та азоту в ґрунтах різного генезису (Kovda, 1985; Bashkin, 2008), можливістю об'єднання різних показників інтенсивності біологічних процесів ґрунту (мікробіологічна і біохімічна активність; розкладання, синтез органічних сполук тощо) у єдиних узагальнених показниках його енергетичного стану для коректного визначення спрямованості перетворень речовин і енергії в ґрунтах різного генезису.

За умов впливу поліелементного забруднення чорноземних ґрунтів ВМ порушуються процеси азотного режиму ґрунтів, що призводить до значного ускладнення визначення рівнів вмісту азоту забрудненого ґрунту існуючими способами, що знижує точність отриманих даних (Fateev, Samokhvalova, 1999; Samokhvalova, Fateev, 2001). Алгоритм нового методичного підходу, що пропонується, дає можливість отримувати достовірні величини загального вмісту азоту в ґрунті та прогнозувати родючість ґрунтів.

За результатами проведених нами досліджень щодо селективного використання показників стану азотних, вуглецевих та енергетичних систем ґрунтів встановлено підвищення ефективності прогнозування родючості ґрунтів використанням показника вмісту загального азоту ґрунту, що відображає потенційний рівень родючості ґрунту на рівні типу, характеризує забезпеченість відповідно до градації вмісту та запасів валового азоту в ґрунті.

Узагальненням отриманих результатів патентних досліджень встановлено існуючі технічні рішення щодо прогнозування екологічних та продукційних функцій ґрунтів за використання показників вмісту макроелементів. Зокрема, відомо спосіб

визначення стану азотних систем ґрунту за визначення його азот-буферних властивостей (Truskavets'kij, 2003). Спосіб передбачає систему лабораторних досліджень процесів мобілізації та іммобілізації (депонування) мінеральних форм азоту ґрунту і добрив із охопленням діапазону їх можливих перетворень за серії компостувань неудобреного ґрунту та внесення доз азотнокислого амонію з подальшим визначенням іонів нітратів і амонію та їх активностей – pNO_3 , pNH_4 . За результатами аналізу розраховують кількість іммобілізованого (депонованого) ґрунтом азоту. Відношення величин внесеного азоту добрив та вмісту його рухомих форм (мінерального азоту) в ґрунтовому розчині характеризує іммобілізаційну азот-буферну здатність ґрунту, що діагностується шляхом визначення потенційно можливого накопичення мінеральних форм азоту за рахунок багаторазового циклічного компостування одного і того ж зразку ґрунту до максимальної втрати ним здатності утворювати ці форми за рахунок мінералізаційних процесів (визначається за відсутністю подальшого накопичення нітратів). Відношення величин вилучених із ґрунту мінеральних форм азоту та їх зменшення після кожного циклу лабораторного компостування приймається за показник азот-буферної здатності в мобілізаційному (негативному) крилі буферності. Проте спосіб характеризується: 1) трудомісткістю та часовитратністю, що унеможлиблює його використання для масових аналізів; 2) зниженням функціональних можливостей його реалізації і, відповідно, ефективності його використання внаслідок низького рівня адекватності поведінки азоту в натурних (польових) умовах використання ґрунтів.

Наступний відомий спосіб прогнозування відтворення родючості ґрунту (Pat. na korysnu model 1481681 SU) заснований на встановленні енергопотенціалу ґрунту та біомаси рослин методом калориметрії, що передбачає розрахунок за формулою показника відтворення родючості ґрунту (γ) з урахуванням енергопотенціалу ґрунтів, що вкриті рослинами та без них, за період вегетації рослин. За величиною запропонованого показника прогнозують розширене ($\gamma > 1$), просте ($\gamma = 1$) відтворення родючості ґрунту або його деградацію ($\gamma < 1$). Однак недоліками способу є такі: 1) визначення інтенсивності накопичення та витрат енергії для отримання відповідних показників необхідно проводити в ґрунтах за вегетаційний період вирощування різних видів рослин, що значно збільшує трудомісткість і часовитратність реалізації способу; 2) згідно із способом прогноз розширеного відтворення родючості ґрунту є можливим за умови надходження в ґрунт всієї біомаси рослин, що практично є недосяжним та потребує урахування її відчуження, що збільшує похибку способу; 3) спосіб дозволяє прогнозування родючості лише для ґрунтів, приріст енергопотенціалу яких за вегетаційний період буде не менше 1 % вихідної величини, що звужує можливості його застосування; 4) обмеженість або неможливість використання способу внаслідок мінімуму інформації у користувача щодо енергопотенціалу ґрунтів та можливостей її отримання, що потребує значних витрат матеріальних ресурсів та часу за обов'язкового урахування всіх «носіїв» енергії ґрунту.

Відомо інший спосіб прогнозування динаміки змін вмісту гумусу в ґрунті (Pat. na korysnu model 1471172 SU), що включає щорічне визначення загального вмісту гумусу у шарі ґрунту до 40 см та вмісту нітратів у шарі до 300 см. За збільшенням відношення вмісту нітратів до вмісту гумусу в ґрунті констатують негативний напрям процесу формування родючості ґрунту та необхідність застосування відповідних агрозаходів. Встановленими нами недоліками способу є такі: 1) використані показники ґрунтових властивостей для вирішення задачі прогнозування, внаслідок практично відсутнього зв'язку між умістом гумусу та рухомих мінеральних сполук азоту ґрунту, мають недостатню інформативність, що призводить до значного зниження точності визначення прогнозованих значень характеристик ґрунту; 2) трудомісткість виконання способу і не підтверджена доцільність визначання нітратів у шарі ґрунту до 3 м; 3) використання самого

діагностичного показника вмісту гумусу в ґрунті ($C_{\text{заг}}, \%$), має похибку визначення в 15–20 %, що призводить до зниження точності встановлення прогнозованих значень характеристик ґрунту та, крім того, не враховується просторова та часова (1–3 роки) мінливість вмісту вуглецю з діапазоном коливань ($\pm 0,2\text{--}0,5$) % абс. при значному впливі на його значення метеорологічних умов року, кількості рослинних решток у ґрунті тощо (Smirnov, Muravin, 1981).

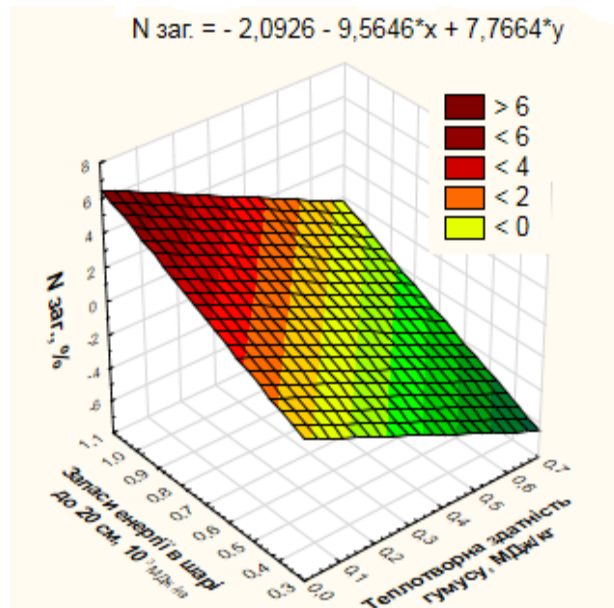
Найбільш близьким за механізмом реалізації і результатом, що досягається, є спосіб визначення потенціальної родючості ґрунтів за показником питомої внутрішньої енергії (Pat. na korysnu model 9282 UA). Спосіб базується на спалюванні підготовленої суміші зразку ґрунту з глюкозою у масовому співвідношенні 1:1 у калориметричному приладі та обчисленні показника питомої теплоти згорання за значенням підвищення температури калориметричної системи з врахуванням теплоємності глюкози із балансу теплоємності калориметричної системи. Спосіб дає можливість підвищити достовірність визначення потенціальної родючості ґрунтів за удосконалення заходів для зниження витрат при вирощуванні рослин. Проте недоліком способу є те, що використання лише показника питомої внутрішньої енергії ґрунту певного типу для точного визначення потенційної його родючості є недостатнім та потребує обов'язкового додаткового визначення запасів енергії в орному шарі ґрунту для отримання повного інтегрального показника енергоємності ґрунту. Для підвищення точності прогнозування родючості ґрунтів різного генезису необхідно додаткове встановлення закономірних зв'язків показників якості ґрунтів за показниками вуглецевого (гумусового) стану, енергетичного та азотного стану, що обумовлено тісним зв'язком між вмістом макроелементів у ґрунтах, а саме тим, що 70–90 % азоту ґрунту (основна частина біогенного елементу) входить до складу специфічних гумусових речовин; 10–30 % – до складу «неспецифічних» органічних речовин; близько 1 % загального вмісту азоту – знаходиться у складі мінеральних солей у ґрунті (Tyurin, 1965), середній вміст азоту складає 1/20 частину вмісту гумусу ґрунту (Gamzikov, 1981). Крім того, вміст основних макроелементів ґрунту значно впливає на рухомість і транслокацію мікроелементів у суміжні з ґрунтом середовища.

Розроблений алгоритм запропонованого нами методичного підходу включає таке: відбір зразків, визначення теплотворної здатності гумусу, за якою визначають потенційну родючість ґрунтів; додаткове визначення загального вмісту гумусу за методом Тюріна, фракційно-групового складу гумусу за методом Пономарьової–Плотникової, запасів енергії ґрунту в шарі до 20 см за формулою Орлова; математико-статистичну обробку отриманих даних з встановленням існуючих залежностей за регресійними рівняннями для ґрунтів різних типів; визначення потенційної родючості ґрунту за отриманими точними значеннями загального вмісту макроелементу – азоту та встановленими градаціями його забезпечення – низька, середня, підвищена, висока (відповідно до $< 0,1$; $0,11\text{--}0,2$; $0,21\text{--}0,3$; $> 0,3$ у відсотках), з подальшим поширенням алгоритму способу на ґрунти різних типів певної природно-кліматичної зони за умов техногенного забруднення і технологічного навантаження.

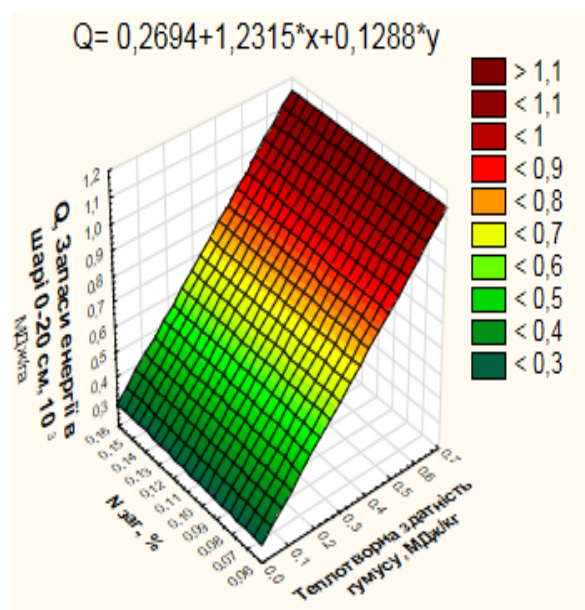
Результатом реалізації розробленого алгоритму отримуємо числові дані азотного, гумусового та енергетичного стану ґрунту. Всі отримані результати та відомі довідкові дані показників властивостей ґрунту певного типу вносимо в базову табл. 1. Далі розраховуємо показник загальних запасів енергії, що акумульовані гумусом ґрунту, як індикатора його енергетичного стану, за відомою формулою Орлова, що враховує якісний склад гумусу і теплоємність основних його фракцій.

Отримані результати розрахунку показника енергоємності ґрунту за формулою також вносимо в табл. 1 та використовуємо як базову для подальших розрахунків вмісту загального азоту в залежності від показників гумусового стану та енергоємності ґрунтів (теплотворна здатність гумусу, запаси енергії ґрунту в шарі до 20 см) за фонових умов, технологічного навантаження і техногенного забруднення ВМ. Після статистичної обробки даних (кореляційний, дисперсійний, регресійний

аналіз) одержуємо відповідні регресійні рівняння з подальшою візуалізацією результатів на діаграмах відповідного формату (рис. 1, а, б).



а



б

Рис. 1. Візуалізовані моделі встановлених залежностей показників енергетичного стану ґрунту та рівнів вмісту біогенного азоту (а – рівняння регресії щодо визначення загального вмісту азоту згідно з встановленими запасами енергії у шарі до 20 см та теплотворною здатністю гумусу ґрунту; б – рівняння регресії щодо визначення запасів енергії у шарі до 20 см за показниками вмісту загального азоту та теплотворною здатністю гумусу ґрунту)

На основі отриманих регресійних рівнянь, зокрема для чорнозему типового, визначають прогнозовані значення вмісту загального азоту:

$$C_{N \text{ загальний}} = 0,12 - 0,7662 \cdot x + 0,4166 \cdot y; \quad (2)$$

$$C_{N \text{ загальний чорнозем типовий}} = 0,12 - 0,7662 \cdot 0,91 + 0,4166 \cdot 2,25 = 0,36;$$

$$C_{N \text{ загальний фактичний}} = 0,36,$$

де $C_{N \text{ загальний}}$ – розрахунковий загальний вміст азоту у ґрунті, %;

x – теплотворна здатність гумусу ґрунту, МДж/кг;

y – запаси енергії в шарі до 20 см ґрунту певного типу, 10^3 МДж/га за формулою

Орлова

з одночасним визначенням точності отриманих числових значень загального вмісту азоту у ґрунті за розрахунку стандартної похибки оцінки, яка для показника $C_{N \text{ загальний}}$ становила 0,037, що підтверджує високу точність розрахункових значень вмісту азоту в ґрунті.

Визначенням закономірних зв'язків між показниками макроеlementного та енергетичного статусу, зокрема загальним вмістом азоту у ґрунтах різного генезису та показниками їх енергоємності (базові показники властивостей, що визначають генетичну належність ґрунту), реалізується можливість оперативного переходу від одних інформативних показників до інших із одночасним спряженим кількісним діагностуванням і оцінюванням інтенсивності ґрунтових процесів, тим самим можливістю прогнозувати стан родючості ґрунтів. Для зручності користувача за відомою формулою та отриманими даними було визначено загальні запаси азоту в шарі ґрунту до 20 см.

Поширюючи алгоритм способу на інші типи ґрунтів, аналогічно за регресійними рівняннями розраховуємо прогнозований загальний вміст азоту в ґрунтах різного генезису за умов технологічного навантаження та техногенного забруднення ВМ з одержанням відповідних рівнянь залежностей та внесенням результатів розрахунків у табл. 2. Таким чином, на основі встановлених закономірних зв'язків доведено взаємозалежність рівня енергоємності ґрунту та загального вмісту азоту і доцільність їхнього використання за фонових умов, впливу технологічного і техногенного навантаження. Отримані прогнозовані дані щодо загального вмісту азоту у найбільш поширених в Україні ґрунтах різних типів та підтипів (табл. 2) свідчать про універсальність встановлених рівнянь та ефективність їхнього використання для точного прогнозування родючості ґрунтів різного генезису, що об'єднані в ряди за ознакою переважання ґрунтового процесу. Наприклад, ґрунти опідзоленого ряду (процес опідзолення) – дерново-підзолисті, ясно-сірі, сірі опідзолені та темно-сірі тощо; акумулятивного ряду (дерновий процес) – чорноземи типові, звичайні і південні тощо. Зокрема, розрахункові величини загального вмісту азоту в ґрунтах опідзоленого ряду за фонових умов становлять 0,13–0,15 %; за технологічного навантаження – 0,16 %; за техногенного забруднення – 0,06 %. Таким чином, отримуємо дані щодо стану азотних систем ґрунтів різного генезису за урахування їхньої енергоємності.

Діагностичну ефективність прогнозування вмісту азоту та спрямованості процесів мобілізації та іммобілізації (депонування) азоту у ґрунтах підтверджено, зокрема для ґрунтів опідзоленого ряду, відповідними математичними рівняннями (рис. 1). Одночасно забезпечується можливість визначення родючості ґрунтів за вирішення зворотної задачі розрахунку кількісних параметрів одного показника на підставі кореляційно пов'язаних з ним відомих інших (рис. 1, а, б). Тобто запропоноване рішення розширює та полегшує можливості користувача у визначенні загального вмісту азоту в ґрунті без тривалих хіміко-аналітичних досліджень за рахунок вибору відповідних математичних рівнянь, отриманих на основі наявних даних. Окрім того, для підтвердження достовірності отриманих розрахункових даних на тих самих ґрунтах було додатково проведено визначення фактичного вмісту азоту

Таблиця 1

Вихідні дані гумусового, азотного та енергетичного стану ґрунтів, щільності їх будови за фонових умов та впливу антропогенних навантажень										
Показники родючості ґрунтів різного генезису	Гумусовий стан				Родючість (потенційна) ґрунту	Азотний стан		Енергосміність ґрунту		
	C _{заг} , %	C _{гк} , %	C _{фк} , %	ГЗ, %		d, г/см ³	Фактичний загальний вміст N, %	Запаси N у шарі ґрунту до 20 см, т/га	Теплотворна здатність гумусу, МДж/кг	Q, запаси енергії в шарі до 20 см, 10 ³ МДж/га
1. За відсутності навантажень (фонові умови)										
Дерново-підзолистий	0,9	0,17	0,2	0,53	1,5	низька	0,07	2,1	0,106	0,44
Чорнозем опідзолений	2,44	1,0	0,31	1,13	1,2	підвищена	0,21	5,04	0,820	1,03
Чорнозем звичайний	3,9	1,25	0,7	1,95	1,1	підвищена	0,24	5,28	0,900	1,46
Чорнозем типовий	4,8	1,75	0,6	2,45	1,2	висока	0,36	8,64	1,200	2,02
2. За впливу техногенного навантаження (забруднення ВМ)										
Чорнозем опідзолений забруднений	1,9	0,2	0,4	1,3	1,21	підвищена	0,20	4,84	0,650	0,74
Чорнозем звичайний забруднений	2,08	0,38	0,5	1,2	1,22	підвищена	0,23	5,61	0,790	0,82
3. За впливу технологічного навантаження (застосування систем удобрення)										
Чорнозем опідзолений (мінеральна система удобрення)	2,38	0,93	0,29	1,16	1,2	підвищена	0,22	5,28	0,800	1,00
Чорнозем опідзолений (органомінеральна система удобрення)	2,46	0,99	0,30	1,17	1,2	підвищена	0,24	5,76	0,980	1,04

Таблиця 2

Розраховані та фактичні параметри макроселементного статусу ґрунтів різних типів за фонових умов та впливу антропогенних навантажень									
Прогнозований / фактичний* вміст загального азоту у ґрунтах									
Груповий склад сполук N ґрунту		опідзоленого ряду			опідзоленого ряду			опідзоленого ряду	
		Ясно-сірий	Темно-сірий	Звичайний	Темно-сірий	Чорнозем опідзолений	Чорнозем типовий	Дерново-підзолистий	Чорнозем звичайний
За відсутності навантажень на ґрунт (фонові умови)		За впливу систем удобрення (технологічне навантаження)			За впливу систем удобрення (технологічне навантаження)			За впливу забруднення ВМ (техногенне навантаження)	
C _{N загальний} , %	0,13 / 0,14*	0,15 / 0,15*	0,36 / 0,36*	0,24 / 0,24*	0,16 / 0,17*	0,22 / 0,23*	0,06 / 0,06*	0,20 / 0,20*	0,21 / 0,23*

* Фактичний вміст C_{N загальний}

згідно з чинними нормативними та методичними документами. Результати зіставлення отриманих розрахункових даних з даними фактичного вмісту азоту у ґрунтах свідчать про їхню високу відповідність та точність (табл. 2). Отже, узагальненням отриманих даних щодо вмісту загального азоту ґрунту, показників енергоємності ґрунтів різних типів доведено доцільність їх використання як інформативних критеріїв для прогнозування родючості ґрунтів за макроелементним станом, чим забезпечується його технічний результат – підвищення точності та експресності визначення загального вмісту азоту як біогенного елемента ґрунтів різних типів, у тому числі під впливом антропогенних навантажень.

Новий методичний підхід може знайти застосування в оцінюванні та екологічному нормуванні якості ґрунтів за вмістом хімічних елементів, нормуванні навантажень (техногенних, технологічних) на ґрунтову систему, агроекології за вирішення питань моніторингу родючості ґрунтів, паспортизації земель різного призначення та використання; органічного землеробства, біоенергетики і енергетики ґрунтоутворення; діагностики, оцінювання, визначення якості гумусу і стану хімічних елементів; екологічного менеджменту ґрунтів як за фонових умов, так і за різних антропогенних впливів та у науково-дослідній практиці за дослідження біогеохімії та біогенних макроелементів ґрунтового покриву.

ВИСНОВКИ

Розроблено спосіб прогнозування родючості ґрунтів за їх макроелементним станом (Pat. на korysnu model 120082 UA) за рахунок селективного вибору найбільш кореляційно пов'язаних, діагностично придатних інтегральних базових показників енергетичного та макроелементного статусу ґрунтів (зокрема, вмістом загального азоту як біогенного елемента ґрунту), використанням яких забезпечується підвищення інформативності, точності і експресності прогнозування якості ґрунтів різного генезису з можливістю поширення алгоритму способу на ґрунти різних типів певної природно-кліматичної зони за умов техногенного забруднення і технологічного навантаження.

Відмінними рисами та перевагами запропонованого технічного рішення, у порівнянні з відомими способами та підходами, є такі: 1) експресність отримання точних прогнозованих рівнів загального вмісту азоту як біогенного елемента у ґрунті з підвищенням точності ґрунтової діагностики за рахунок встановлення взаємозалежних діагностично придатних показників функціонування систем гумусових речовин та азотних систем ґрунтів, спрямованості процесів мобілізації та іммобілізації біогенних елементів (C, N), гуміфікації – мінералізації та енергоємності ґрунтів, у тому числі за негативних впливів антропогенних навантажень та прояву деградаційних процесів; 2) забезпечення можливості отримання більшої результативності прогнозованих даних щодо функціонування азотних систем ґрунтів різного генезису, еколого-енергетичного стану ґрунтів та рівня їхньої потенційної родючості за фонових умов, застосування різних систем удобрення та ризику і наявності забруднення ВМ за одночасної мінімізації витрат матеріальних ресурсів; 3) розширення можливостей користувача у визначенні загального вмісту азоту у ґрунті без тривалих хіміко-аналітичних досліджень за рахунок вибору регресійних рівнянь, отриманих на основі використання базових показників фізичних та хімічних властивостей ґрунтів певного типу та підтипу згідно з наявною інформацією; 4) універсальність завдяки придатності встановлених залежностей запропонованого способу для ґрунтів всіх типів і підтипів та природно-кліматичних зон і забруднювачів.

Окрім положення способу стали складовою пропозицій, поданих у 2017 р. до Міністерства екології та природних ресурсів України, де опрацьовувались матеріали з адаптації до Нітратної Директиви Ради ЄС 91/676/ЄЕС від 12.12.1991 р. про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел, із

змінами і доповненнями, внесеними Регламентом ЄС №1882/2003 *Cross Nitrogen Balances Handbook* (лист №575/1-04 від 23.06.2017).

* * *

Автори висловлюють щире подяку патентному повіреному ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» науковому співробітнику В. М. Горякіній за ефективне сприяння та дієву допомогу в підготовці документації щодо розроблення нового технічного рішення та його інформаційно-аналітичного супроводження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Bashkin, V. N., 1987. *Agrogeohimiya azota* [Agrogeochemistry of nitrogen]. ONTI NCBI, Pushchino (in Russian).
- Bashkin, V. N., 2008. *Biogeochemiya* [Biogeochemistry: scientific edition]. Vyssh. Shk., Moscow (in Russian).
- Dobryva ta yikh vykorystannia, 2010 [Fertilizers and their use: A Handbook]. Aristey, Kyiv (in Ukrainian).
- Fateev, A. I., Samokhvalova, V. L., 1999. Supply of nitrogen in agricultural cultures in condition of polyelement pollution of soil by the heavy metals. Collection of Papers by Ukrainian Members of ESSC, Kharkiv. 42–46.
- Gamzikov, G. P. 1981. *Azot v zemledelii Zapadnoj Sibiri* [Nitrogen in the Agriculture of Western Siberia]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Khrystenko, A. O., Hladkikh, Ye. Yu., Yunakova, T. A., 2013. Otsinka azotnoho stanu gruntiv i rivnya zabezpechenosti roslin azotom khimichnymi metodamy [Assessment of the nitrogen state of soils and the level of plant nutrition by nitrogen chemical methods]. *Visnyk ahraryoi nauky* 12, 17–20 (in Ukrainian).
- Kovda, V. A., 1985. *Biogeochemiya pochvennogo pokrova* [Biogeochemistry of soil cover]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Mishustin, E. N., 1979. *Krugovorot i balans azota v sisteme pochva – udobrenie – rastenie – voda* [Rotation and balance of nitrogen in the soil – fertilizer – plant – water system]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Mockler, E. M., Deakin, J., Archbold, M., Daly, D., Bruen, M., 2016. Nutrient load apportionment to support the identification of appropriate water framework directive measures. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* 3, 245–263.
- Nosko, B. S., 2013. *Azotnyy rezhym gruntiv i yoho transformatsiya v ahroekosystemakh* [The Nitrogen Regime and its transformation in the Agroecosystems]. Mis'kdruk, Kharkiv (in Ukrainian).
- Nosko, B. S., Merkulova, E. L., Babych, E. V., 2000. *Vynos elementov pytanyya ozymoy pshenytesy yz chernozema typychnoho v zavysymosti ot systemy udobrenny* [Carrying out of elements of a food by a winter wheat from chernozem typical depending on system of fertilizers]. *Ahrokhymyya* 2, 45–53 (in Russian).
- Nosko, B. S., Yunakova, T. A., 1993. *Ahrokhymycheskaya y ahroekologhycheskaya otsenka efektyvnosti udobrenny na chernozeme typychnom* [Agrochemical and agroecological assessment of the effectiveness of fertilizers on chernozem typical]. *Ahrokhymyya* 3, 61–67 (in Russian).
- Orlov, D. S., 1990. *Gumusovyye kisloty pochv i obschaya teoriya gumifikatsii* [Soil humus acids and general theory of humification]. MGU, Moscow (in Russian).
- Orlov, D. S., Birjukova, O. N., Rozanova, M. S., 2004. *Dopolnitelnye pokazateli gumusnogo sostojaniya pochv i ih geneticheskikh gorizontov* [Additional indicators of the humus status of soils and their genetic horizons]. *Eurasian Soil Science* 8, 918–926 (in Russian).
- Orlov, D. S., Grishina, L. A., 1981. *Praktikum po himii gumusa* [Workshop on humus chemistry]. MGU, Moscow (in Russian).
- Orlov, D. S., Lozanovskaya, I. N., 1982. *Azot pochvy: strategiya i taktika* [Nitrogen of soil: strategy and tactics]. *Himiya i zhizn* 3, 27–30 (in Russian).
- Orlov, O. L., 2002. *Enerhoiennist yak kryterii humusovoho stanu gruntiv* [Energy intensity as a criterion of soil humus]. *Bulletin of Lviv NU. Biology Series* 31, 111–115 (in Ukrainian).
- Pat. na korysnu model 120082 UA, 2017. *Sposib prohnozuvannya rodyuchosti gruntiv za yikh makroelementnym stanom* [Method of forecasting of soil fertility by their macroelement state]. V. L. Samokhvalova, A. O. Khrystenko, L. O. Shedei, P. A. Samokhvalova, O. V. Karatsyuba, № u201703324; publ. 25.10.2017; Byul. 20 (in Ukrainian).

- Pat. na korysnu model 1471172 SU 1989. Sposob prognozirovaniya dinamiki izmeneniya soderzhaniya gumusa v pochve 1989. [Method for predicting the dynamics of changes in humus content in soil] A. N. Yumagulova, V. S. Kuchеров. № 3818486/30-63; appl 03.12.1984; publ 07.04.1989; Byul.13 (in Ukrainian).
- Pat. na korysnu model 1481681 SU A1, 1989. Sposob prognozirovaniya vosproizvodstva plodorodiya pochvy [Method for predicting the reproduction of soil fertility] V. M. Volodin, A. E. Fedorchenko, L. I. Biryukova, R. F. Eremina, № 1481681; appl. 12.02.1987; publ. 23.05.1989, Byul. 19 (in Ukrainian).
- Pat. na korysnu model 9282 UA, 2005. Sposib vyznachennya potentsial'noyi rodyuchosti gruntiv. [Method for determining the potential fertility of soils] O. Yu. Nesmashna, Yu. O. Tararyko, N. O. Andryeyeva, I. D. Zholudeva, V. V. Koval'ov, № 200502112 appl 09.03.2005; publ. 15.09.2005, Byul. 9 (in Ukrainian).
- Patentni doslidzhennya. Osnovni polozhennya ta poryadok provedennya [Patent researches are the Substantive provisions and order of realization] : DSTU 3575-97. [Chynnyy vid 1998.01.01.]. Kyiv, Derzhstandart Ukrayiny, 1998 (Nacionalnyj standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Patentnyj formulyar. Osnovni polozhennya. Poryadok skladannya ta oformlennya [Patent formular. Substantive provisions. Order of stowage and registration] : DSTU3574-97. [Chynnyy vid 1998.01.01.]. Kyiv, Derzhstandart Ukrayiny, 1998 (Nacionalnyj standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Pryanishnikov, D. N., 1945. Azot v zhizni rasteniy i zemledelii SSSR [Nitrogen in plants and agriculture of the USSR]. AN SSSR, Moscow (in Russian).
- Samokhvalova, V. L., Fateev, A. I., 2001 Vozdejstvie poliehlementnogo zagryazneniya pochvy tyazhelymi metallami na balans azota v sisteme udobrenie-pochva- rastenie [The effect of polyelement contamination of soil by heavy metals on the nitrogen balance in the fertilizer-soil-plant system]. Book 3. Minsk, 164–166 (in Russian).
- Savich, V. I., Syichev, V. G., Nikolskiy, Yu. V., Zamaraev, A. G., Syunyaev, N. K., 2007. Energeticheskaya otsenka plodorodiya pochv [Energy assessment of soil fertility]. VNIIA. Moscow (in Russian).
- Schepers, J. S., Raun, W. R., 2008. Nitrogen of Agricultural Systems. Agronomy Monograph 49. USA. 947 p.
- Smil, V., 1985. Carbon-nitrogen-sulfur (Modern perspectives in energy): Human Interference in Grand Biospheric Cycles. USA, Plenum press, New York. 412 p.
- Smirnov, P. M., Muravin, E. A., 1981. Agrohimiya [Agrochemistry]. Kolos, Moscow (in Russian).
- Truskavec'kij, R. S., 2003. Buferna zdattist' runtiv ta ih osnovni funkciï [Soil buffer capacity and their main functions]. Nove slovo, Kharkiv (in Ukrainian).
- Tyurin, I. V., 1965. Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego rol v plodorodii [Organic matter of the soil and its role in fertility]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Vlasyuk, P. A., 1962. Dovidnyk ahronoma po udobrennyu [Handbook of Fertilizer Agronomist]. Derzhsil'hospvydav, Kyiv (in Ukrainian).
- Yakist' gruntu. Metody vyznachennya orhanichnoyi rechovyny [The soil quality. Methods for determination of organic matter]: DSTU 4289:2004. [Chynnyy vid 2005-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2005. 14 s. (Natsional'nyy standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Yakist' gruntu. Preparatyvne vydilennya humusovykh rechovyn gruntu [The soil quality. Preparation of soil humus substances]: DSTU 7606:2014. [Chynnyy vid 2015-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2014. 13 s. (Natsional'nyy standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Yakist' gruntu. Vyznachennya enerhetychnoho potentsialu gruntu kalorymetrychnym metodom [The soil quality. Determination of the energy potential of soil by calorimetric method]: DSTU 7866:2015. [Chynnyy vid 2016-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2015. 13 s. (Natsional'nyy standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Yakist' gruntu. Vyznachennya hrupovoho skladu humusu za metodom Tyurina v modyfikatsiyi Kononovoyi ta Byel'chikovoyi [The soil quality. Determination of humus group composition by Tyurin method in modification of Kononova and Belchikova]: DSTU 7855:2015. [Chynnyy vid 2016-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2015. 13 s. (Natsional'nyy standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Yakist' gruntu. Vyznachennya hrupovoho ta fraktsiynoho skladu humusu za metodom Tyurina u modyfikatsiyi Ponomar'ovoyi ta Plotnykovoyi [The soil quality. Determination of the group and fractional composition of humus by the Tyurin method

- in the modification of Ponomarevoj and Plotnikovej]: DSTU 7828:2015. [Chynnyy vid 2016-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2015. 13 s. (Natsional'nyy standart Ukrainy) (in Ukrainian).
- Yakist' gruntu. Vyznachennya shchil'nosti skladennya na sukhu masu [The soil quality. Determination of drying density on dry weight]: DSTU ISO 11272-2001. [Chynnyy vid 2003-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 12 s. (Natsional'nyy standart Ukrainy) (in Ukrainian).
- Yakist' gruntu. Vyznachennya zahal'noho azotu v modyfikatsiyi NNTs IHA imeni O. N. Sokolovs'koho [The soil quality. Determination of total nitrogen in the modification of the NSC IGA named after O. N. Sokolovsky]: DSTU 4726:2007. [Chynnyy vid 2008-01-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2008. 14 s. (Natsional'nyy standart Ukrainy) (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 25.11.2017

THEORETICAL AND PRACTICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE



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

UDK 631.4

*Kyryvi Rih State Pedagogical University,
Gagarin Avenue, 54, Kyryvi Rih, Ukraine, 50086*

GENESIS OF THE IDEA AND DEFINITION OF PEDOGEOCHEMICAL BARRIERS OF HEAVY METALS MIGRATION

Abstract. The aims of this study were to consider the genesis's idea «geochemical barriers» and to invite a definition for «pedogeochemical barriers» by example of heavy metals' migration. Object of this study – scientific publications that show the results of heavy metals' content and distribution in soils. The concept of geochemical barriers was formulated by A. I. Perelman in 1961. At first ideas of this concept have been used for: 1) ordering of the geochemical conditions at hypergenesis zone, 2) justification the concept of geochemical field; 3) mathematical modeling of geochemical processes, 4) effective mineral exploration. With the passage of time, this concept has become successfully implemented in lithology, hydrogeology, soil science, geochemistry environment. In the XXI century geochemical barriers used in the development of rehabilitation technology of contaminated lands and limit the spread of pollutants. The concept of geochemical barriers began to be used in soil science, through the work of V. A. Kovda (1972), A. A. Rode (1975), M. A. Glazovskaj (1988). Later, the list of researchers who used this idea in their works has increased significantly. However, these researchers: 1) was performed a mechanical transfer this idea from geochemistry to soil science, 2) use this idea mainly for environmental protection, 3) used exclusively of the geochemistry methodology and of the geochemistry classification schemes. As for soil science the best analogue of «geochemical barriers» should recognize the term «pedogeochemical barriers». An essence pedogeochemical barrier, in our opinion, is as follows. In hypergenesis zone the geochemical barriers act as «situational and contrast» phenomenon. In soil profile the pedogeochemical barriers act as «substation and reaction» phenomenon. We are supposed to that the soil profile is a multiaspect complex of pedogeochemical barriers. At that some of them can be localized within several soil horizons. At the same time, several such barriers can be located in one soil horizon. Therefore, in the refined form, a pedogeochemical barrier should be understood as part of the soil profile, where, as a result of the formation of special conditions for substitution-reaction interactions, the accumulation of certain chemical elements occurs. Designed by A. I. Perelman's doctrine of geochemical barriers has found a varied and successful application in geochemistry, geology, lithology, mineralogy, and in other contiguous sciences. At present, the ideas of this exercise are very important for a fundamental understanding of the biogeochemical functions of the pedosphere as the theoretical basis for preserving the biosphere and improving the soil in conditions of modern technogenesis. In our understanding, the pedogeochemical barrier is part of the soil profile, where, as a result of the formation of special conditions for substitution-reaction interactions, the accumulation of certain chemical elements occurs. In further studies it is expedient to consider:

✉ Tel.: +38067-985-25-70, e-mail: savosko1970@gmail.com

DOI: 10.15421/041712

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2017. Vol. 18, no. 3–4

21

mechanisms of action, typology, parameters of pedogeochemical barriers, and also to analyze these parameters on the example of heavy metals in chernozems of ordinary and southern.

Key words: soil, heavy metals, geochemical barriers, pedogeochemical barriers.

УДК 631.4

В. М. Савосько

канд. біол. наук, доц.

*Криворізький державний педагогічний університет,
пр. Гагаріна, 54, м. Кривий Ріг, Україна, 50086,
тел.: +38067-985-25-70, e-mail: savosko1970@gmail.com*

ГЕНЕЗИС ІДЕЇ ТА ДЕФІНІЦІЯ ПЕДОГЕОХІМІЧНИХ БАР'ЄРІВ МІГРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Анотація. На підставі аналізу результатів власних досліджень та узагальнення даних наукових публікацій проаналізовано сучасні погляди щодо поняття «геохімічний бар'єр», а також розглянуто інвазію цього поняття в ґрунтознавство. Зроблено висновок, що концепція геохімічних бар'єрів надзвичайно актуальна для сучасного ґрунтознавства. Однак спроби її впровадження носили зовнішній механічний характер і тому були малорезультативні. Сутність і особливість педогеохімічних бар'єрів полягає в принципі їх дії. Вони проявляються як «субстанційно-реакційний феномен», а класичні геохімічні бар'єри – як «ситуаційно-контрастний феномен». У подальших дослідженнях доцільно розглянути: механізми дії, типологію, параметри педогеохімічних бар'єрів, а також проаналізувати ці параметри на прикладі важких металів у чорноземах звичайних і південних.

Ключові слова: ґрунт, важкі метали, геохімічні бар'єри, педогеохімічні бар'єри.

УДК 631.4

В. Н. Савосько

канд. биол. наук, доц.

*Криворожский государственный педагогический университет,
пр. Гагарина, 54, Кривой Рог, Украина, 50086,
тел.: +38067-985-25-70, e-mail: savosko1970@gmail.com*

ГЕНЕЗИС ИДЕИ И ДЕФИНИЦИЯ ПЕДОГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация. На основании анализа результатов собственных исследований и обобщения данных научных публикаций рассмотрены взгляды на понятие «геохимический барьер» и проанализирована инвазия этого понятия в почвоведение. Сделано заключение, что концепция геохимических барьеров чрезвычайно актуальна для современного почвоведения. Однако попытки ее внедрения носили внешний механический характер и поэтому были малорезультативны. Сущность и особенность педогеохимических барьеров заключается в принципе их действия. Они проявляются как «субстанционно-реакционный феномен», а классические геохимические барьеры – как «ситуационно-контрастный феномен». В дальнейших исследованиях целесообразно рассмотреть: механизмы действия, типологию, параметры педогеохимических барьеров, а также проанализировать эти параметры на примере тяжелых металлов в черноземах обыкновенных и южных.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, геохимические барьеры, педогеохимические барьеры.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема сбалансированного взаимодействия человека и природы до сих пор остается нерешенной и поэтому очень актуальной. При этом для достижения экологического консенсуса очень важно понимание уникальнейших свойств почвы как незаменимого компонента биосферы, ее «биогеохимической мембраны» и «геохимического реактора». Также необходимо отметить, что к числу актуальных задач современного почвоведения относят чрезмерное накопление в почвах загрязнителей, среди которых особого внимания заслуживают тяжелые металлы

(ТМ). Общеизвестно, что чрезмерное содержание металлов в почвах обуславливает ряд негативных последствий для биосферы и здоровья людей. Кроме того, ТМ характеризуются длительными периодами полувыведения из почв, которые измеряются десятками и сотнями лет, а в ряде случаев – и тысячами лет (Bradl, 2005; Dobrovolskyi, Nykityn, 2000; Hryshko et al., 2012; Savosko, 2016).

В последние 10–20 лет разработано и апробировано ряд очень эффективных технологий оздоровления почв, загрязненных ТМ. Однако в подавляющем большинстве случаев эти технологии весьма дорогостоящие и медленно действующие, что существенно ограничивает их широкомасштабное применение. Поэтому так актуален поиск новых идей и обоснование инновационных концепций, которые бы позволили понять и мобилизовать естественные регенерационные свойства почвы.

Среди достижений научной мысли второй половины XX века особое место занимает концепция геохимических барьеров (Perelman, 1961). Время и практика показали ее состоятельность в решении разнообразных проблем геохимии, в том числе и обусловленных загрязнением окружающей среды. Однако предпринятые попытки имплементации этой идеи в почвоведение выявились практически безрезультативными. Основная причина этого – внешний механический подход, отсутствие должного внимания к особенностям почвы и к ее уникальной структурно-функциональной организации.

Цель работы – рассмотреть генезис идеи и предложить дефиницию педогеохимических барьеров на примере миграции тяжелых металлов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследования – научные публикации, касающиеся содержания и распределения ТМ в почвах.

Методы исследований – формализация, идеализация, абстрагирование, индукция/дедукция, анализ/синтез, аналогия, классификация и моделирование.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Геохимические барьеры миграции. Как нами полагается, научно-теоретической «предтечей» учения о геохимических барьерах следует признать В. И. Вернадского, которым еще в 20-е годы XX века впервые была высказана мысль о значимом влиянии геохимической обстановки на результаты миграции элементов в коре выветривания (Vernadskyi, 1969). Но она осталась без должного внимания геохимиков, и в 20–50-е годы XX века восторжествовала парадигма о доминировании свойств химических элементов, которые в основном и предопределяют их распределение в зоне гипергинеа. При этом влияние на миграцию химических элементов внешних факторов признавалось лишь на уровне вторичных эффектов (Saukov, 1950). Однако накопленные к середине XX века многочисленные данные стали существенно противоречить этой парадигме. Их творческое осмысление подтолкнуло Б. Б. Польшова к идее придать большее значение геохимической среде при объяснении содержания химических элементов в ландшафтах (Polyinov, 1956).

Развивая эту мысль, А. И. Перельман предложил понятие/концепцию геохимических барьеров (Perelman, 1961). В его трактовке геохимические барьеры – это «те участки земной коры, в которых на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов и, как следствие, их концентрация» (Perelman, 1989).

В дальнейшем, в 60–80-е годы XX века, состоятельность концепции геохимических барьеров была неоднократно подтверждена. Так, теоретическими приобретениями науки следует назвать ее успешное использование для: систематизации геохимической обстановки в зоне гипергинеа; обоснования понятия геохимического поля; математического моделирования геохимических процессов. Кроме того, эта концепция позволила проводить более эффективный поиск полезных

ископаемых. Вместе с тем нельзя не отметить, что распространение идей геохимических барьеров осуществлялось в основном лишь геохимиками, геологами и, как исключение, географами.

Ситуация существенным образом изменилась в 90-е годы XX века, когда идеи геохимических барьеров стали успешно реализовываться в литологии, гидрогеологии, почвоведении, геохимии окружающей среды. Логическим следствием этого стало проведение Международной конференции «Геохимические барьеры в зоне гипергенеза» (*Geohimicheskie bareryi v zone gipergineza*, 2002). Практически одновременно, благодаря стараниям ученика А. И. Перельмана – В. А. Алексеенко, понятие геохимических барьеров было комплексно изложено в учебнике «Экологическая геохимия» (Alekseenko, 2000) и в учебном пособии «Геохимические барьеры» (Alekseenko, 2003).

В XXI веке идеи геохимических барьеров успешно применялись при разработке технологий оздоровления загрязненных земель и ограничении распространения поллютантов. При этом считалось перспективным использовать естественные барьерные свойства геосистем и/или специально создавать барьеры миграции. Кроме того, эта концепция позволила по-новому взглянуть и на ряд актуальных вопросов современного естествознания: организацию, устойчивость и буферность биogeосистем; формирование почвенно-геохимических катен, геохимию сопряженных ландшафтов.

Инвазия идеи в почвоведение. Вероятно первым, кто начал внедрять понятие геохимических барьеров в почвоведение, был В. А. Ковда, который применил ее при рассмотрении закономерностей распределения микроэлементов в почвах (Kovda, 1973). Примерно в это же время термин «геохимический барьер» упоминался в толковом словаре по почвоведению под редакцией А. А. Роде (*Tolkoviyiy slovar po pochvovedeniyu*, 1975).

Первыми учебными пособиями, где идеи геохимических барьеров использовались в почвоведении, стали учебники М. А. Глазовской «Геохимия природных и техногенных ландшафтов» (Glazovskaya, 1988) и А. И. Перельмана «Геохимия» (Perelman, 1989). Так, М. А. Глазовская, анализируя техногенное загрязнение ландшафтов, применяла термины «ландшафтно-геохимические барьеры» и «почвенно-геохимические барьеры», не приводя при этом их определений. Этим же автором также было рассмотрено размещение геохимических барьеров в почвенных профилях 16 типов почв. А. И. Перельман на примере основных типов почв Западной Сибири и Казахстана проанализировал расположение в профиле основных геохимических барьеров.

Важным этапом научной инвазии идей геохимических барьеров в почвоведение следует назвать Международную конференцию «Геохимические барьеры в зоне гипергенеза» (*Geohimicheskie bareryi v zone gipergeneza*, 2002). Однако в ее материалах доминировали: механический перенос идеи из геохимии в почвоведение, а также использование типологии А. И. Перельмана и графических схем М. А. Глазовской.

В последние 10–15 лет внедрение концепции геохимических барьеров в почвоведение имело место в серии статейных публикаций (Gavrilova & Bogdanova, 2000; Gennadiev & Kasimov, 2004; Kasimov et al, 2012; Kharytonov, 2006; Kozlovskiy, 2009; Kuzmin, 2000; Maximovich, 2014; Scheglov et al, 2013; Vodyanitskiy, 2014a, 2014b). Однако для этих работ характерно: 1) авторство представителей «географического дивизиона» почвоведения, 2) использование классификационных схем А. И. Перельмана и М. А. Глазовской, 3) преимущественная направленность на улучшение состояния окружающей среды, 4) попытки объяснить закономерности распределения химических элементов в пределах почвенного профиля, катены и ландшафта.

Примерно в это же время в обстоятельных монографиях (Dabahov et al, 2005; Kovaleva et al., 2012; Stepanova & Korenkova, 2010; Trifonova, 2007; Vasilev & Chaschin, 2011) и учебных пособиях (Chertko, 2008; Maksimovich & Hayrulina, 2011)

также предпринимались попытки внедрить идеи геохимических барьеров в почвоведение. Однако их авторы так и не вышли за пределы постулатов А. И. Перельмана и типологических схем М. А. Глазовской.

Нельзя не отметить, что почвоведы, которые представляют «фундаментальный дивизион» почвоведения, до сих пор весьма сдержанно относятся к геохимическим барьерам. Так, в их публикациях, где представлено глобальное осмысление достижений современного почвоведения и определение ее новых горизонтов, отсутствует упоминание о геохимических барьерах (Holubets, 2008; Karpachevskiy, 2006; Shoba, 2009; Sparks, 2001; Vodyanitskiy, 2010). В то время как в перечне актуальнейших проблем почвоведения этими же авторами озвучиваются вопросы, связанные с определением численных параметров экологических и биосферных функций почв; выявлением пределов устойчивости почв к антропогенным загрязнителям; разработкой технологий санации и оздоровления загрязненных территорий; практической реализацией концепции устойчивого развития в природоохранную деятельность. При этом беглого взгляда на эти проблемы достаточно для понимания того, что они сопряжены с химическими аспектами почвы и ее геохимическими барьерами.

Педогеохимические барьеры. В нашей публикации концепция педогеохимических барьеров миграции предполагает следующую логику изложения: 1) обоснование понятийного аппарата, 2) разработка и уточнение дефиниции.

Понятийный аппарат. Как известно, современное почвоведение дифференцировано на направления, названия которых включают слова: «почвоведение», «почва», «почвенная». Следовательно, как аналог термина «геохимические барьеры» можно использовать понятие «почвенные геохимические барьеры». Однако оно громоздко и, по сути, представляет собой продукт механического переноса идей из геохимии в почвоведение.

Начиная с классических работ В. В. Докучаева, для обозначения науки о почве также использовалось понятие «педология». Этиология слова проста и основана на греческих словах: *πεδον* (педон) – почва и *λογος* (логос) – знание, наука. В этой связи уместно предложить понятие «хемопедологические барьеры». Однако оно несколько неблагозвучно и пафосно, кроме того – не в полной мере отображает сущность явления.

А. И. Перельман, рассматривая методологические особенности геохимии как науки, неоднократно подчеркивал, что геохимия – это не «химия Земли». При этом им отмечалось существенное различие между геохимией (преимущественно «полевая наука») и химией (преимущественно «лабораторная наука») (Perelman, 1961, 1972).

Нами полагается, в почвоведении смысловым подобием геохимии является педогеохимия, которая изучает содержание, миграцию и трансформацию отдельных химических элементов и их минералов. Поэтому, по нашему глубокому убеждению, наилучшим аналогом геохимических барьеров следует признать термин «педогеохимические барьеры». Также нельзя не отметить, что этот термин не является принципиально новым и нашим нововведением, так как он неоднократно уже использовался в ряде публикаций геохимиков (Kosheleva et al, 2015; Onoshko & Elovicheva, 2013).

Дефиниция. В первом приближении педогеохимический барьер – это часть почвенного горизонта/профиля, где в результате формирования особых условий происходит накопление некоторых химических элементов.

Рассмотрение закономерностей поступления веществ в почву и их распределения по генетическим горизонтам позволяет обозначить основные контуры идеи почвенных геохимических барьеров (Savosko, 2000, 2001). Как известно, формирование химического состава почвы происходит на геохимическом базисе материнской породы под влиянием разновекторных миграционных потоков веществ, которые обуславливаются гидрогенными и фито/зоогенными феноменами. Зеленые растения в результате действия «фитопомпы», генерируя восходящий фитогенный поток, выносят на дневную поверхность почвы определенное количество химических элементов, в то время как созданный атмосферными осадками гидрогенный поток обуславливает нисходящую гравитационно-гидрогенную миграцию веществ и

элементов, которая усиливается за счет биогенных органических компонентов. В ряде случаев при близком залегании грунтовых вод встречается и восходящее капиллярно-водородное поступление химических элементов. Также необходимо отметить, что почвенный зоокомплекс за счет масштабной пертурбации почвенных масс создает зообиогенное распределение веществ. В общем, в почве имеются определенные закономерности содержания химических элементов в пределах профиля, что послужило основой для одной из его классификаций. При этом выделяют типы распределения веществ и химических элементов, для которых характерна аккумуляция/выщелачивание в строго определенной части почвы. По нашему мнению, эти закономерности распределения химических элементов в почвенном профиле можно также трактовать и как результат действия педогеохимических барьеров миграции.

Сущность педогеохимических барьеров заключается в следующем. Так, в понимании А. И. Перельмана (Perelman, 1989), действие геохимических барьеров является следствием «ситуационно-контрастного феномена»: на пути миграционного потока встречается участок с контрастно различающимися условиями миграции, что и обуславливает концентрирование химических элементов в пределах такого участка (рис. 1).

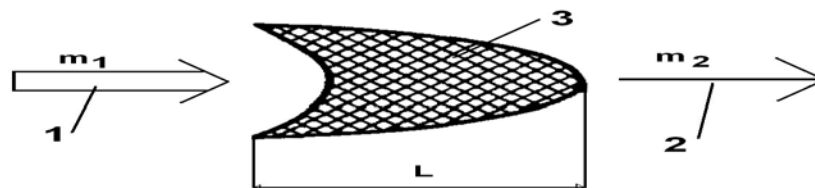


Рис. 1. Принцип действия и основные параметры геохимического барьера (Перельман, 1989)

Направления миграции химических элементов: 1 – до барьера, 2 – после барьера,
3 – область концентрирования элементов на барьере (рудные тела, аномалии и т.д.),
геохимические характеристики среды: m1 – до барьера, m2 – после барьера,
L – длина барьера.

По нашему мнению, действие педогеохимических барьеров является следствием «субстационально-реакционного феномена»: т. е. химические элементы внутрипочвенных миграционных потоков, в результате взаимодействия с компонентами твердой фазы почвы, концентрируются на определенных участках почвенного профиля. Поясним эту мысль на примере содержания ТМ в почвах. Как известно, в почвах металлы присутствуют во всех ее фазах: твердой, жидкой, газообразной и живой (Savosko, 2003, 2009; Motuzova, 2009). Однако основу педогеохимии ТМ, как, впрочем, и всех остальных химических элементов почвы, формируют жидкая и твердая фазы почвы. При этом твердая фаза почвы – это своеобразная «педогеохимическая матрица», которая содержит основное количество химических элементов. Жидкую фазу почвы обычно рассматривают как «педогеохимическое поле», где максимально сосредоточены подвижные и реакционно-способные формы химических элементов. Взаимодействие же между твердой и жидкой почвенными фазами формирует динамическое равновесие педогеохимической системы. Поэтому компоненты твердой фазы почвы, а также реакции взаимодействия этих субстанций с ТМ жидкой фазы почвы и определяют принцип действия педогеохимических барьеров (рис. 2).

Завершая рассмотрение сущности идеи педогеохимических барьеров и их основных контуров, необходимо отметить следующее. Почвенный профиль представляет собой сложный комплекс педогеохимических барьеров. При этом одни из них могут быть локализованы в пределах нескольких почвенных горизонтов. Одновременно в одном почвенном горизонте возможно размещение нескольких таких барьеров. Поэтому в уточненном виде под педогеохимическим барьером следует понимать часть почвенного профиля, где в результате формирования особых

условий для субстационанно-реакционных взаимодействий происходит накопление определенных химических элементов.



Рис. 2. Принцип действия и основные компоненты педогеохимического барьера

Направления миграции ТМ: 1 – до барьера, 2 – после барьера;

3 – область концентрирования ТМ на барьере;

Ж.Ф.П. – жидкая фаза почвы, Т.Ф.П. – твердая фаза почвы.

ВЫВОДЫ

Разработанное А. И. Перельманом учение о геохимических барьерах нашло разнообразное и успешное применение в геохимии, геологии, литологии, минералогии и в других сопредельных науках. В настоящее время идеи этого учения очень важны для фундаментального понимания биогеохимических функций педосферы как теоретической основы сохранения биосферы и оздоровления почвы в условиях современного техногенеза. Поэтому так актуально внедрение концепции геохимических барьеров в почвоведение, постулируя при этом почву как уникальное природно-историческое тело, а почвенный профиль – как комплекс ее ведущих характеристик. В нашем понимании педогеохимический барьер – это часть почвенного профиля, где в результате формирования особых условий для субстационанно-реакционных взаимодействий происходит накопление определенных химических элементов.

В дальнейших исследованиях целесообразно рассмотреть механизмы действия, типологию, параметры педогеохимических барьеров, а также проанализировать эти параметры на примере ТМ в черноземах обыкновенных и южных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- | | |
|---|---|
| Alekseenko, V. A., 2000. Ekologicheskaya geohimiya [Ecological geochemistry]. Logos, Moscow (in Russian). | Chertko, N. K., 2008. Geohimiya [Geochemistry]. Belorusskiy gosudarstvennyiy universitet, Minsk (in Russian). |
| Alekseenko, V. A., 2003. Geohimicheskie bareryi [Geochemical barriers]. Logos, Moscow (in Russian). | Dabahov, M. V., Dabahova, E. V., Titova, V. I., 2005. Tyazhelyie metallyi: ekotoksikologiya i problemyi normirovaniya [Heavy metals: Ecotoxicology and normalization problems]. Izdatelstvo VVAGS, Nizhniy Novgorod (in Russian). |
| Bradl, H. B., 2005. Heavy metals in the environment. Elsevier Academic Press, Amsterdam. | |

- Dobrovolskyi, G. V., Nykytyn, E. D., 2000. Sokhranenie pochv kak nezamenymoho komponenta byosferu [Soil conservation as an indispensable component of the biosphere]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Gavrilova, I. P., Bogdanova, M. D., 2000. Prostranstvennaya differentsiatsiya radialnykh geokhimicheskikh barerov v pochvakh Rossii [The spatial differentiation of radial geochemical barriers in the Russian soil]. Vestnik Moskovskogo universiteta seriya geografiya 1, 29–36 (in Russian).
- Gennadiyev, A. N., Kasimov, I. S., 2004. Lateralnaya migratsiya veshchestva v pochvakh i pochvenno-geokhimicheskie kateny [Lateral migration of substances in soils and soil-geochemical catena]. Eurasian Soil Science 12, 1447–1461 (in Russian).
- Geokhimicheskie barery v zone gipergineza, 2002 [Geochemical barriers in hypergenesis zone]. Ed. N. S. Kasimova, A. E. Vorobeva. Izdatelstvo Moskovskogo universiteta, Moscow (in Russian).
- Glazovskaya, M. A., 1988. Geokhimiya prirodnih i tehnozhnykh landshtafv SSSR [Geochemistry of natural and man-made landscapes of the USSR]. Vysshaya shkola, Moscow (in Russian).
- Holubets, M. A., 2008. Aktualni pytannia suchasnoho gruntoznastva [Actual question of modern soil science]. Gruntoznastvo 9 (1-2), 9–18 (in Ukraine).
- Hryshko, V. M., Syshchikov, D. V., Piskova, O. M., Danylchuk, O. V., Mashtaler, N. V., 2012. Vazhki metaly: nadkhodzhenia v grunty, translokatsiya u roslinakh ta ekolohichna nebezpeka [Heavy metals: input in soils, translocation in plants and environmental hazards]. Donbas, Donetsk (in Ukraine).
- Karpachevskiy, L. O., 2006. Razvitie idey v pochvovedenii [Development of ideas in Soil Science]. Gruntoznastvo 7 (3-4), 5–14 (in Russian).
- Kasimov, N. S., Kastenikova, M. S., Gennadiyev, A. N., Lyichagin, M. Yu., 2012. Sovremennaya geokhimicheskaya evolyutsiya lagunno-marshevyykh landshtafv Zapadnogo Prikaspiya [Modern geochemical evolution of the lagoon-marsh landscapes at Western Caspian]. Eurasian Soil Science 1, 9–20 (in Russian).
- Kharytonov, M. M., 2006. Buferna yemnist gruntu ta hirs'kykh porid shchodo zabrudnennia yikh vazhkymy metalamy [The buffer capacity of the soil and rocks by heavy metals pollution]. Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu 2(37), 201–203 (in Ukraine).
- Kosheleva, N. E., Kasimov, N. S., Vlasov, D. V., 2015. Faktoryi nakopleniya tyazhelykh metallov i metalloidov na geokhimicheskikh barerakh v gorodskikh pochvakh [The factors of heavy metals and metalloids accumulation in the geochemical barriers at urban soils]. Eurasian Soil Science 5, 536–553 (in Russian).
- Kovaleva, G. V., Starozhilov, V. T., Derbentseva, A. M., Nazarkina, A. V., Mayorova, L. P., Matveenko, T. I., Semal, V. A., Morozova, G. Yu., 2012. Pochvy i tehnozhnyie poverhnostnye obrazovaniya v gorodskikh landshtafakh [Soils and technogenic surface formations in urban landscapes]. Dalnauka, Vladivostok (in Russian).
- Kovda, V. A., 1973. Osnovy ucheniya o pochvakh: obschaya teoriya pochvoobrazovatel'nogo protsessa – kniga 1 [The principles of pedology: general theory of soil formation - first book]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Kozlovskiy, V. I., 2009. Vazhky metaliv v ekosystemakh tekhnogenno porushenykh terytorii Yavorivskoho rodovyscha sirky (Peredkarpattia) [Heavy metals in technogenic ecosystems of damaged areas at Yavoriv sulfur deposit (Precarpathians)]. Naukovi zapysky derzhavnoho pryrodoznavchoho muzeiu 25, 99–110 (in Ukraine).
- Kuzmin, V. A., 2000. Geokhimicheskie barery v pochvakh Pribykalya [Geochemical barriers in the soils at Baikal region]. Eurasian Soil Science 10, 197–102 (in Russian).
- Maksimovich, N. G., Hayrulina, E. A., 2011. Geokhimicheskie barery i ohrana okruzhayushey sredy [Geochemical barriers and environmental protection]. Permskiy gosudarstvennyy universitet, Perm (in Russian).
- Maximovich, N., Khayrulina, E., 2014. Artificial geochemical barriers for environmental improvement in a coal basin region. Environmental Earth Science 72, 1915–1924.
- Motuzova, G. V., 2009. Soedineniya mikroelementov v pochvakh: sistemnaya organizatsiya, ekologicheskoe znachenie, monitoring [The compounds of trace elements in soils: system organization, ecological significance, monitoring]. Knizhnyy dom «Librokom», Moscow (in Russian).
- Onoshko, M. P., Elovicheva, Ya. K., 2013. Informativnost geokhimicheskikh barerov pri paleorekonstruktsiyah [Informative of geochemical barriers at paleoreconstruction]. Struktura i morfogeneza pochvennogo pokrova v usloviyakh

- antropogennogo vozdeystviya. Belorusskiy gosudarstvenniy universitet, Minsk, 289-292 (in Russian).
- Perelman, A. I., 1961. Geohimiya landshafta [Landscape Geochemistry]. Gosudarstvennoe izdatelstvo geograficheskoy literatury, Moscow (in Russian).
- Perelman, A. I., 1972. Geohimiya elementov v zone gipergeneza [Geochemistry of elements in the hypergenesis zone]. Nedra, Moscow (in Russian).
- Perelman, A. I., 1989. Geohimiya [Geochemistry]. Vysshaya shkola, Moscow (in Russian).
- Polyinov, B. B., 1956. Izbrannyye trudy [Selected works]. Izdatelstvo AN SSSR, Moscow (in Russian).
- Saukov, A. A., 1950. Geohimiya [Geochemistry]. Izdatelstvo geologicheskoy literatury, Moscow (in Russian).
- Savosko, V. N., 2000. Ekologicheskaya rol geohimicheskikh barerov v raspredelenii aerotehnogennykh tyazhelykh metallov v pochvakh Krivbassa [The ecological role of geochemical barriers for aerotechnogenic heavy metals distribution in soils at Kryvbass]. Pytannia bioindykatsii ta ekolohii 5(2), 145–153 (in Russian).
- Savosko, V. M., 2001. Ekolohichna rol heokhimichnykh bareriv v rozpodili ta mihratsii vazhkykh metaliv v hruntakh terytorii, shcho mezhuut z zalizorudnyimi himycho-zbahachuvalnyimi kombinatami: avtoreferat na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata biolohichnykh nauk [The ecological role of the geochemical barriers for heavy metals' distribution and migration in soil at territories which adjoin to iron mining-and-processing integrated works: abstract for the degree of Ph.D.]. Dnipropetrovskiy derzhavnyi universytet, Dnipropetrovsk (in Ukraine).
- Savosko, V. N., 2003. Gidrotehnogenne nakoplenie podvizhnykh form tyazhelykh metallov v pochvakh Krivbassa [Hydrotechnogenic accumulation of heavy metals mobile forms in soils at Kkrivbass]. Gruntoznavstvo 4 (1-2), 105–109 (in Russian).
- Savosko, V. N., 2009. Lokalne fonove sodержanie tyazhelykh metallov v pochvakh Krivorozhskogo zhelezorudnogo regiona [The heavy metals local background contents in soils at Kryvvi Rih iron ore region]. Gruntoznavstvo 10 (3-4), 64–73 (in Russian).
- Savosko, V. N., 2016. Tyazheliye metallyi v pochvakh Krivbassa [Heavy metals in soils at Kryvbass]. Dionat, Krivoy Rog (in Russian).
- Scheglov, D. I., Gorbunova, N. S., Semenova, L. A., Hatuntseva, O. A., 2013. Mikroelementy v pochvakh sopryazhennykh landshaftov Kamennoy stepi razlichnoy stepeni gidromorfizma [Trace elements in soils conjugate landscape Stone steppe at different degrees hydromorphism]. Eurasian Soil Science 3, 282–290 (in Russian).
- Shoba, S. A., 2009. Gorizonty pochvovedeniya: itogi i perspektivy [Horizons of Soil Science: Results and Prospects]. Eurasian Soil Science 5, 515–520 (in Russian).
- Sparks, D. L., 2001. Elucidating the fundamental chemistry of soil: past and recent achievement and future frontiers. Geoderma 100, 303–319.
- Stepanova, L. P., Korenkova, E. A., 2010. Vliyanie tehnogeneza na geohimiyu i ekologicheskuyu emkost landshafta [Impact of technogenesis on geochemistry and ecological capacity of landscape]. Izdatelstvo Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta, Orel (in Russian).
- Tolkovyy slovar po pochvovedeniyu, 1975. [Glossary of Soil Science]. Ex. ed. A. A. Rode. Nauka, Moscow (in Russian).
- Trifonova, T. A., Shirkin, L. A., Selivanova, N. V., 2007. Ekologo-geohimicheskyy analiz zagryazneniya landshaftov [Ecological and geochemical analysis of landscape pollution]. Vladimir Poligraf, Vladimir (in Russian).
- Vasilev, A. A., Chaschin, A. N., 2011. Tyazheliye metallyi v pochvakh goroda Chusovogo: otsenka i diagnostika zagryazneniya [Heavy metals in the soils at Chusovoy city: assessment and diagnosis of pollution]. FGBOU VPO Permskaya GSHA, Perm (in Russian).
- Vernadskiy, V. I., 1969. Vybraniye pratsi [Selected works]. Naukova dumka, Kyiv (in Ukraine).
- Vodyanitskiy, Yu. N., 2010. Tendentsii razvitiya himii pochv [Development trends in soil chemistry]. Byulleten Pochvennogo instituta 66, 65–83 (in Russian).
- Vodyanitskiy, Yu. N., 2014a. Prirodnyye i tehnogennyye soedineniya tyazhelykh metallov v pochvakh [Natural and man-made compounds of heavy metals in soils]. Eurasian Soil Science 4, 420–4732 (in Russian).
- Vodyanitskiy, N. Yu., 2014b. Iskusstvennyye pronitsaemye redoks-bareryi dlya ochistki pochvenno-gruntovykh vod (obzor literatury) [Artificial permeable redox barriers for clean soil and groundwater (review)]. Eurasian Soil Science 10, 1262–1272 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 23.03.2017

SOIL CHEMISTRY



Ie. V. Skrylnik  Dr. Sci. (Agri.)
Iu. M. Tovstiy
M. A. Popirniy

UDK 535-15 + 631.417.2

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

OPTICAL PROPERTIES OF GUMUS ACIDS OF CHERNOZEM PODZOLIZED AFTER APPLYING LITTER AND COMPOSTES ON ITS BASIS

Abstract. Investigation of electronic absorption spectra of humic acids (HA) is considered as one of their objective diagnostic features and indicators of transformation of HA components. Electron absorption spectra of the HA in the visible and ultraviolet range, in general, are gentle curves, which monotonically decrease with increasing wavelength. However, even such spectra reveal the difference in the spectral properties of the HA not only of different soils, but also of one type under excellent soil conditions, which allows the use of spectrophotometric analysis as a sensitive method for the study of humic acids. A thorough study of the properties and nature of humus substances using modern methods helps to understand the features the formation of humus substances in different natural conditions. The purpose of the study is to determine the change in the qualitative composition of humic acids extracted from chernozem podzoloed after application of the litter and compost on its basis by spectrophotometry. To achieve this goal, the following methods were used: modeling, laboratory analysis, mathematical and statistical. Field studies have been carried out to determine the effect of litter and compost on its basis on the formation of the molecular structure of humic acids from chernozem podzoloed. The studies carried out by us, the electronic absorption spectra of humic acids of chernozem podzoloed correspond to the curves typical for a class of humus, the shape of the spectrum does not change, which indicates the similarity in the molecular structure of humic acids, but differ in the angle of incidence in the region of the ultraviolet range. The qualitative composition of structural elements of humic acids is determined on the basis of the analysis of electron absorption spectra of humic acids in the spectral range of 200–800 nm. The change of optical characteristics of humic acids extracted from chernozem of podzoloized after introduction of the litter and compost on its basis was determined. The application of chicken litter and compost (scent + husk) contributes to enhancing the aroma of humic acids and increasing their resistance to mineralization. It has been established that composting has a longer-lasting effect on the formation of the structure of humic acids of black podzoloized soils on the introduction of non-composting litter. In the UV range (200–400 nm), we note the characteristic intensive absorption of light for humic acids extracted from chernozem podzoloized after the introduction of chicken litter and compost (scent + husk), due to the loss of weakly colored peripheral chains of molecules. The character of the inclination of the curves determined by the ratio D_{465}/D_{665} allows us to conclude that the humic acids extracted from the chernozem podzoloized after composting (laced + husk) have a more condensed nucleus than the introduction of chicken litter and compost (laced + husk). It is determined that the intensity of the

 Tel.: +38066-616-02-81, e-mail: hnu459@mail.ru

DOI: 10.15421/041713

influence on the mobility of the aromatic electronic system of humic acids depends on the period of composting of the source material and is manifested in absorption spectra in the ultraviolet light range.

Key words: soil, compost, electron absorption spectra, compost, organic fertilizers, litter, humic acids.

УДК 535-15 + 631.417.2

Е. В. Скрыльник

д-р с.-х. наук

Ю. Н. Товстий

М. А. Попирный

Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024, тел.: +38066-616-02-81, e-mail: hnu459@mail.ru

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ПОМЕТА И КОМПОСТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

Аннотация. Проведено полевой краткосрочный опыт по определению влияния помета и компостов на его основе на формирование молекулярной структуры гуминовых кислот чернозема оподзоленного. Качественный состав структурных элементов гуминовых кислот определяли на основе анализа электронных спектров поглощения гуминовых кислот.

Определено изменение оптических характеристик гуминовых кислот, экстрагированных из чернозема оподзоленного после внесения куриного помета и компостов на его основе. Установлено, что внесение компостов имеет большее пролонгированное действие на формирование гуминовых кислот чернозема оподзоленного относительно внесения некомпостированного помета. Интенсивность воздействия на подвижность ароматической электронной системы гуминовых кислот зависит от срока компостирования исходного материала и выявляется на спектрах поглощения в ультрафиолетовом диапазоне света.

Ключевые слова: почва, гуминовые кислоты, помет, компост, электронные спектры поглощения.

УДК 535-15 + 631.417.2

Є. В. Скрильник

д-р с.-г. наук

Ю. М. Товстий

М. А. Попірний

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024, тел.: +38066-616-02-81, e-mail: hnu459@mail.ru

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ПІСЛЯ ВНЕСЕННЯ ПОСЛІДУ І КОМПОСТІВ НА ЙОГО ОСНОВІ

Анотація. Проведено польовий короткостроковий дослід з визначення впливу посліду і компостів на його основі на формування молекулярної структури гумінових кислот чорнозему опідзоленого. Якісний склад структурних елементів гумінових кислот визначали на основі аналізу електронних спектрів поглинання гумінових кислот.

Визначено зміну оптичних характеристик гумінових кислот, екстрагованих із чорнозему опідзоленого після внесення курячого посліду і компостів на його основі. Установлено, що внесення компостів має більшу пролонговану дію на формування гумінових кислот чорнозему опідзоленого відносно внесення некомпостованого посліду. Інтенсивність впливу на рухомість ароматичної електронної системи гумінових кислот залежить від терміну компостування вихідного матеріалу та виявляється на спектрах поглинання в ультрафіолетовому діапазоні світла.

Ключові слова: ґрунт, гумінові кислоти, електронні спектри поглинання, послід, компост.

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку науки про ґрунт увага до гумусу зростає, оскільки він відіграє першочергову роль у формуванні багатьох властивостей і режимів ґрунту (Dehtiarov, 2016). Основним засобом впливу на збереження гумусу в ґрунті залишається внесення органічних добрив, які сприяють підвищенню ступеня гуміфікації та обумовлюють зміну складу гумусу (Vplyv system obrobítku., 2008). Для розуміння особливостей формування гумусових речовин за різних умов середовища необхідне поглиблене вивчення їх властивостей і природи фізико-хімічними методами. Відомо, що в молекулярних структурах гумінових кислот міститься інформація про специфіку процесу ґрунтоутворення та гуміфікації, що відображає особливості як вихідного органічного матеріалу, так і умов, у яких відбувається процес утворення (Mogoz, 2013). Чітку залежність між оптичними характеристиками гумінових кислот та умовами ґрунтоутворення показано в роботах М. М. Кононової і Н. П. Бельчикової (Orlov, 1990),

Вивчення структурно-функціональних особливостей організації гумінових кислот досить давно проводиться за допомогою аналізу електронних спектрів поглинання гумінових кислот в області спектра 200–800 нм (Sverdlova, 1985; Selemeneyev, 2000; Yzmenenye humusnoho sostoianiya., 2004).

Більшість дослідників пояснюють природу електронних спектрів в УФ-діапазоні поглинання ГК з системою пов'язаних подвійних вуглець-вуглецевих зв'язків ($C=C$) і кисневмісних функціональних груп ($C=O$) (Orlov, 1990; Al-Abbas, 1997).

Електронні спектри поглинання ГК у видимому діапазоні в основному являють собою пологі криві, які монотонно знижуються зі збільшенням довжини хвилі. Проте навіть такі спектри виявляють відмінність спектральних властивостей ГК не тільки ґрунтів різного, а й одного типу за відмінних умов ґрунтоутворення (Structural investigation ..., 1993)

Мета дослідження – визначити зміну якісного складу гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого після внесення посліду і компостів на його основі методом спектрофотометрії.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польовий короткостроковий дослід закладено на дослідному полі ДП ДГ «Граківське» ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» на чорноземі опідзоленому. Схема дослідів: 1 – без добрив (контроль); 2 – внесення посліду; 3 – внесення компосту (послід + солома); 4 – внесення компосту (послід + лушпиння). Дози внесення добрив становили 10 т/га, що відповідає середнім дозам внесення курячого посліду по Україні (Balyuk, 2010). Закладення і проведення польового дослідів виконано за методикою Доспехова (Dospikhov, 1985). Зразки ґрунту відбирали восени 2015-го та 2016 рр. з глибин 0–30 см (ДСТУ 4287: 2007). Препарати ГК були отримані за методикою Орлова (Orlov, 1981). Препарати гумінових кислот аналізували на спектрофотометрі «Hitachi-557» (ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна НАН України) в інтервалі частот 200–800 нм (Orlov, 1990).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Спектри поглинання досліджуваних зразків відповідають типовим для класу гумусових речовин кривим (рис. 1, 2), форма спектру не змінюється, що свідчить про подібність в молекулярній структурі гумінових кислот, але відрізняються між собою кутом падіння в області ультрафіолетового діапазону (від 200 до 400 нм) поглинання.

В УФ-спектрі відмічаємо характерне інтенсивне поглинання для всіх гумінових кислот, за рахунок втрати слабкозабарвлених периферичних ланцюжків молекул з ароматичним сконденсованим ядром. В області 215–230 нм найбільш інтенсивні спектри поглинання отримані після внесення посліду та компосту (послід +

лушпиння), що свідчить про значний вплив на стан ароматичної електронної системи подвійних зв'язків молекул гумінових кислот у перший рік після внесення (рис. 1).

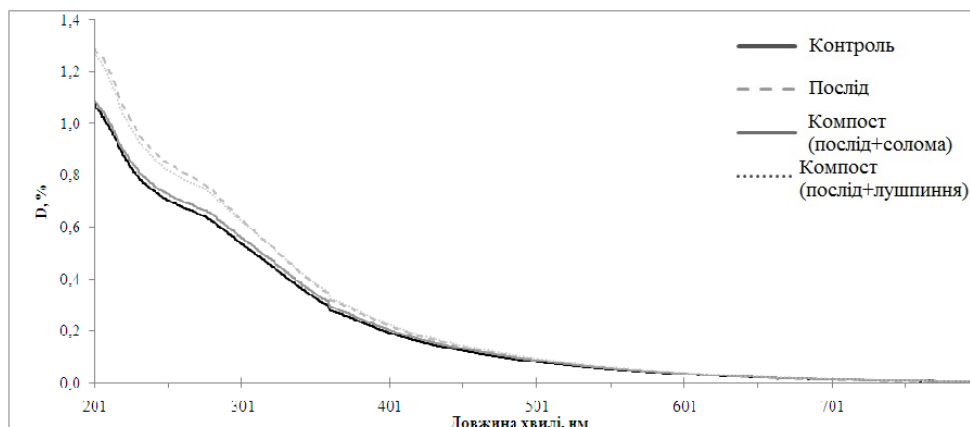


Рис. 1. Дія посліду і компосту на його основі на ультрафіолетові та видимі спектри поглинання гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого

На другий рік найбільш інтенсивні спектри поглинання в області 210–230 нм отримано після внесення компосту (послід + лушпиння), що свідчить про більший пролонгований вплив на молекулярну структуру гумінових кислот. На відміну від компостів, внесення посліду має меншу післядію на гумінові кислоти, екстраговані з чорнозему опідзоленого (рис. 2).

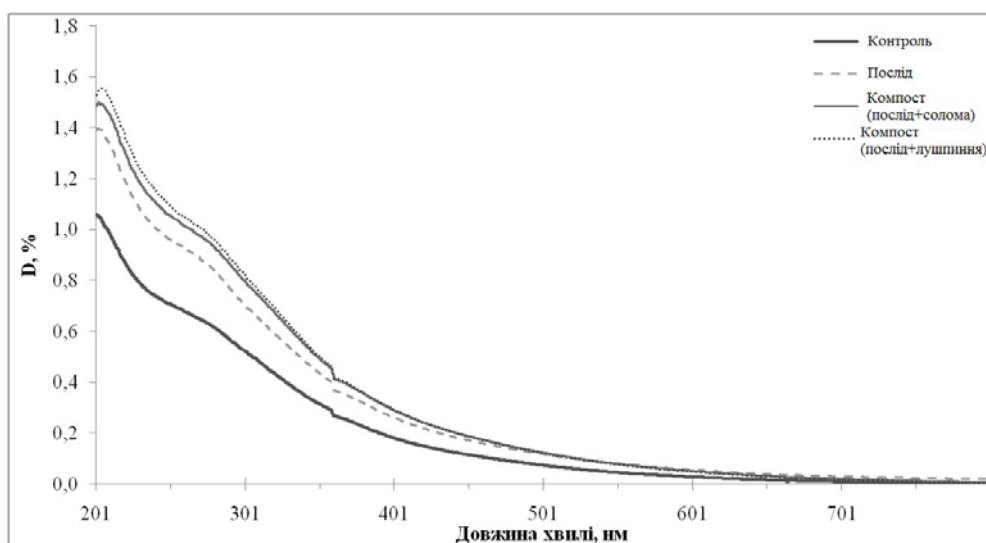


Рис. 2. Післядія посліду і компосту на його основі на ультрафіолетові та видимі спектри поглинання гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого

Смуга поглинання в області 210–230 нм обумовлена π - π^* -електронними переходами подвійних зв'язків бензольних кілець. Внесення компосту (послід + лушпиння) приводить до збільшення інтенсивності смуги поглинання в області 210–250 нм і зміщення її в довгохвильову частину спектра. Найбільш чітке збільшення інтенсивності поглинання в даній області спектра – у післядії на гумінові кислоти, екстраговані з чорнозему опідзоленого компосту (послід + лушпиння). Поглинання в області 250–300 нм пов'язано з n - π^* -електронними переходами, тобто з переходами

n-електронів неподілених електронних пар, що належать в основному гетероатомам. Гетероатоми можуть входити безпосередньо як у бензольні кільця, так і в їх бокові ланцюги. Внесення компосту (послід + солома) сприяє збільшенню легкості $n\text{-}\pi^*$ -електронних переходів і слабо впливає на інтенсивність $\pi\text{-}\pi^*$ -переходів, що свідчить про зміну гумусових молекул, починаючи із заміщення в бокових ланцюгах.

Післядія компосту (послід + лушпиння) на гумінові кислоти, екстраговані з чорнозему опідзоленого, сильно відрізнялася за амплітудою спектральної кривої, яка характеризує дію компосту на стан електронної системи гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого (рис. 3). Відбувається збільшення смуги поглинання в ближній УФ-області з максимумом близько 210 нм, де зазвичай проявляються $\pi\text{-}\pi^*$ -електронні переходи, властиві $\text{C}=\text{C}$ -зв'язкам як бензольних кілець, так і їх замісників.

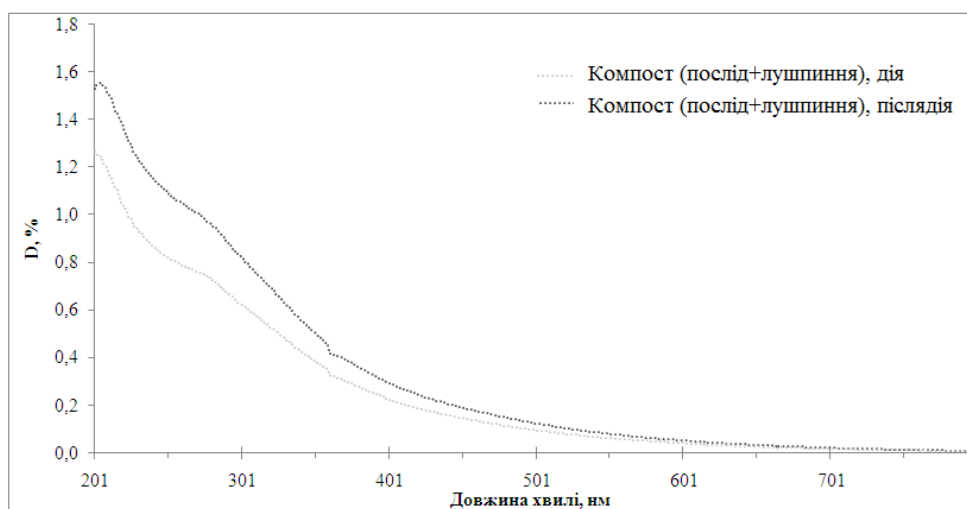


Рис. 3. Ультрафіолетові та видимі спектри поглинання гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого після внесення компосту (послід + лушпиння)

Ці фактори вказують на збільшення рухомості π -електронної системи молекул гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого під впливом післядії компосту (послід + лушпиння).

Паралельно зі збільшенням інтенсивності $\pi\text{-}\pi^*$ -електронних переходів під впливом післядії компосту (послід + лушпиння) в гумінових молекулах чорнозему опідзоленого збільшується інтенсивність $n\text{-}\pi^*$ -переходів в області спектра 250–300 нм (рис. 2).

Внесення компосту (послід + лушпиння) збільшує рухомість всієї електронної хмари молекул гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого, причому тим значніше, чим триваліший був період його взаємодії з ґрунтом.

Така закономірність була відмічена після внесення компосту (послід + солома) на гумінові кислоти, екстраговані з чорнозему опідзоленого (рис. 4). Варто відмітити, що вплив компосту (послід + солома) мав менш значний вплив на стан електронної хмари молекул гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого, порівняно з дією та післядією компосту (послід + лушпиння).

Найбільше значення оптичної щільності гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого, зафіксовано під дією посліду і компосту (послід + солома) $D_{245\text{ нм}}$ 0,876 і 0,847, що викликано активною конденсацією хінонних структур (табл. 1). Натомість найбільш виражена післядія на гумінові кислоти, екстраговані з

чорнозему опідзоленого, визначена після внесення компосту (послід + лушпиння), на що вказує коефіцієнт поглинання D 245 нм. Така закономірність поглинання гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого характерна і для хвилі 465 нм.

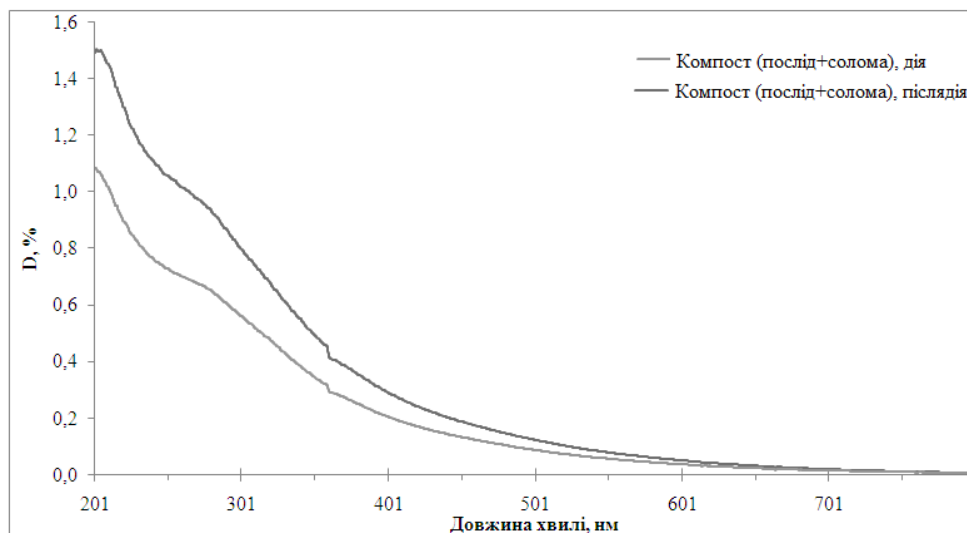


Рис. 4. Ультрафіолетові та видимі спектри поглинання гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого після внесення компосту (послід + солома)

Таблиця 1

Співвідношення оптичної щільності в ультрафіолетовому та видимому спектрах гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого після внесення посліду і компостів на його основі

Варіант	D 245 нм	D 465 нм	D 665 нм	D 245\465	D 465\665
Контроль	<u>0,725</u> 0,726	<u>0,108</u> 0,104	<u>0,015</u> 0,015	<u>6,713</u> 7,012	<u>7,200</u> 7,138
Послід	<u>0,876</u> 0,987	<u>0,124</u> 0,154	<u>0,017</u> 0,036	<u>7,065</u> 6,410	<u>7,294</u> 4,30
Компост (послід+солома)	<u>0,748</u> 1,081	<u>0,117</u> 0,167	<u>0,018</u> 0,025	<u>6,393</u> 6,485	<u>6,500</u> 6,668
Компост (послід+лушпиння)	<u>0,847</u> 1,125	<u>0,127</u> 0,168	<u>0,023</u> 0,025	<u>6,669</u> 8,856	<u>5,522</u> 5,080

Примітки. Чисельник – дія, знаменник – післядія.

Розширення співвідношення D245/D465 оптичної щільності в ультрафіолетовій області спектра вказує на збільшення молекулярної маси за рахунок розвинутої аліфатичної структури гумінових кислот, екстрагованих з чорнозему опідзоленого. Найбільше співвідношення D245/D465 відмічено під впливом дії посліду та післядії компосту (послід + лушпиння) на гумінові кислоти, екстраговані з чорнозему опідзоленого, що пов'язано з присутністю стабільних неспарених електронів π -орбіталей бензоїдних кілець ароматичної сітки.

ВИСНОВКИ

Установлено, що внесення компостів має більшу пролонговану дію на гумінові кислоти чорнозему опідзоленого відносно внесення посліду. Інтенсивність впливу на рухомість ароматичної електронної системи гумінових кислот залежить від терміну

компостування вихідного матеріалу та виявляється на спектрах поглинання в УФ-діапазоні світла.

Визначено, що найбільший кут падіння кривої спектрів поглинання зафіксовано під впливом дії та післядії компосту (послід + лушпиння), який обумовлено електронними π - π^* -переходами. При цьому електрон переходить зі стійкої π -орбіталі на нестійку π^* -орбіталь, що характерно для подвійних вуглець-вуглецевих зв'язків бензольних кілець ароматичної структури гумінових кислот. Внесення компосту (послід + лушпиння) збільшує рухомість всієї електронної хмари гумусових молекул, причому тим значніше, чим триваліший був період його взаємодії з ґрунтом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Al-Abbas, A. H., Swain, P. H., Baumgardner, M. F., 1997. Relating organic matter and clay content to the multispectral radiance. *Soil Sci.* 6, 477–485.
- Balyuk, S. A., Medvedev, V. V., Tarariko, A. G., 2010. *Natsionalna dopovid «Pro stan rodyuchosti gruntiv Ukrainy»* [National report «State of soil fertility in Ukraine»]. Kyiv (in Ukrainian).
- Dehtiarov, V. V., Krokhin, S. V., Zhernova, O. S., 2016. Umist humusu v tsilynykh i ahrohennykh chornozemakh Ukrainy [Humus content in virgin and agrogenic chernozems of Ukraine]. *Visn. KhNAU im. V. V. Dokuchaieva. Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv»* 1, 14–25 (in Ukrainian).
- Dospikhov, B. A., 1985. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Agropromizdat, Moscow (in Russian).
- DSTU 4287:2007. *Yakist gruntu. Vidbyrannia prob* [The quality of the soil. Sampling]. Chynnyi z 2005-07-01. K. Derzhspozhyvstandart. 10 p. (in Ukrainian).
- Lytvynovych, A. V., Pavlova, O. Yu., Chernov, D. V., Fomyna, A. S., 2004. *Izmenenye humusnogo sostoiannya dernovo-podzolistoi peschanoi pochvi pry okulturyvanny y posleduiushchem yskliuchenyy yz khoziaistvennogo oborota* [Change in the humus state of sod-podzolic sandy soil during cultivation and subsequent exclusion from economic circulation]. *Ahrokhimiia* 8, 13–19 (in Russian).
- Moroz, H. B., 2013. *Spektralna kharakterystyka huminovyykh kyslot gruntiv Serednosukhostepovoho pedoeokotona pivnichno-zakhidnoho Prychornomoria* [Spectral characteristics of humic acids of soils of the Middle-Steppe podzokoton of the north-western Black Sea]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya heohrafichna* 44, 228–234 (in Ukrainian).
- Orlov, D. S., 1990. *Humusovye kysloty pochv y obshchaia teoriia humyfyatsyy* [Humus acid soils and general theory of humification]. MGU, Moscow (in Russian).
- Orlov, D. S., Grishina, L. A., 1981. *Praktikum po khimii gumusa* [Workshop on the chemistry of humus]. MGU, Moscow (in Russian).
- Ricca, G., Federico, L., Astori, C., Gallo, R., 1993. Structural investigation of humic acid from leonardite by spectroscopic methods and thermal analysis. *Geoderma* 3, 263–274.
- Selemenev, V. F., Selemenev, V. F., Chikin, G. A., Khokhlov, V. Y., 2000. Interionic and intermolecular interactions in ion-exchange and sorption systems involving physiologically active substances. *Ion-exchange* 1, 615–689.
- Skrylnyk, Ye. V., Perebykovska, O. S., Moskalenko, V. P., Hlushchenko, L. D., Doroshchenko, Yu. L., 2008. *Vplyv system obrobittu ta udobrennia na humusovyi stan i vmist pozhyvnykh rechovyn u chornozemi tipovomu* [Influence of systems of cultivation and fertilization on the humus state and content of nutrients in chernozem typical]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo* 68, 90–94 (in Ukrainian).
- Sverdlova, O. V., 1985. *Elektronnye spektri v orhanycheskoi khymii* [Electronic spectra in organic chemistry]. Khymia, Leningrad (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 15.12.2017

FOREST SOIL SCIENCE



B. A. Baranovsky ✉ Cand. Sci. (Biol.), Sen. Res. Sci.
I. A. Ivanko Cand. Sci. (Biol.), Sen. Res. Sci.
A. V. Kotovych Cand. Sci. (Biol.), Sen. Res. Sci.
L. A. Karmyzova
N. O. Roschina

UDK 581.1+58.006+5027.5

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

ANALYSIS OF TROPHIC STRUCTURE OF FOREST FLORA IN THE ORIL RIVER VALLEY

Abstract. Biodiversity is important for maintaining of forest ecosystems functioning and in their resistance to anthropo-climatic challenges. Assessment of species diversity and species ecomorphic analysis is the basis for determining their current status, rational use and protection. At the end of the nineteenth century, Belgard A. L. (1950) in his system of ectomorphs using terminology presented by Dekandol (1956) and Warming (1903), had proposed a «trophomorph» category that reflected species relation to soil richness. Analysis of trophomorphs reflects diversity of soil conditions in different biotopes within forest ecosystems. The article gives an analysis on vascular plant trophomorphs distribution in various forest biotopes of Oril river valley. Flora and vegetation surveys in forests of Oril river valley were carried out by A. L. Belgard and T. F. Kirichenko since the 30s of the 20th century. The latest data on forest vegetation state within the Oril river valley were given in the works of Y. Gamulja and V. Manyuk. Generalized bioecological analysis of flora Oril river valley was represented in the monograph of B. Baranovsky, V. Maniuk, I. Ivanko, L. Karmyzova «Flora analysis of the Oril National Park». As is known, edaphic conditions of plant habitats in a first place are determined by soil fertility depending on the plant nutrients availability. Soddy-forest soil on sandy terrace of Oril river valley has a relatively low content of humus and total nitrogen: 2 and 0.04 %. Under these conditions, pine phytocenoses were occurred that represented exclusively by artificial plantings. Soils in the depressed area of Oril river floodplain are much richer in humus and nitrogen content (10 and 0.37 %). Here, arboreal and shrubby vegetation is represented by communities with common oak. On the second terrace of Oril river valley, forest vegetation is represented by artificial pine forests. Microcenoses with black locust, amorpha and willow occurred on elevated areas of sandy terrace (arena). In the depressed area of the arena, microcenoses with aspen and birch, aspen, Tatarian maple, amorpha, black locust were occurred additionally to pine communities. In the Oril floodplain, native arboreal and shrubby vegetation is represented mainly by communities with common oak. In depressed areas of the floodplain, microcenoses with white poplar, black poplar, aspen, Tatarian maple, amorpha, willow (*Salix alba*, *S. fragilis*), osiery (*Salix cinerea*, *S. triandra*), and alder are fragmentarily occurred. In conditions of elevated areas of the floodplain, 196 vascular plants species were found, and 105 species in depressed areas. On the second terrace, 38 plant species grow on the elevated areas, and 54

✉ Tel.: +38095-779-99-94, e-mail: boris.baranovski@ukr.net

DOI: 10.15421/041714

species on the depressed ones. Flora includes 45 adventive plant species. In depressed floodplain areas, oligotrophs are represented by 7 species, mesotrophs by 126 species, megatrophs by 50 species, and in elevated areas: 7, 126 and 25 species, respectively. In depressed areas of arena oligotrophs are represented by 4 species, mesotrophs by 29 species, and megatrophs by 11, elevated areas: 7 and 21 species respectively, and megatrophs were absent.

Keywords: *biodiversity, biotopes, trophomorphs, floodplain, arena, oligotrophs, mesotrophs, megatrophs.*

УДК 581.1+58.006+5027.5 **Б. А. Барановский** канд. биол. наук, ст. науч. сотр.
 И. А. Иванько канд. биол. наук, ст. науч. сотр.
 А. В. Котович канд. биол. наук, ст. науч. сотр.
 Л. А. Кармызова
 Н. О. Рощина

*Днепро́вский национальный университет имени Оле́ся Гонча́ра,
просп. Гага́рина, 72, г. Дне́пр, Украи́на, 49010,
тел.: +38095-779-99-94, e-mail: boris.baranovski@ukr.net*

АНАЛИЗ ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ФЛОРЫ ЛЕСОВ ДОЛИНЫ р. ОРЕЛИ

Аннотация. В статье приведен анализ распределения трофоморф сосудистых растений в различных лесных биотопах долины р. Орели. Анализ трофоморф свидетельствует о разнообразии почвенных условий разных биотопов лесных экосистем. Эдафические условия местопрорастания растений определяются плодородием почв, которое зависит от наличия питательных веществ. Дерново-боровые почвы песчаной террасы р. Орели имеют сравнительно низкое содержание гумуса и общего азота – 2 и 0,04 % соответственно. Здесь распространены сосновые фитоценозы, которые представлены искусственными культурами. На повышенных участках арены встречаются белоакациевые, аморфные и шелюговые микроценозы. К пониженным участкам приурочены осиново-березовые, осиновые, чернокленовые, аморфные, белоакациевые микроценозы. На второй террасе на повышенных участках произрастает 38 видов, на пониженных участках – 54 вида с доминированием мезотрофов (29 и 21 вид соответственно). Почвы пониженных участков поймы Орели значительно богаче по содержанию гумуса и азота (10 и 0,37 % соответственно). Лесная растительность тут представлена сообществами дуба обыкновенного, а на пониженных участках – фрагментарными белотопольевыми, осокорниковыми, осиновыми, чернокленовыми, аморфовыми, вербняковыми, лозняковыми (*Salix cinerea*, *S. triandra*), ольховыми микроценозами. Здесь на повышенных участках встречаются 196 видов сосудистых растений, 126 из которых мезотрофы, а на пониженных участках – 105 видов с таким же количеством мезотрофов.

Ключевые слова: *биоразнообразие, биотопы, трофоморфы, пойма, арена, олиготрофы, мезотрофы, мегатрофы.*

УДК 581.1+58.006+5027.5 **Б. О. Барановський** канд. біол. наук, ст. наук. співр.
 І. А. Іванько канд. біол. наук, ст. наук. співр.
 О. В. Котович канд. біол. наук, ст. наук. співр.
 Л. О. Кармизова
 Н. О. Рощина

*Дніпро́вський національний університет імені Оле́ся Гонча́ра,
просп. Гага́рина, 72, м. Дні́про, Украї́на, 49010,
тел.: +38095-779-99-94, e-mail: boris.baranovski@ukr.net*

АНАЛІЗ ТРОФІЧНОЇ СТРУКТУРИ ФЛОРИ ЛІСІВ ДОЛИНИ р. ОРІЛІ

Анотація. У статті приведено аналіз розподілу трофоморф судинних рослин у різних лісових біотопах долини р. Орелі. Аналіз трофоморф свідчить про різноманітність ґрунтових умов різних біотопів лісових екосистем. Едафічні умови місцезростань рослин визначаються родючістю ґрунтів, яка залежить від наявності поживних речовин. Дерново-борові ґрунти

піщаної тераси р. Орелі мають порівняно низький вміст гумусу і загального азоту – 2 і 0,04 % відповідно. Тут поширені соснові фітоценози, які представлені штучними культурами. На підвищених ділянках ариї зустрічаються білоакацієві, аморфні та шельюгові мікроценози. Зі зниженими ділянками пов'язані осиково-березові, осикові, чорнокленові, аморфні, білоакацієві мікроценози. На другій терасі на підвищених ділянках зростає 38 видів, на знижених ділянках – 54 види із домінуванням мезотрофів (29 і 21 вид відповідно). Ґрунти знижених ділянок заплави Орелі значно багатші за змістом гумусу і азоту (10 і 0,37 % відповідно). Лісова рослинність тут представлена угрупованнями дуба звичайного, а на знижених ділянках – фрагментарними білостолевыми, осокорниковими, осиковими, чорнокленовими, аморфними, вербняковими, лозняковими (*Salix cinerea*, *S. triandra*), вільховими мікроценозами. Тут на підвищених ділянках зустрічаються 196 видів судинних рослин, 126 з яких мезотрофи, а на знижених ділянках – 105 видів з такою ж кількістю мезотрофів.

Ключові слова: біорізноманітність, біотопи, трофоморфи, заплава, ариї, оліготрофи, мезотрофи, мегатрофи.

ВСТУП

Біорізноманітність відіграє значну роль у підтриманні функціонування природних та штучних лісових екосистем (Ratcliffe, 2017) і має велике значення в їх протидії впливу антропокліматичних факторів (Pedro, 2015). Оцінка видового різноманіття та екоморфної структури лісових екосистем спрямована на визначення їх сучасного стану, раціонального використання та охорони.

Дослідження флори та рослинності лісів долини р. Орелі ще з 30-х років 20 століття проводили О. Л. Бельгард та Т. Ф. Кириченко (1940). Новітні дані щодо стану лісової рослинності долини р. Орелі наведено в працях Ю. Г. Гамулі (Gamulja, 1998, 1999, 2001), В. В. Манюка (Manjuk, 2015). Узагальнюючою роботою щодо біоекологічного аналізу флори долини р. Орелі є монографія Б. О. Барановського, В. В. Манюка, І. А. Іванько, Л. О. Кармизової «Аналіз флори національного природного парку «Орільський» (Baranovskij et al., 2017).

Як відомо, едафічні умови місцезростань рослин насамперед визначаються родючістю ґрунтів, яка залежить від умісту поживних речовин. У своїй системі екоморф О. Л. Бельгард (Belgard, 1950) запропонував категорію трофоморфи, яка відображає відношення видів до багатства ґрунтів. Трофоморфи підкреслюють особливості гідрологічних та трофічних умов біотопів.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися за загальноприйнятими методами вивчення флори судинних рослин. Трофоморфічний та ценоморфічний аналіз видів проведено на основі власних досліджень, гербарних матеріалів та літературних джерел (Belgard, 1950; Tarasov, 2012; Ekoflora Ukraini, 2000; Baranovs'kij et al., 2017) за системою екоморф О. Л. Бельгарда (Belgard, 1950) та доповненням нової екоморфи за Б. О. Барановським (2017). Латинські назви видів подано згідно з прийнятою в Україні номенклатурою (Mosyakin, Fedoronchuk, 1999).

Хімічні характеристики ґрунтів визначались за прийнятими в Україні державними стандартами. Зокрема, визначення вмісту органічного вуглецю і розрахунок гумусу проводилось методом окиснення органічної речовини розчином двохромовокислого калію в сірчаній кислоті з подальшим титруванням відповідно до ДСТУ 4289:2004 «Якість ґрунту. Метод визначення органічної речовини» (DSTU 4289:2004, 2005); визначення загального азоту – титриметричним методом мокрого спалювання за К'єдалем відповідно до ДСТУ 4726:2007 «Якість ґрунту. Визначення загального азоту в модифікації ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського» (DSTU 4726:2007, 2005).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як відомо, умови місцезростань – едафотопи крім кліматичних показників визначаються родючістю, яка залежить від наявності в ґрунті поживних речовин. Для оцінки лісорослинних умов за типологією П. П. Погребняка (Pogrebnjak, 1955), загальноприйнятою в різних її модифікаціях в Україні, при характеристиці родючості ґрунту використовують поняття «мінералізація ґрунтового розчину». Це відповідає лісовим екосистемам лісової зони та Лісостепу. На наш погляд, оцінку родючості ґрунту доцільно здійснювати за показниками, що відображають результати біологічного кругообігу та характеризують багатство ґрунту, у першу чергу це гумусові речовини та загальний азот. Особливо це стосується степової зони, де на території долинно-терасових ландшафтів розвинуто ґрунти з підвищеною мінералізацією та наявністю солей, які не є поживними для рослин (наприклад, NaCl), що знижує їх лісорослинні властивості.

Трофістність у буквальному розумінні означає наявність поживних речовин у ґрунті, тобто термін «трофоморфі» відображає екоморфі рослин за їх відношенням до вмісту, у першу чергу гумусових та азотистих речовин.

В органогенних горизонтах ґрунтів степової зони міститься від 3 до 9 % гумусу та до 0,3 % валового азоту (Atlas pochv Ukrainsoj SSR, 1979). Ґрунти заплав та піщаних річкових терас р. Орелі мають певні відмінності від зональних ґрунтів. Найбільш високий вміст гумусу для органогенних горизонтів властивий для ґрунтів низької заплави (при висоті до 2 м над рівнем води в руслі).

Ґрунти знижених ділянок заплав значно багатші на органічні речовини. Тут потужність гумусовоаккумулятивних горизонтів сягає 2,5 м, а кількість гумусу та загального азоту становить 10 і 0,37 % відповідно (табл. 2). Загальні запаси гумусу в шарі ґрунту 0–100 см сягають 700 т/га. Ґрунти підвищеної заплави (від 5 м над рівнем води в річці) містять у своєму складі меншу кількість гумусових речовин, що можна пов'язати з їх більш легким гранулометричним складом. Так, максимальна кількість гумусу в ґрунтах підвищеної заплави сягає 8 %, а запаси в метровому шарі – до 550 т/га. Кількість загального азоту – 0,22 %.

Дерново-борові ґрунти піщаних терас р. Орелі мають порівняно низький вміст гумусу та азоту – 2 та 0,04 % відповідно, що пов'язано з їх легким гранулометричним складом і повільним кругообігом речовин та енергії. Разом з тим окремі місцезростання відрізняються за цими показниками. Перш за все це стосується ділянок поверхні з неглибоким заляганням підґрунтових вод, де формуються найбільш продуктивні суборові комплекси. Їхня продуктивність в окремих випадках сягає 650 м³/га. Запаси гумусу в метровому шарі цих ґрунтів – 350 т/га, а кількість загального азоту в органогенних горизонтах – 0,13 %.

У заплаві р. Орелі природна деревно-чагарникова рослинність переважно представлена угрупованнями формації дуба звичайного (*Querceta roburae*). Ліси з дуба звичайного (*Quercus robur* L.) мають нерівномірний характер просторового розміщення, невелику площу, локалізовані в заплавних місцезростаннях та належать, за типологією природних лісів степової зони України О. Л. Бельгарда, до короткозаплавних типів лісу. Дуже зрідка зустрічаються великі масиви природних дібров (Сулимівський ліс, Шагарівський ліс). У межах дібровного комплексу у вологих та сирих гігروتпах (у мікронизженнях заплави, біля притерасних озер, боліт, стариць, у прибережній зоні Орелі) широко представлені автохтонні короткозаплавні та фрагментарно – довгозаплавні формації (*Populeta albae*, *Populeta nigrae*, *Populeta tremulae*, *Saliceta albae*, *Saliceta triandrae*, *Saliceta cinerae*) та адвентивна формація *Amorpheta fruticosae*, які формують мішані або монодомінантні фрагментарні ценози (білотопольники, осокірники, осичники, вербняки, сіролозняки, жовтолозняки зі значною домішкою аморфи). Формації *Populeta nigrae*, *P. albae*, *Populeta tremulae*, *Saliceta albae* представлені невеликими фрагментами, *Saliceta triandrae* та *S. cinereae* іноді формують значні за площею зарості у прибережній зоні Орелі та в локальних

пониженнях заплави. Типологічне різноманіття дібровних комплексів залежить від особливостей рельєфу, виразності долинних терас, ґрунтово-гідрологічних умов та антропогенних факторів (табл. 2). Природні діброви представлені практично всіма групами типів короткозаплавних лісів за О. Л. Бельгардом (Bel'gard, 1950): група типів D'c (без'ясеневі липові діброви (*Tilieta (cordata) Quercetum*), гострокленово-пакленово-липові діброви (*Acereto (platanoides) – Acereto (campestre) – Tilieta (cordata) Quercetum*), липово-в'язові діброви (*Ulmeto (laevis) – Tilieta (cordata) Quercetum*), берестово-липові діброви (*Ulmeto (minor) – Tilieta (cordata) Quercetum*), група типів D'ac (липово-ясеневі діброви (*Tilieta (cordata) – Fraxineto (excelsior) Quercetum*)), група типів D'n (в'язові діброви (*Ulmeto (laevis) – Quercetum*), берестово-в'язові діброви (*Ulmeto (minor) – Ulmeto (laevis) Quercetum*), пакленові діброви (*Acereto (campestre) Quercetum*), в'язово-чорнокленові діброви (*Ulmeto (laevis) – Quercetum acereto-tataricosum*), група типів E' (берестово-чорнокленові дубняки (*Ulmeto (minor) – Quercetum acereto-tataricosum*), чорнокленові дубняки (*Quercetum acereto-tataricosum*), а також їх похідними типами. Для природних дібровних комплексів заплави р. Орлі характерне зменшення площ дібров з липою сердцелистою, формування похідних типів, іноді за участю адвентивних деревних та чагарникових видів та переважання берестово-чорнокленових та чорнокленових дубняків у засолених місцезростаннях.

Таблиця 1

Флористичний склад деревно-чагарникових угруповань біотопів долини р. Орлі

№ п/п	Класи, родини	Види рослин	Біоморфи	Ценоморфи та адвенти	Трофоморфи	Елементи ландшафту			
						заплава		арена	
						підвищені ділянки	знижені ділянки	підвищені ділянки	знижені ділянки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Equisetopsida Equisetaceae	Equisetum arvense L.	Per	RuSilPr	MsTr	+	+	–	–
2		Equisetum hyemale L.	sFr	PrSil	MsTr	–	+	–	–
3	Polypodiopsida Athyriaceae	Athyrium filix-femina (L.) Roth	Per	Sil	MsTr	–	+	–	+
4		Cystopteris fragilis Bernh.	Per	PsSil	MsOgTr	+	+	–	–
5	Dryopteriaceae	Dryopteris carthusiana H.P.Fuchs.	Per	Sil	MsTr	+	+	+	+
6		Dryopteris cristata (L.) A.Grey	Per	Sil	OgMsTr	–	+	–	–
7	Ophioglossaceae	Ophioglossum vulgatum L.	Per	SilPr	MsTr	–	+	–	–
8	Thelypteridaceae	Thelypteris palustris Schott	Per	SilPal	MsTr	–	+	–	+
9	Pinopsida	Pinus pallasiana D. Don	Arb	SilCuA	OgTr			+	
10		Pinus sylvestris L.	Arb	Sil	OgTr			+	+
11	Liliopsida Alliaceae	Allium decipiens Fisch. ex Schult. et Schult.f.	Per	SilPrSt	MsTr	+	–	–	–
12		Allium oleraceum L.	Per	RuStPrSil	MsOgTr	+	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	Asparagaceae	Asparagus tenuifolius Lam.	Per	Sil	MsTr	+	–	–	–
14	Convallariaceae	Convallaria majalis L.	Per	Sil	MsTr	+	+	+	+
15		Polygonatum multiflorum(L.)All.	Per	Sil	MgTr	+	+	+	+
16	Cyperaceae	Carex acutiformis Ehrh.	Per	SilPal	MsTr	–	+	–	–
17		Carex hirta L.	Per	SilPr	OgMsTr	+	+	+	+
18		Carex lachenalii Schuhr	Per	SilPr	MsTr	+	+	–	–
19		Carex melanostachya Bieb. ex Willd.	Per	PalPrSil	AlkMgTr	+	+	–	–
20		Carex michelii Host	Per	StSil	MsTr	+	–	–	–
21		Carex muricata L.	Per	Sil	MgTr	+	–	–	–
22		Carex pseudocyperus L.	Per	SilPal	OgMsTr	–	+	–	+
23		Carex spicata Huds.	Per	PrSil	MgTr	+	–	–	–
24		Scirpus sylvaticus L.	Per	SilPal	MsTr	–	+	–	–
25	Hyacinthaceae	Ornithogalum bouscheanum (Kunth) Aschers.	Per	PrSil	MsTr	+	–	–	–
26		Ornithogalum fimbriatum Willd.	Per	Sil	MsTr	+	–	–	–
27		Ornithogalum umbellatum L.	Per	PtSil	MsTr	+	–	–	–
28		Scilla bifolia L.	Per	SMnSil	MsTr	+	–	+	–
29		Scilla sibirica Haw.	Per	Sil	MgTr	+	–	–	–
30	Liliaceae	Fritillaria ruthenica WiXtr.	Per	Sil	MsTr	+	–	–	–
31		Gagea erubescens (Bess.) Schult.et Schult.fil.	Per	RuSil	MgTr	+	–	–	–
32		Gagea lutea (L.) Ker-Gawl.	Per	Sil	MsTr	+	–	–	–
33		Gagea minima (L.) Ker-Gawl.	Per	PtSil	MsTr	+	–	–	–
34		Tulipa quercetorum Klokov et Zoz	Per	StSil	MgTr	+	+	–	–
35	Melanthaceae	Veratum nigrum L.	Per	SilPr	MsTr	+	–	–	–
36	Orchidaceae	Epipactis helleborine (L.) Crantz	Per	PrSil	MsTr	+	–	–	–
37		Listera ovata (L.) R.Borbas	Per	Sil	MsTr	–	+	–	–
38	Poaceae	Agrostis gigantea Roth.	Per	SilPr	MsTr	+	–	–	–
39		Anisantha tectorum(L.) Nevslj	Ann	PsRuA	Og-MgTr	+	+	+	+
40		Apera spica-venti (L.) Beauv.	Ann	RuPsA	OgTr	+	+	+	+
41		Arrhenatherum elatius (L.) J. et C. Presl	Per	SilPr	MsTr	+	–	–	–
42		Avena fatua L.	Ann	RuA	MsTr	+	–	–	–
43		Brachypodium sylvatica (Huds.) Beauv.	Per	Sil	MgTr	+	–	–	–
44		Bromus arvensis L.	Ann	RuA	MsTr	+	–	–	–
45		Bromus commutatus Schrad	Ann	RuA	MsTr	+	–	–	–
46		Calamagrostis canescens (Web.) Roth	Per	SilPrPal	MsTr	–	+	–	–
47		Dactylis glomerata L.	Per	SilPr	OgMsTr	+	–	+	–
48		Echinochloa crusgalli (L.)Beauv.	Ann	RuA	Og-MgTr	–	+	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
49		Elymus caninus (L.) L.	Per	Sil	MgTr	+	-	-	-
50		Elytrigia repens (L.) Nevski	Per	SilStPrRu	MsTr	+	+	-	+
51		Eragrostis suaveolens A.Beck.ex Claus	Ann	SilPrPs	OgTr	-	+	+	+
52		Eragrostis minor Host	Ann	PsRuA	OgMsTr	+	-	+	-
53		Festuca gigantea (L.) Vill.	Per	Sil	MgTr	+	+	-	-
54		Koeleria sabuletorum (Domin) Klovov	Per	SilPsSt	OgTr	-	+	-	-
55		Poa angustifolia L.	Per	SilPrSt	MsMgTr	+	-	-	-
56		Poa annua L.	Ann	RuSilPr	MsTr	+	+	-	-
57		Poa bulbosa L.	Per	RuSilSt	OgMsTr	+	-	+	-
58		Poa compressa L.	Per	RuSt	OgMsTr	+	-	-	-
59		Poa nemoralis L.	Per	Sil	MsTr	+	-	-	-
60		Poa sylvicola Guss.	Per	SilPalPr	MgTr	-	+	-	-
61		Poa trivialis L.	Per	SilPalPr	MsTr	-	+	-	-
62		Setaria glauca (L.) Beauv.	Ann	PsRuA	MsTr	+	-	-	+
63		Setaria viridis (L.) Beauv.	Ann	PsRuA	OgMsTr	+	-	-	+
64	Magnoliopsida Aceraceae	Acer campestre L.	Arb	SMnSil	MgMsTr	+	+	-	-
65		Acer negundo L.	Arb	SilCuRuA	Og-MgTr	+	+	+	+
66		Acer platanoides L.	Arb	Sil	MgMsTr	+	+	-	+
67		Acer pseudoplatanus L.	Arb	SilCuA	MgMsTr	+	-	-	-
68		Acer tataricum L.	ArbFr	SilSMn	Og-MgTr	+	+	-	+
69	Apiaceae	Aegopodium podagraria L.	Per	Sil	MgTr	+	-	-	-
70		Aethusa cynapium L.	AnnBien	SilRuA	MsTr	+	-	-	-
71		Angelica sylvestris L.	Per	PrSil	MsTr	-	+	-	-
72		Antriscus cerefolium (L.) Hoffm.	Ann	SilRu	MsTr	+	-	-	-
73		Antriscus sylvestris (L.) Hoffm.	Per	RuSil	MsTr	+	-	-	-
74		Chaerophyllum bulbosum L.	Bien	PrSil	OgTr	+	-	-	-
75		Chaerophyllum prescotii DC.	Bien	PrSilRu	MgTr	+	-	-	-
76		Chaerophyllum temulum L.	Bien	RuSil	MsTr	+	-	-	-
77		Cnidium dubium (Schkuhr) Thell.	Bien	PrSil	MsTr	-	+	-	-
78		Heracleum sibiricum L.	Bien	PrSil	MsTr	-	+	-	-
79		Pastinaca sylvestris Mill.	Bien	SilPr	MsTr	+	-	-	-
80		Torilis japonica (Houtt.)DC.	Bien	RuSil	MsTr	+	-	-	-
81	Apocynaceae	Vinca minor L.	Per	PrSilRuA	MsTr	+	-	-	-
82	Aristolochiaceae	Aristolochia clematitis L.	Per	PrSil	MsTr	+	+	-	-
83		Asarum europaeum L.	Per	Sil	MgTr	+	-	-	-
84	Asclepiadaceae	Vincetoxicum hirundinaria Medik. Kusn.	Per	StSil	MsTr	+	-	-	-
85		Vincetoxicum rossicum (Kleopov). Barb	Per	PrSil	MsTr	+	-	-	-
86	Asteraceae	Achillea millefolium L.	Per	RuSilPrSt	MgTr	+	-	-	-
87		Achillea submillefolium Klok. et Krytzka	Per	RuSilPrSt	MsTr	+	-	+	-
88		Ambrosia artemisifolia L.	Ann	RuA	Og-MgTr	+	-	-	+

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
89		Anthemis cotula L.	Ann	RuA	MsTr	+	–	–	–
90		Arctium lappa L.	Bien	SilRu	MgTr	+	+	–	–
91		Artemisia absinthium L.	Per	RuA	MsTr	+	+	–	–
92		Artemisia pontica L.	Per	SilSt	MsTr	+	–	–	–
93		Artemisia vulgaris L.	Per	PrRu	MgTr	+	–	–	–
94		Bidens tripartita L.	Ann	PalPr	MsTr	–	+	–	–
95		Carduus crispus L.	Bien	SilRu	MsTr	+	+	–	–
96		Coniza canadensis (L.) Cronq.	AnnBien	RuA	Og-MgTr	+	–	–	–
97		Eupatorium cannabinum L.	Per	SilPr	MgTr	–	+	–	–
98		Filago arvensis L.	Ann	StSil	OgMsTr	+	–	–	–
99		Hypochaeris maculata L.	Per	SilPr	MsTr	+	–	–	–
100		Lactuca chaixii Vill.	AnnBien	Sil	MgTr	+	–	–	–
101		Lactuca serriola Torner	AnnBien	SilRuA	MsTr	+	–	–	–
102		Lapsana communis L.	Ann	RuSil	MgTr	+	–	+	–
103		Phalacrolooma annuum (L.) Dumort.	AnnBien	RuA	MsTr	+	+	–	–
104		Solidago canadensis L.	Per	CuRuA	MsTr	+	–	–	–
105		Taraxacum officinale Wigg. aggr.	Per	SMnRuPr	MsTr	+	–	–	–
106	Betulaceae	Alnus glutinosa (L.) Gaerthn.	Arb	PalSil	MgTr	–	+	–	–
107		Betula pendula Roth.	Arb	Sil	MsOgTr	–	+	–	+
108	Boraginaceae	Asperugo procumbens L.	Ann	Ru	MsTr	+	+	–	–
109		Myosotis sparsiflora Pohl	AnnBien	RuSil	MsTr	+	–	–	–
110		Pulmonaria obscura Dumort.	Per	Sil	OgMsTr	+	+	–	–
111		Symphytum officinale L.	Per	SilPalPr	MsTr	–	+	–	–
112	Brassicaceae	Alliaria petiolata (Bieb.) Cavara et Grande	Per	RuSil	MsTr	+	–	–	–
113		Berteroa incana (L.) DC.	Bien	Ru	Og-MgTr	+	–	+	–
114		Camelina microcarpa Andrcz.	Ann	SilRuA	MsTr	+	–	–	–
115		Cardamine amara L.	Per	SilPal	MsTr	–	+	–	–
116		Cardamine impatiens L.	AnnBien	PalSil	MsTr	–	+	–	–
117		Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.	Ann	RuA	MsTr	+	–	–	–
118		Erysimum aureum M.Bieb.	Bien	SMnSil	MsTr	–	+	–	–
119		Sisymbrium loeselii L.	AnnBien	RuA	OgMsTr	+	–	–	–
120	Caesalpiniaceae	Gleditsia triacanthos L.	Arb	SilCuA	MsTr	+	–	–	–
121	Campanulaceae	Adenophora lilifolia (L.) Ledeb ex A.DC	Per	Sil	MsTr	+	–	–	–
122		Campanula bononiensis L.	Per	StSil	MsTr	+	–	+	–
123		Campanula glomerata L.	Per	StPrSil	MsTr	+	–	+	–
124		Campanula patula L.	Bien	SilPr	MsTr	+	–	–	–
125		Campanula persicifolia L.	Per	PsSil	MsTr	+	–	+	–
126		Campanula rapunculoides L.	Per	PrSMnSil	MsTr	+	–	–	–
127		Campanula trachelium L.	Per	SMnSil	MsTr	+	–	–	–
128	Cannabaceae	Humulus lupulus L.	Per	RuSil	MsTr	+	–	–	–
129	Caprifoliaceae	Lonicera tatarica L.	Fr	SilSMnCu	MsTr	+	–	–	–
130		Sambucus nigra L.	Fr	RuSil	OgMs-MgTr	+	+	–	+

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
131		Viburnum opulus L.	Fr	Sil	MgTr	–	+	–	–
132	Caryophyllaceae	Alsine media L.	AnnBien	SilRu	MsMgTr	+	+	–	–
133		Cucubalus baccifer L.	Per	PrSil	MgTr	+	+	–	–
134		Moeringia trinervia (L.) Clairv.	AnnBien	Sil	MsTr	+	+	–	+
135		Stellaria holostea L.	Per	Sil	MsTr	+	+	–	–
136	Celastraceae	Euonymus europaea L.	Fr	SMnSil	MsTr	+	+	–	+
137		Euonymus verrucosa Scop.	Fr	SMnSil	MsTr	+	+	–	+
138	Chenopodiaceae	Chenopodium album L.	Ann	Ru	MsTr	+	–	–	–
139		Chenopodium hybridum L.	Ann	SilRuA	MsTr	+	–	–	–
140	Comaceae	Swida sanguinea (L.) Opiz.	Fr	Sil	MsTr	+	+	–	+
141	Corylaceae	Corylus avellana L.	Fr	Sil	MsTr	+	+	–	–
142	Cuscutaceae	Cuscuta europaea L.	Ann	PrSil	Par	–	+	–	–
143	Elaeagnaceae	Elaeagnus angustifolia L.	FrArb	SilPrCuRuA	Ms-AlkMgTr	+	–	–	–
144	Fabaceae	Amorpha fruticosa L.	Fr	SilPrCuRuA	Og-MgTr	+	+	+	+
145		Astragalus glycyphyllos L.	Per	Sil	MgTr	+	–	–	–
146		Caragana arborescens Lam.	Fr	SilCuA	MsTr	+	–	–	–
147		Robinia pseudacacia L.	Arb	SilCuRuA	Og-MgTr	+	+	+	+
148		Trifolium alpestre L.	Per	SilStPr	MgTr	+	–	+	–
149		Trifolium campestre Schreb.	Ann	SilPr	MsTr	+	–	–	–
150		Trifolium medium L.	Per	SilPr	MgTr	+	–	–	–
151		Trifolium montanum L.	Per	SilPr	MgTr	+	–	–	–
152		Trifolium pratense L.	Per	RuSilPr	MgTr	+	+	–	–
153		Vicia hirsuta (L.) S.F.Grag	Ann	RuSilSt	MsTr	+	–	+	–
154		Vicia pisiformis L.	Per	Sil	MsTr	+	–	+	–
155	Fagaceae	Quercus robur L.	Arb	Sil	OgMs-AlkMgTr	+	+	–	–
156	Fumariaceae	Corydalis solida (L.) Clairv.	Per	Sil	MgTr	+	–	–	–
157	Geraniaceae	Erodium cicutarium (L.) L Her	Ann	RuSilPtSt	OgMsTr	+	–	–	–
158		Geranium divaricatum Ehrh.	Ann	RuSil	OgMsTr	+	–	+	–
159		Geranium robertianum L.	Ann	PtSil	OgMsTr	+	–	+	–
160	Grossulariaceae	Ribes aureum Pursh	Fr	SilSMnCuA	MsTr	+	–	–	–
161	Juglandaceae	Juglans regia L.	Arb	SilCuA	MsMgTr	+	–	–	–
162	Lamiaceae	Ajuga genevensis L.	Per	RuPrSil	MsTr	+	–	–	–
163		Ballota nigra L.	Per	RuA	MsTr	+	+	–	–
164		Betonica officinalis L.	Per	PrSil	OgTr	+	–	+	–
165		Clinopodium vulgare L.	Per	Sil	MsTr	+	–	+	–
166		Dracocephalum thymiflorum L.	AnnBien	StSilRuA	OgMsTr	+	–	+	–
167		Glechoma hederacea L.	Per	RuPrSil	MsTr	+	–	+	–
168		Leonurus cardiaca L.	Per	SilRuA	MgTr	+	–	–	–
169		Mentha arvensis L.	Per	RuPrSil	MsTr	–	+	–	–
170		Nepeta cataria L.	Per	RuStSilA	MsTr	+	–	–	–
171		Prunella vulgaris L.	Per	RuPrSil	MgTr	+	–	–	–
172		Scutellaria altissima L.	Per	Sil	MgTr	+	–	–	–
173		Stachys sylvatica L.	Per	Sil	MgTr	+	–	–	–
174	Loranthaceae	Viscum album L.	Fr	Sil	Par	+	+		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
175	Moraceae	Morus alba L.	Arb	SilCuRuA	MsTr	+	+	-	+
176	Oleraceae	Fraxinus excelsior L.	Arb	Sil	MsMgTr	+	+	-	+
177		Fraxinus lanceolata Borkh.	Arb	SilCuRuA	MsTr	+	+	-	+
178		Ligustrum vulgare L.	Fr	PtSil	MsTr	+	+	-	-
179	Papaveraceae	Chelidonium majus L.	Per	RuSil	MsMgTr	+	-	+	-
180	Plantaginaceae	Plantago major L.	BienPer	StSMnRuPr	MgTr	+	+	-	-
181		Plantago media L.	Per	RuSilPrSt	MgTr	+	-	-	-
182	Polygonaceae	Fallopia convolvulus (L.) A.Love	Ann	RuA	MsTr	+	-	-	-
183		Persicaria hydropiper L.	Ann	RuSilPalPr	MsTr	-	+	-	+
184	Primulaceae	Lysimachia nummularia L.	Per	SilPr	MsMgTr	-	+	-	-
185	Ranunculaceae	Anemone ranunculoides (L.) Holub	Per	Sil	MgTr	+	-	+	-
186		Ficaria verna Huds.	Per	RuPrSil	MgTr	+	-	-	-
187	Rhamnaceae	Frangula alnus Mill.	Fr	SMnSil	Og-MgTr	+	+	-	+
188		Rhamnus catartica L.	Fr	SilSMn	MsMgTr	+	+	-	-
189	Rosaceae	Agrimonia eupatoria L.	Per	SMnSt	MgMsTr	+	-	-	-
190		Armeniaca vulgaris Lam.	Arb	SilRuCuA	OgMsTr	+	+	-	+
191		Cerasus avium (L.) Moench	Arb	SilCu	MsTr	+	-	-	-
192		Crataegus fallacina Klok.	Fr	SilStSMn	MsMgTr	+	+	-	-
193		Crataegus leiomonogyna Klov.	Fr	SilSMnPtSt	MsTr	+	+	-	+
194		Geum urbanum L.	Per	RuSil	OgMsTr	+	-	-	-
195		Fragaria viridis Duch.	Per	StSMn	MsTr	+	-	-	-
196		Malus domestica Borkh.	Arb	SilRuCuA	MsTr	+	-	-	-
197		Malus sylvestris Mill.	Arb	SMnSil	Og-MgTr	+	+	-	-
198		Malus praecox (Pall.) Borkh.	Arb	SilStSMn	MgMsTr	+	-	-	-
199		Potentilla argentea L.	Per	SilPrStRu	MsTr	+	-	+	-
200		Prunus domestica L.	Arb	RuCuA	MsTr	+	-	-	-
201		Pyrus communis L.	Arb	StPrSMnSil	MsMgTr	+	+	-	+
202		Rubus caesius L.	Fr	RuSil	MsTr	+	+	-	+
203		Sorbus aucuparia L.	Arb	Sil	OgMsTr	-	+	-	+
204	Rubiaceae	Galium aparine L.	Ann	SilRu	MgTr	+	-	+	-
205		Galium mollugo L.	Per	SilPr	MsTr	+	-	-	-
206		Galium odoratum (L.) Scop.	Per	Sil	MsTr	+	-	-	-
207		Galium physocarpum Ledeb.	Per	SilPr	MgTr	+	-	-	-
208	Salicaceae	Populus alba L.	Arb	Sil	OgMsTr	-	+	-	+
209		Populus ×canadensis Moench	Arb	SilCu	MsTr	+	+	-	-
210		Populus deltoides Marsh.	Arb	SilCu	MsTr	+	+	-	-
211		Populus italica (Du Roi) Moench	Arb	SilCu	MsTr	+	+	-	-
212		Populus nigra L.	Arb	Sil	OgMsTr	-	+	-	+
213		Populus tremula L.	Arb	Sil	OgMsTr	-	+	-	+
214		Salix alba L.	Arb	Sil	Og-MgTr	+	+	-	+
215		Salix acutifolia Willd.	Fr	SilSMnPst	OgTr	-	-	+	-
216		Salix cinerea L.	Fr	SilPrPal	MsMgTr	-	+	-	+
217		Salix fragilis L.	Arb	SilPr	MsTr	-	+	-	+

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
218		<i>Salix pentandra</i> L.	Fr	PalSil	MsTr	–	+	–	–
219		<i>Salix rosmarinifolia</i> L.	Fr	SilPs	Og-MgTr	–	–	+	+
220		<i>Salix triandra</i> L.	Fr	AqPr	MgTr	–	+	–	–
221		<i>Salix vinogradovii</i> A. Skvorts.	Fr	SilPr	OgMsTr	–	+	–	+
222	Scrophulariaceae	<i>Euphrasia stricta</i> D. Wolff ex J.F. Lehm.	Ann	SMnSil	OgMsTr	+	–	+	–
223		<i>Melampyrum cristatum</i> L.	Ann	SilPsPr	OgMsTr	+	–	–	–
224		<i>Scrophularia nodosa</i> L.	Per	PrSMnSil	MsMgTr	+	–	–	–
225		<i>Veronica austriaca</i> L.	Per	SilSMnCrSt	CaMsTr	+	–	+	–
226		<i>Veronica longifolia</i> L.	Per	SilPr	MgTr	–	+	–	–
227	Simarubaceae	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Arb	SilCuRu	OgMsTr	+	+	–	–
228	Solanaceae	<i>Solanum dulcamara</i> L.	Per	SilPal	MsMgTr	–	+	–	+
229	Tiliaceae	<i>Tilia cordata</i> Mill.	Arb	Sil	MsMgTr	+	+	–	+
230		<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	Arb	SilCuA	MsTr	+	–	–	–
231	Ulmaceae	<i>Celtis occidentalis</i> L.	Arb	SilCu	MgMsTr	+	–	–	–
232		<i>Ulmus glabra</i> Huds.	Arb	Sil	MgTr	+	–	–	–
233		<i>Ulmus laevis</i> Pall.	Arb	Sil	OgMs-MgTr	+	–	–	+
234		<i>Ulmus minor</i> Mill.	Arb	SilSMn	MsTr	+	–	–	+
235		<i>Ulmus pumila</i> L.	Arb	SilCuRuA	OgMsTr	+	+	–	+
236		<i>Ulmus suberosa</i> Moench	FrArb	SilSMn	MsTr	+	–	–	–
237	Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	Per	SilRu	MsMgTr	+	+	–	+
238		<i>Urtica galeopsifolia</i> L.	Per	PalSil	MgTr	–	+	–	–
239	Violaceae	<i>Viola canina</i> L.	Per	PrSil	MsTr	+	–	–	–
240		<i>Viola hirta</i> L.	Per	StSil	MsMgTr	+	–	–	–
241		<i>Viola lavrencoana</i> Klokov	Ann	RuSilPs	OgTr	–	–	+	–
242		<i>Viola mirabilis</i> L.	Per	Sil	MsMgTr	+	–	–	–
243		<i>Viola odorata</i> L.	Per	RuSil	MsMgTr	+	–	+	–
244		<i>Viola suavis</i> Bieb.	Per	PrSil	MsTr	–	+	–	–
245	Vitaceae	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	Fr	SilCuRuA	MsTr	+	+	–	+

Умовні позначення: біоморфи: Ann (Annuus) – однорічник; Bien (Biennis) – дворічник; Per (Perennis) – багаторічник; SFr (Suffrutex) – напівкущ; Fr (Frutex) – кущ; Arb (Arbor) – дерево; ценоморфи: Aq (Aqant) – аквант (водний); Pal (Paludosus) – палюдант (болотний); Pr (Pratensis) – пратант (лучний); Sil (Silvaticus) – сільвант (лісовий); St (Stepposus) – степант (степовий); SMn (Margosilvaticus) – сільвомаргоант (узлісний вид); Ps (Psammophyton) – псамофант (вид піщаних ґрунтів); Pt (Petrophyton) – петрант (вид кам'янистих ґрунтів); Ru (Ruderatus) – рудерант (бур'янистий); Hal (Halophyton) – галофант (вид засоленних ґрунтів та водойм із високою мінералізацією); Cu (Cultus) – культурант (вид, який культивується); гігроморфи: Hy (Hydrophyton) – гідатофіт (занурений); Pl (Pleistophyton) – плейстофіт (із плаваючим листям); Hel (Helophyton) – гелофіт (повітряно-водяний); Hg (Hygrophyton) – гігрофіт (зволожений місцезростань); Ms (Mesophyton) – мезофіт (середніх за зволоженістю місцезростань); X (Xerophyton) – ксерофіт (сухих місцезростань). (У символі екоморф остання частина основна, попередні – уточнювальні)

Природних лісів із сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у долині Орілі не залишилось. Соснові фітоценози другої тераси (арени) представлені штучними культурами різних вікових стадій, станів, ступенів натуралізації, які сформовані в межах надзаплавної аренної тераси та належать до позазаплавних типів лісу. У межах натуралізованих соснових насаджень у міждонних зниженнях природно формуються осикові, осиково-березові, зрідка березові мікроценози (колки). Характерною

особливістю є значний розвиток мішаних колків за участю чорноклена (*Acer tataricum* L.) або практично чистих «чорнокленовників» та формування масового підліску та колків з акації білої (*Robinia pseudacacia* L.) та аморфи кущової (*Amorpha fruticosa* L.). У блюцеподібних зниженнях арени фрагментарно розвинуті сіролозняки (*Saliceta cinerea*). На відміну від природних арених лісів, верба гостролиста (*Salix acutifolia* Willd.) та верба розмаринолиста (*Salix rosmarinifolia* L.) не формують характерних заростей, а представлені поодинокими екземплярами. У Магдалинівському районі (Шагарівський ліс) у міждюнных пониженнях арени зростають локальні липові діброви, які займають положення суборів (група типів В), але за видовим складом та структурою відповідають липовим дібровам короткозаплавного комплексу (група типів D'c).

Таблиця 2

Розподіл трофоморф за основними біотопами

Біотопи	Гігروتони (за Бельгардом, 1950)	Трофотони (за певними показниками, %)		Основні типів лісів	Трофоморфи
		гумус	валовий азот		
Знижена заплава	Мезогігрофільні, гігрофільні, ультрагігрофільні	8–11	0,37	D'c, D'ac, D'n, E', мікроценози білостолеві, осокорникові, осикові, чорнокленові, аморфні, вербнякові (<i>Salix alba</i> , <i>S. fragilis</i>), лознякові (<i>Salix cinerea</i> , <i>S. triandra</i>), вільшнякові	OgTr – 3 MsTr – 63 MgTr – 50 Og-MgTr – 9
Підвищена а заплава	Мезофільні, ксеро-мезофільні	5–8	0,22	D'c, D'ac, D'n, E'	OgTr – 7 MsTr – 126 MgTr – 25 Og-MgTr – 11
Знижена арена	Мезофільні, гігromeзофільні	2–4	0,13	Штучні соснові насадження. Мікроценози осикові, осиково-березові, березові, чорнокленові, білоакацієві, аморфні, сіролознякові, шелюгові	OgTr – 4 MsTr – 29 MgTr – 11 Og-MgTr – 9
Підвищена арена	Ксерофільні	1–2	0,04	Штучні соснові насадження. Мікроценози білоакацієві, аморфні, шелюгові	OgTr – 7 MsTr – 21 MgTr – 0 Og-MgTr – 6

Видове та трофоморфічне фіторізноманіття лісів долини р. Орлі залежить від елементу ландшафту, положення біотопів на різних гіпсометричних рівнях та від типу лісових угруповань. У заплаві на підвищених ділянках зустрічається 196 видів, на знижених ділянках – 105 видів. На другій терасі на підвищених ділянках зустрічається 38 видів, на знижених ділянках – 54 види (табл. 1). Трофоморфи за різними біотопами долини р. Орлі розподілені наступним чином (табл. 2): на знижених ділянках заплави оліготрофи представлені 7 видами, мезотрофи – 126 видами, мегатрофи – 50 видами, а на підвищених ділянках – 7, 126 і 25 видами відповідно. На знижених ділянках арени оліготрофи представлені 4 видами, мезотрофи – 29 видами, а мегатрофи – 11 видами, на підвищених ділянках – 7, 21 та видами відповідно, а мегатрофи – відсутні.

ВИСНОВКИ

Грунти заплав та піщаних річкових терас р. Орлі мають певні відмінності від зональних ґрунтів. Грунти знижених ділянок заплав значно багатші на органічні

речовини. Тут потужність гумусово-аккумулятивних горизонтів сягає 2,5 м, а кількість гумусу та загального азоту становить 10 і 0,37 % відповідно. Максимальна кількість гумусу в ґрунтах підвищеної заплави сягає 8 %, кількість загального азоту – 0,22 %. Дерново-борові ґрунти піщаних терас р. Орелі мають порівняно низький уміст гумусу та азоту – 2 та 0,04 % відповідно, що пов'язано з їх легким гранулометричним складом і повільним кругообігом речовин та енергії.

Видове та трофomorphicне фіторізноманіття лісів долини р. Орелі залежить від елементу ландшафту, положення біотопів на різних гіпсометричних рівнях та від типу лісових угруповань. Найбільшим флористичним різноманіттям відрізняються підвищені ділянки заплави, де зустрічається 196 видів, меншим – знижені ділянки – 105 видів. Найменше різноманіття притаманне підвищеним ділянкам арени, де зростає 38 видів, більше різноманіття характерне для знижених ділянок – 54 види. Розподіл трофomorphic відповідає вмісту поживних речовин і репрезентує наступну градацію. На знижених ділянках заплави оліготрофи представлені 7 видами, мезотрофи – 126 видами, мегатрофи – 50 видами, а на підвищених ділянках: 7, 126 та 25 видами відповідно. На знижених ділянках арени оліготрофи представлені 4 видами, мезотрофи – 29 видами, мегатрофи – 11 видами, на підвищених ділянках: 7 та 21 видами відповідно, а мегатрофи – відсутні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Atlas pochv Ukrainskoj SSR, 1979. [Atlas of soils of the Ukrainian SSR]. Pod redakciej Krupskogo N. K, Polupana N. I. Urozhaj (in Russian).
- Baranovskij, B., Khromykh, N., Karmyzova, L., Ivanko, I., Lykholat, Y., 2016. Analysis of the alien flora of Dnipropetrovsk Province. Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University 6(3), 419–429.
- Baranovskij, B. O., Manjuk, V. V., Ivan'ko, I. A., Karmyzova, L. O., 2017. Analiz flori nacional'nogo prirodnogo parku «Oril'skij» [Analysis of the Flora of the National Natural Park «Orel'skiy»]. LIRA, Dnipro (in Ukrainian).
- Belgard, A. L., 1950. Lesnaja rastytel'nost' jugovostoka USSR [Forest vegetation of the southeast of the USSR]. Naukova dumka, Kiev (in Russian).
- Belgard, A. L., 1971. Stepnoe lesovedenie [Steppen forest science]. Lesn. prom-st, Moscow (in Russian).
- Belgard, A. L., Kirichenko, T. F., 1940. Lesa doliny r. Orel' [Forests of the valley r. Orel]. Sbornik rabot biologicheskogo fakul'teta. DGU, Dnepropetrovsk III, XVIII, 87–97 (in Russian).
- Dekandol, A., 1956. Geografiya rasteniy [Geography of plants]. Vestnik Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshchestva, CH.16: St. 1 i 2 .45–92, 161–208; CH 17: St. 1 i 4. S. 121–166, 184–221 (in Russian).
- DSTU 4289:2004, 2005. Yakist gruntu. Metod vyznachennya orhanichnoyi rehovyny [Soil quality. Methods for determination of organic matter]. Vyd. ofits. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 10 s. (in Ukrainian).
- DSTU 4726:2007, 2005. Yakist gruntu. Vyznachennya zahalnoho azotu v modyfikatsiyi NNTS IHA im. O. N. Sokolovskoho [Soil quality. Total nitrogen determination modification of NSC ISSAR named for O.N. Sokolovsky]. Vyd. ofits. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 17 s. (in Ukrainian).
- Dvoreckij, I. H., 1976. Latinsko-russky slovar [Latin-Russian Dictionary]. Russky jask, Moscow (in Russian).
- Ekoflora Ukraini, 2000. [Ecoflora of Ukraine]. Pid redaktsiyeyu Ya. P. Didukha. Fitosotsiotsentr, Kyiv (in Ukrainian).
- Gamulja, Ju. A., 2001. Biogeocenologichna charakteristika galofitnih dibrov stepovogo Pridniprova, ih ohorona, ponovlennja i racional'ne vikoristannja: avtoref. [Biogeocenological characteristic of halophytic droughts of the Prydniprovia steppe, their protection, renewal and rational use] dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16. Dnipropetrovsk. (in Ukrainian).
- Gamulja, Ju. G., 1998. Bioekologicheskie osobennosti galofitnyh dubrav doliny reki Orel' [Bioecological features of halophytic oak forests of the Orel valley]. Pitannja stepovogo lisoznavstva ta lisovoï rekul'tivacii zemel 2, 133–138 (in Russian).
- Gamulja, Ju. G., 1999. Ekologo-floristicheskie osobennosti travjanogo pokrova galofitnyh dubrav doliny reki Orel' [Ecological floristic features of the grass cover of

- halophytic oak groves in the valley of the river Orel]. Ecology and noospherology 6(1-2), 70–74 (in Russian).
- Ivan'ko, I. A., 2016. Ekologichna rol' svitlovoi strukturi u formuvanni shtuchnih lisovih nasadzen' u stepovij zoni Ukraini [Ecological role of the light structure in the formation of artificial forest plantations in the steppe zone of Ukraine]. Biogeocenologichni doslidzhennja lisiv stepovoi zoni Ukraïni. Svidler A.L., Dnipro, 155–171 (in Ukrainian).
- Kotovich, O. V., 2010. Ekologo-gidrologichni osoblivosti lisiv stepovoi zoni Ukraïni (na prikladi Prisamar'ja Dniprovs'kogo) [Ecological and hydrological peculiarities of the forests of the steppe zone of Ukraine (on the example of Prisamarja Dniprovsky)]. Avtoreferat disertacii na zdobuttja stupenja kandidata biologichnih nauk Dnipropetrovs'k (in Ukrainian).
- Manjuk, V. V., 2015. Shul'givs'kij prirodnij kompleks jak kljuchova diljanka nacional'nogo prirodnogo parku «Oril's'kij» [Shul'giv natural complex as a key part of the Orilsky National Natural Park]. Ohorona dovkilja. HNU im. V. N. Karazina, Kharkiv, 205–211 (in Ukrainian).
- Mosyakin, S. L., Fedoronchuk, M. M., 1999. Vascular plants of Ukraine (Nomenclatural checklist). Naukova dumka, Kyiv.
- Pedro, M. S., Rammer, W., Seidl, R., 2015. Tree species diversity mitigates disturbance impacts on the forest carbon cycle. Oecologia 177(3), 619–630.
- Pogrebnjak, P. P., 1955. Osnovy lesnoj tipologii [Basics of forest typology]. AN USSR, Kiev (in Russian).
- Ratcliffe, S., Wirth, C., Jucker, T., 2017. Biodiversity and ecosystem functioning relations in European forests depend on environmental context. Ecology Letters 20(11), 1414–1426.
- Schindler, S., O'Neill, F. H., Biró, M., Damm, C., Gasso, V., Kanka, R., Sluis, T., Krug, A., Lauwaars, S. G., Sebesvari, Z., Pusch, M., Baranovski, B., Ehlert, T., Neukirchen, B., Martin, J. R., Euler, K., Mauerhofer, V., Wrbka, T., 2016. Multifunctional floodplain management and biodiversity effects: a knowledge synthesis for six European countries. Biodivers conservi 25, 1349–1382.
- Tarasov, V. V., 2012. Flora Dnipropetrovskoy ta Zaporizkoy oblastey [Dnipropetrovsk and Zaporizhia regions flora]. DNU, Lira, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Warming, E., 1902–1903. Raspredelenie rastenij v zavisimosti ot vnesnih uslovij (Ekologicheskaja geografija rastenij) [Distribution of plants depending on external conditions]. Brokhaus – Efron. 1–3 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 12.12.2017

FOREST SOIL SCIENCE



L. Yu. Symochko¹✉ Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.
A. I. Fizer²

UDK 579.266. 502.4

¹*Uzhhorod National University,
Voloshyna str., 32, Uzhhorod, Ukraine, 88000*

²*Pomeranian Academy,
Krishtofa Arcivezkego, 22A, Slupsk, Poland, 76-200*

AUTHENTIC SOIL MICROBIAL COMMUNITIES IN PRIMEVAL FOREST ECOSYSTEMS OF UZHANSKYI NATIONAL NATURE PARK

Abstract. The article presents the modern aspects of studying and evaluating the biodiversity of soil microbiocenoses in the Carpathian region. The purpose of the work was to investigate the soil microbiota of virgin ecosystems, namely the structure of microbial communities, the number of major ecological trophic groups; to analyze the successional processes occurring in the soil microbiocenosis due to the influence of endogenous and exogenous factors. Anthropogenic impact: soil compaction, sanitary felling has led to changes in the groups of soil microorganisms, reduced their numbers and functional diversity. The primeval forests as etalon ecosystems better combine above resistance and stability with high productivity of biomass. Influence of ecological factors caused changes in the community of soil organisms, varied their abundance and functional diversity. Soil microorganisms have been largely ignored by conservation efforts. However, their role in biogeochemical processes, their diversity and abundance, and their potential as repositories of valuable genetic information and metabolic products make them as important as animals and plants to the biosphere and human welfare. Study of authentic soil microbiota creates the necessary prerequisites for the conservation of microbial diversity and forming the base of the eco-microbiological monitoring.

Key words: *microbial diversity, soil, primeval forest, ecosystem.*

УДК 579.266. 502.4

Л. Ю. Симочко¹
А. И. Физер²

канд. биол. наук, доц.

¹*Ужгородский национальный университет,
ул. Волошина, 32, г. Ужгород, Украина, 88000,
тел.: +38050-678-19-11, e-mail: lyudmilassem@gmail.com*

²*Поморская академия,
г. Слупск, ул. Криштофа Арцивезкого, 22А, Польша, 76-200*

АУТЕНТИЧНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРАЛЕСОВЫХ ЭКОСИСТЕМ УЖАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА

Аннотация. В статье представлены современные аспекты изучения и оценки биоразнообразия микробиоценоза почвы в Карпатском регионе. Пралесы как эталонные

✉ Tel.: +38050-678-19-11, e-mail: lyudmilassem@gmail.com

DOI: 10.15421/041715

ISSN 1684-9094. Gruntoznavstvo. 2017. Vol. 18, no. 3-4

экосистемы прекрасно сочетают в себе хорошую сопротивляемость и стабильность вместе с высокой продуктивностью биомассы. Целью работы было исследовать микробиоту почвы пралесовых экосистем, а именно структуру микробных сообществ, численность основных эколого-трофических групп. Проанализировать сукцессионные процессы, происходящие в микробоценозе почвы вследствие влияния эндогенных и экзогенных факторов. Антропогенное воздействие (уплотнение почвы, санитарные рубки) привело к изменениям в сообществах почвенных микроорганизмов, снижению их численности и функционального разнообразия. Вопрос о сохранении микроорганизмов почвы сейчас по большей части игнорируется. Однако их роль в биогеохимических процессах и их потенциал в качестве резервата ценной генетической информации и продуктов обмена веществ делают их такими же важными, как животных и растений. Изучение микробиоты почвы создает необходимые предпосылки для сохранения микробного разнообразия и формирования базы эко-микробиологического мониторинга.

Ключевые слова: микробное разнообразие, почва, пралесы, экосистема.

УДК 579.266. 502.4

Л. Ю. Симочко¹

канд. біол. наук, доц.

А. І. Фізер²

¹Ужгородський національний університет,
вул. Волошина, 32, м. Ужгород, Україна, 88000,
тел.: +38050-678-19-11, e-mail: lyudmilassem@gmail.com

²Поморська академія,
м. Слупськ, вул. Кріштофа Арцівезкого, 22А, Польща, 76-200

АВТЕНТИЧНІ УГРУПОВАННЯ ҐРУНТОВИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ПРАЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ УЖАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Анотація. У статті представлено сучасні аспекти вивчення та оцінки біорізноманіття мікробоценозів ґрунту в Карпатському регіоні. Праліси як еталонні екосистеми краще поєднують у собі хорошу опірність та стабільність разом із високою продуктивністю біомаси. Метою роботи було дослідити микробиоту ґрунту пралісових екосистем, а саме структуру микробних угруповань, чисельність основних еколого-трофічних груп. Проаналізувати сукцесійні процеси, що відбуваються в мікробоценозі ґрунту внаслідок впливу ендегенних і екзогенних факторів. Антропогенний вплив (ущільнення ґрунту, санітарні рубки) призвів до змін в угрупованнях ґрунтових мікроорганізмів, зниження їх чисельності і функціонального різноманіття. Питання щодо збереження мікроорганізмів ґрунту нині досить ігнорується. Проте їх роль у біогеохімічних процесах і їх потенціал як резервата цінної генетичної інформації і продуктів обміну речовин роблять їх такими ж важливими, як тварин і рослин. Вивчення микробиоти ґрунту створює необхідні передумови для збереження микробного різноманіття і формування бази еко-микробиологічного моніторингу.

Ключові слова: микробне різноманіття, ґрунт, праліси, екосистема.

INTRODUCTION

The role of soil microorganisms is of high interest, since they are responsible for most biological transformations and drive the development of stable and labile pools of carbon, nitrogen and other nutrients, which facilitate the subsequent establishment of plant communities (Banning et al., 2011). Primeval forests are ideal ecosystems to study the interaction of bacteria, fungi and archaea with their abiotic environment (Grayston, Rennenberg, 2006). Microbial communities can be considered as architects of soils and many ecosystem services that are linked to terrestrial ecosystems, including plant production, safeguarding of drinking water or carbon sequestration, are closely linked to microbial activities and their functional traits (Hillebrand, Matthiessen, 2009).

Our main idea is to study and estimate biodiversity of the authentic microbiocenoses of soil of Uzhanskyi National Nature Park. As model ecosystem we investigated primeval forest. The primeval forests as etalon ecosystems better combine above resistance and

stability with high productivity biomass (Magurran, 2004). In the Transcarpathian region of Ukraine (south-west), the Uzhanskyi National Nature Park (Uzhanskyi NNP) offers a unique opportunity for studying the biodiversity and natural processes of primeval forest ecosystems, i.e. forests that have never been significantly modified by human activity.

MATERIALS AND METHODS

Materials of research were soil samples, which had been collected by envelope method from the virgin forests of Uzhanskyi National Nature Park. Uzhanskyi National Nature Park is located in the western part of Transcarpathia in the basin of the river Uzh and extends from the southwest of the village Zabrod (226 m above sea level) to north-east to Uzhotskyi pass (852 m above sea level).

In 2007 primeval beech forests of Uzhanskyi National Nature Park were included into UNESCO World Heritage List «Primeval Beech Forests of the Carpathians and the Ancient Beech Forests of Germany» Researches were conducted during 2014–2017 years. Sampling was carried out by squares method in depth of 0–25 cm at different altitudes from 450 m to 650 m. Microbiological studies of soil were carried out at the Scientific Research and Educational Center of Molecular Microbiology and the Immunology of Mucous Membranes (Uzhhorod National University) following the standard protocol (Goldman, Green, 2012).

All soil samples were analyzed within 24 hours. Microbiological study of soil was performed in sterile conditions. The method of serial dilution was used to obtain the suspension where microorganisms titre were 10^{-3} CFU/ml – 10^{-5} CFU/ml 100 µl of the soil suspension was evenly distributed on the surface of the medium with a sterile spatula.

For the study we used the following media: Starch-ammonia agar, Meat peptone agar, Soil agar, Agar-Agar and Czapek agar in 4 repetitions. Petri dishes with study material were incubated in the thermostat at 37 °C for 48 hours in aerobic conditions. Petri dishes with Czapek agar were incubated in the thermostat at 28 °C for 96 hours Toxicity of soil samples was determined by the standart method (Bitton, Rossel, 1997). All statistical calculations were performed with Statistica v. 10.0 and Excel for Windows-2010.

RESULTS AND DISCUSSION

Soil microorganisms represent a significant portion of any terrestrial ecosystem and they are highly sensitive to anthropogenic pressure, so changes of qualitative and quantitative composition of the soil microbiota – is an indicator of the environmental changing (Cao Rui et al., 2016). Due to the high sensitivity to changes in environment microorganisms serve as a convenient object of observation. They are in a close contact with habitat and they are characterized by high rate of growth and reproduction. Extremely important aspect is the study of homotypic and heterotypic types of cocci, which involved soil microorganisms. Biocenotic relations of trophic and topical types are decisive in edaphotope shaping of different type of ecosystems (Reynolds et al., 2003). Due to this fact, the purpose of the research was to determine the number of different ecological-functional groups of soil microorganisms, phytotoxicity of soil. Studies of the soil taken from primeval ecosystems revealed general regularities of distribution of main ecological-functional groups of microorganisms, their population dynamics in different habitats. The most favorable conditions for the development and functioning of microorganisms were recorded in edaphotop located at an altitude of 450 meters above sea level. It is highly connected to local temperature and water regime, as well as reserves of nutrients (organic origin) in the soil (Fig. 1).

The number of ammonifiers at an altitude of 450 m amounted 5.33 million CFU/gr.ab.d.s. and at an altitude of 650 m – 3.01 million CFU/gr.ab.d.s., what indicate a significant enrichment of soil by organic matter of plant origin. Anthropogenic impact, in particular soil compaction, negatively influenced on the structure of soil microbiota. The content of oligotrophic microbiota significantly increased in the samples of this soil, but the

number of ammonifiers and pedotrophes microbiota was minimal compared to the other surveyed edaphotope (Fig. 2).

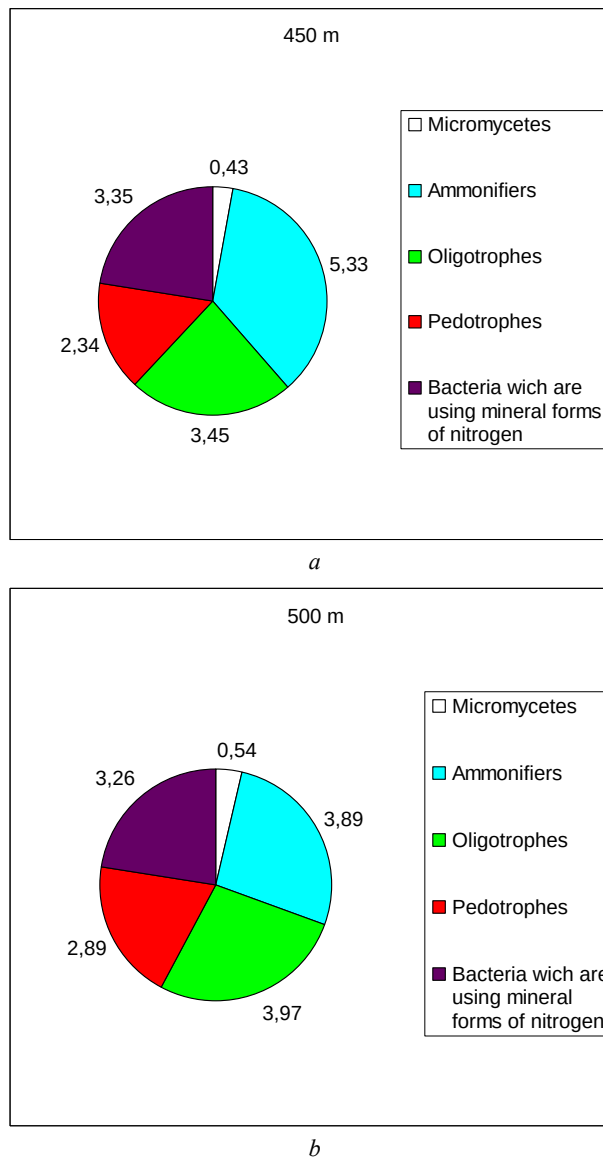


Fig. 1. The structure of soil microbial community at altitude of 450 (a) and 500 meters (b) above sea level (CFU/gr.ab.d.s.)

The growth in the number of oligotrophes indicates a decrease in the supply of nutrients in the soil. Similar changes were recorded by us and our colleagues in the study of biodiversity of soil microorganisms in primeval ecosystems of the Carpathian biosphere reserve (Symochko et al., 2015).

With the creation of favorable conditions for competitive species of microbiota we can see changes in microbial cenoses, owing to the active competition of microorganisms. In edaphotope that was not changed by direct human impact the dominate type of microorganisms was organotrophic microbiota. It should be noted that their percentage in the structure of groups was reduced by 36 % with increasing of the height. At the same time

the number of oligotrophes also increased with altitude. Significant negative changes in the structure of microbiocenosis of the soil can be the effect of anthropogenic influence. Violation of the integrity of the phytocenosis as a result of deforestation has led to the increase in the content of oligotrophes and pedotrophes, what indicates disruption of the normal flow of microbiological processes in the soil. It also influenced the decline in biodiversity of soil microorganisms. The most negative changes in the structure of soil microbial community were observed due to compaction. Nearly 80 % of the studied ecological-functional groups of microorganisms were oligotrophes, which indicates a significant deterioration of the ecological state of the soil. Toxic substances produced by microorganisms enter the plant directly from the soil, and they are concentrated mainly in the overground organs, and almost not observed in the roots of plants. Soil in virgin forest ecosystems was characterized by relatively low levels of phytotoxic activity (Table 1).

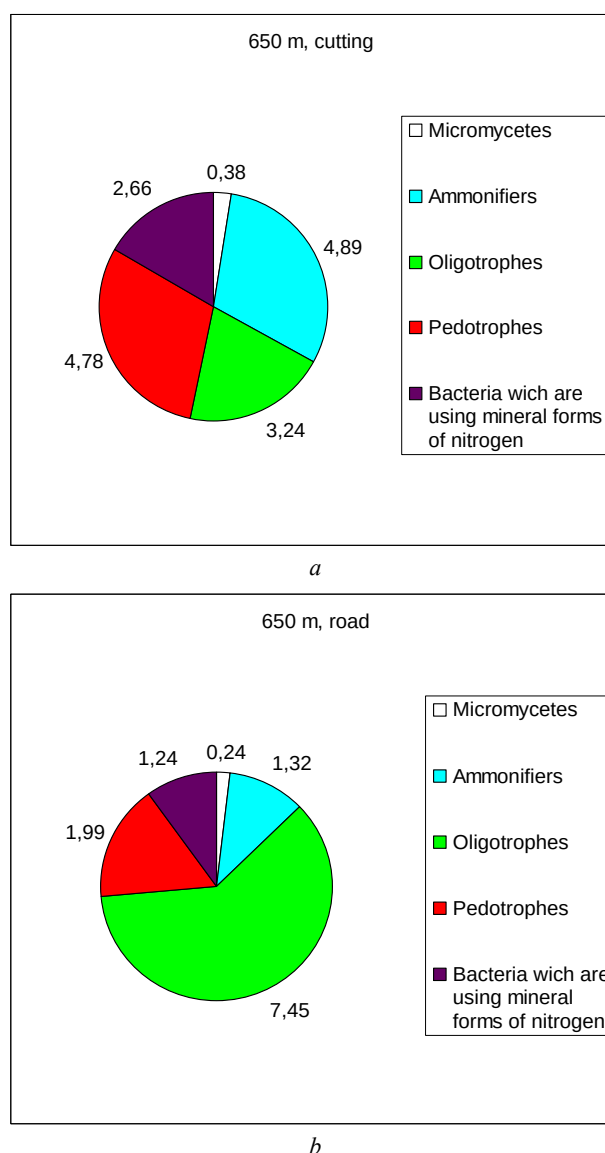


Fig. 2. The structure of soil microbial community at altitude 650 meters above sea level (CFU/gr.ab.d.s.)
(a) – biotope with cutting and (b) – biotope with compacted soil

Table 1

Phytotoxic activity of the soil in virgin beech forests of Uzhanskyi National Nature Park

№	Altitude above sea level, m	Phytotoxicity of the soil, % spring	Phytotoxicity of the soil, % summer	Phytotoxicity of the soil, % autumn
1	450	5,25±0,95	8,75±1,20	12,10±0,84
2	500	8,75±0,74	10,50±0,86	15,75±1,15
3	650	15,45±1,12	22,25±1,10	28,15 ±0,68

Studies have shown that the toxicity of the soil varies seasonally. The highest level of phytotoxic activity of the soil – 28,15 % was observed at an altitude of 650 meters. It should be noted that phytotoxicity of the soil in primeval ecosystems in the spring was twice lower than in the autumn, this pattern was observed in all studied biotopes. Identical changes in the level of soil toxicity were established by us in the forest ecosystems on the territory of the Carpathian Biosphere Reserve (Symochko et al., 2015). Such changes in the level of soil toxicity are associated with succession processes occurring in the structure of microbiocenosis due to the influence of exogenous factors.

CONCLUSIONS

On the territory of Uzhanskyi National Nature Park forest ecosystems of the particular value are preserved. The study of the soil microbiota of beech forests showed that microorganisms are sensitive reagents to the influence of external factors and can be used as a good indicator of the condition of ecosystem. It was established that the ratio of different ecological-functional groups of soil microorganisms varies depending on the height of the habitat above sea level, what is caused by the influence of abiotic factors. Violation of the integrity of the phytocenosis in the result of deforestation and soil compaction led to significant negative changes in the structure of soil microbial community. It was observed the decreasing in the functional biodiversity of the authentic groups of microorganisms where dominated groups of microorganisms were oligotrophes and pedotrophes.

REFERENCES

- Banning, N. C., Gleeson, D. B., Grigg, A. H., Grant, C. D., Andersen, G. L., Brodie, E. L., Murphy, D. V., 2011. Soil microbial community successional patterns during forest ecosystem restoration. *Applied and environmental microbiology* 77(17), 58–64.
- Bitton, G., Rossel, D., 1997. *Soil Ecotoxicology*. CRC Lewis, Boca Raton, 234 pp.
- Cao Rui, Wu Fu-zhon, Yang Wan-qin, Tan Bo, Wang Bin, Li Jun, Chang Chen-hui., 2016. Effects of altitudes on soil microbial biomass and enzyme activity in alpine-gorge regions. *Chinese Journal of Applied Ecology* 27(4), 1257–1264.
- Goldman, E., Green, L. H., 2012. *Practical Handbook of Microbiology* CRC Press, USA, New-York, 300 pp.
- Grayston, S. J., Rennenberg, H., 2006. Assessing effects of forest management on microbial community structure in a central European beech forest. *Canadian Journal of Forest Research* 36(10), 2595–2604.
- Hillebrand, H., Matthiessen, B., 2009. Biodiversity in a complex world: consolidation and progress in functional biodiversity research. *Ecol Lett* 12, 1405–1419.
- Symochko, L., Patyka, V., Symochko, V., Kalinichenko, A., 2015. Soil Microbial Activity and Functional Diversity in Primeval Beech Forests. *Journal of Earth Science and Engineering* 5(6), 363–371.
- Magurran, A., 2004. Measuring biological diversity. *African Journal of Aquatic Sciences* 29, 285–286.
- Reynolds, H. L., Packer, A., Bever, J. D., Clay, K., 2003. Grassroots ecology: plant-microbe-soil interactions as drivers of plant community structure and dynamics. *Ecology* 84, 2281–2291.

Стаття надійшла в редакцію: 14.12.2017

LAND RECLAMATION



A. N. Masyuk ✉
V. A. Gorban

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

UDK 631.417.2+58.072

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

SPECIFIC FEATURES OF ACCUMULATION OF HUMUS IN TECHNOZEMS UNDER POPLAR PLANTATIONS IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN DONBASS

Abstract. One of the consequences of the mining industry's activity is the removal of various granulometric composition on the daily surface of rocks, differing in water, physical and chemical properties. Subsequently, these rocks become the object of biological reclamation of land. The study of the role of humus in soil-forming processes occurring in reclaimed lands is important for establishing the features of their genesis. The suitability of soils for biological reclamation, taken out during development in dumps, is divided into three groups: suitable (fertile soil, which, as a rule, is separately removed, and potentially fertile rocks), are of little use (they have limited opportunities for growing plants) and are unsuitable phytotoxicity, rocky and others, in which edapho-ecological restrictions approach a minimum and a maximum). Proceeding from this, it is of interest to study: 1) the humus profile in technozems that are formed only from rocks, since from the moment of their emergence on the day surface the counting of the soil-forming process begins; 2) consideration of the behavior of humus in the fertile layer of technozems, consisting only of the mixed horizons H and Hp of zonal soils, because in the process of the technical stage of reclamation, the connections and properties characteristic of their natural historical compilation are lost. Field studies were concentrated on the experimental and experimental site of forest recultivation number 2 of Dniprovsky National University named after Oles Honchar in the Western Donbass, representing various variants of artificially created edaphotopes. Formation of the site lasted for two years and in its final form was a dump made up by a mine rock (carefully planned), on the surface of which there were artificially designed single-, two- and three-tier structures of reclaimed lands. The heap with a total area of 11.4 hectares was located between the mines «Blagodatnaya» and «Pavlogradskaya» (Dnepropetrovsk region, Pavlograd district). Stationary observations were carried out in poplar plantations. Edaphotop constructions were created as a result of the technical stage of reclamation, when the ground mass of ordinary chernozem and overburden rocks in different sequence and thickness fell to the phytotoxic mine rock (the product of the coal mining industry), which was placed on the day surface in the dumps. In the trial plots, soil sections were laid. Sampling was carried out every 10 cm along all the soil profile in 3-fold repetition, including mine rock. For a more complete (objective) characteristic, in some cases, the selection was carried out from the top 0–2 cm layer, as well as at the boundaries of the different-quality reclamation layers. The total content of humus was determined by Tyurin. As control (zero-moment), rocks were used from the sides of the quarry, from which the edaphotops artificially created for reclamation were formed and located in the immediate vicinity of the experimental site. To determine the stage of soil formation in comparison technologies, zonal soils were used (chernozems of ordinary heavy loam on loess) located in the Mavrinsky nursery

✉ Tel.: +38095-401-14-65, e-mail: almas63636@gmail.com

DOI: 10.15421/041716

(Dnipropetrovsk region, Pavlograd district), in which there were plantations of black poplar, the age of which corresponds to the age of plantations in the areas of forest reclamation in the Western Donbass and located 20 km from the experimental site outside the zone of influence of coal industry objects. As a result of the studies carried out, it has been established that the processes of humus accumulation in techno-scales are most active in surface layers (0–2 cm), which are characterized by the maximum content of humus primarily due to the fall of poplar plantations. In the studied techno-scales with depth, a gradual attenuation of the processes of humus accumulation is observed. The main source of organic matter, which eventually turns into soil humus, is the roots and decay of poplar, which under these conditions is the main edifier. The flow of organic matter in the form of leaf litter stimulates the processes of humus accumulation in the surface layers of technozems, and in the form of roots in all layers of the technozems where they are located. The humus content in the fertile soil layer increases, and the profile changes depend on the content of organic matter in the «parent» (zonal) horizons H and Hp involved in the reclamation and their relationships (or their share in the formation of the upper part of the technozem). In the horizons of rocks lying below the fertile soil layer, the humus content was within the limits corresponding to the zero-moment of soil formation. In the composition of ancient alluvial deposits, inclusions of various clays (loess-like, kaolinic, reddish-brown and others) are often found, ground mass of chernozems, sometimes of mine rock, which gives it a new qualitative state and promotes the formation of fertility close to loam. In places of significant impurities of clay (more than 30 %), the fertility of various mixtures can be higher than that of each breed separately – sands, sandy loams, loams, clays. Significant carbon stocks in the mine rock are not a source of organic matter used to feed plants due to the lack of mobile and water-soluble forms of humus nature.

Keywords: *reclamation of disturbed lands, technozems, poplar plantations, humus content.*

УДК 631.417.2+58.072

А. Н. Масюк

канд. биол. наук, доц.

В. А. Горбань

канд. биол. наук, доц.

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38095-401-14-65, e-mail: almas63636@gmail.com*

ОСОБЕННОСТИ ГУМУСОНАКОПЛЕНИЯ В ТЕХНОЗЕМАХ ПОД ТОПОЛЕВЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Аннотация. Изучение роли гумуса в почвообразовательных процессах, происходящих в рекультивированных землях, нарушенных горнодобывающей промышленностью, когда на дневную поверхность выносятся горные породы разного гранулометрического состава, которые отличаются водными, физическими и химическими свойствами и затем становятся объектом биологической рекультивации земель, является особенно актуальным. Исследовались особенности гумусонакопления в техноземах, на которых сформированы тополевые насаждения, в условиях Западного Донбасса. В результате выполненных исследований установлено, что процессы гумусонакопления в техноземах наиболее активно протекают в приповерхностных слоях (0–2 см), которые характеризуются максимальным содержанием гумуса в первую очередь за счет опада тополевых насаждений. В исследованных техноземах с глубиной наблюдается постепенное затухание процессов гумусонакопления. Основным источником органического вещества, которое со временем превращается в почвенный гумус, в исследованных техноземах являются корни и опад тополя, который в этих условиях является главным эдификатором. Поступление органического вещества в виде листового опада стимулирует процессы гумусонакопления в поверхностных слоях техноземов, а в виде корней – во всех слоях техноземов, где они располагаются. Содержание гумуса в плодородном слое почвы увеличивается, а профильные изменения зависят от содержания органического вещества в использованных для рекультивации горизонтах H и Hp зональных почв и их соотношений между собой (или их долевым участием в формировании верхней части технозема). В горизонтах горных пород, лежащих ниже под плодородным слоем почвы, содержание гумуса находилось в пределах, соответствующих ноль-моменту почвообразования. В составе древнеаллювиальных отложений часто встречаются включения различных глин (лессовидных, каолиновых, красно-бурых и других), почвенная масса черноземов, иногда шахтной породы, что придает ему новое

качественное состояние и способствует формированию плодородия, близкого к суглинку. В местах значительных примесей глины (более 30 %) плодородие различных смесей может быть выше каждой породы отдельно – песков, супесей, суглинков, глин. Значительные запасы углерода в шахтной породе не являются источником органического вещества, используемого для питания растений из-за отсутствия подвижных и водорастворимых форм гумусовой природы.

Ключевые слова: рекультивация нарушенных земель, техноземы, тополевы насаждения, содержание гумуса.

УДК 631.417.2+58.072

О. М. Масюк

канд. біол. наук, доц.

В. А. Горбань

канд. біол. наук, доц.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38095-401-14-65, e-mail: almas63636@gmail.com*

ОСОБЛИВОСТІ ГУМУСОНАКОПИЧЕННЯ В ТЕХНОЗЕМАХ ПІД ТОПОЛЕВИМИ НАСАДЖЕННЯМИ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Анотація. Вивчення ролі гумусу в ґрунтотвірних процесах, що відбуваються в рекультивованих землях, порушених гірничодобувною промисловістю, коли на денну поверхню виносяться гірські породи різного гранулометричного складу, які відрізняються водними, фізичними і хімічними властивостями і які стають об'єктом біологічної рекультивації земель, є особливо актуальним. Досліджувалися особливості гумусонакопичення в техноземах, на яких сформовано тополеве насадження, в умовах Західного Донбасу. У результаті виконаних досліджень встановлено, що процеси гумусонакопичення в техноземах найбільш активно проходять у приповерхневих шарах (0–2 см), які характеризуються максимальним умістом гумусу в першу чергу за рахунок опад тополевих насаджень. У досліджених техноземах з глибиною спостерігається поступове затухання процесів гумусонакопичення. Основним джерелом органічної речовини, яка з часом перетворюється на ґрунтовий гумус, у досліджених техноземах є корені та опад тополі, яка в цих умовах є головним едифікатором. Надходження органічної речовини у вигляді листового опад стимулює процеси гумусонакопичення в поверхневих шарах техноземів, а у вигляді коренів – в усіх шарах техноземів, де вони розташовуються. Уміст гумусу в родючому шарі ґрунтів збільшується, а профільні зміни залежать від умісту органічної речовини в залучених до рекультивації горизонтах Н і Н_р зональних ґрунтів та їх співвідношень між собою (або їх частковою участю у формуванні верхньої частини технозему). У горизонтах гірських порід, що лежать нижче, під родючим шаром ґрунту, уміст гумусу знаходився в межах, які відповідають нуль-моменту ґрунтоутворення. У складі давньоалювіальних відкладів часто зустрічаються включення різних глин (лесоподібних, каолінових, червоно-бурих та інших), ґрунтова маса чорноземів, іноді шахтної породи, що додає йому нового якісного стану і сприяє формуванню родючості, близької до суглинку. У місцях значних домішок глини (понад 30 %) родючість різних сумішей може бути вищою за кожен породи окремо – пісків, супісків, суглинків, глин. Значні запаси вуглецю в шахтній породі не є джерелом органічної речовини, що використовується для живлення рослин через відсутність рухливих та водорозчинних форм гумусової природи.

Ключові слова: рекультивация порушенных земель, техноземы, топові насаждения, уміст гумусу.

ВСТУП

Як відомо, гумус – це органічні речовини, які втратили зв'язок з клітинними та тканинними структурами рослинних залишків, хоча деяка частина гумусових речовин може просторово знаходитися у межах відмерлих органів рослин, окремих тканин та навіть клітин, а також це індивідуальні органічні сполуки, продукти їх взаємодії та органічні речовини, що знаходяться у формі органо-мінеральних утворень (Orlov, 1990).

Гумус та, зокрема, гумусові речовини, що є його основною складовою, впливають на фізичні, хімічні, біологічні властивості ґрунтів та в підсумку на продуктивність наземних екосистем (Shirshova, 1991).

Процес гумусонакопичення є дуже чутливим до змін екологічних умов. Уміст та запаси гумусу, його склад не тільки неоднакові в ґрунтах відмінних типів та підтипів, але й залежать від характеру рослинного покриву, особливостей рельєфу, зволоження (Orlov, Grishina, 1981).

Особлива актуальність дослідження загального вмісту гумусу в природних та техногенних ґрунтах пов'язана з тим, що він є основним резервуаром органічного вуглецю сучасних екосистем (Romankevich, 1990; Milanovskiy, 2009).

Гумус є обов'язковим результатом життя та зміни поколінь рослин, субстанцією та засобом, за допомогою якого рослини отримують мінеральні поживні елементи від їх геологічного джерела – верхнього шару земної кори та завдяки якому цей спочатку виключно геологічний шар перетворюється на особливе природне утворення – ґрунт (Ponomareva, Plotnikova, 1980).

Гумус акумулює значну кількість сонячної енергії, є накопичувачем поживних речовин, сприяє фіксації атмосферного азоту, є значним чинником у формуванні ґрунтової структури, багато в чому обумовлює встановлення рівня кислотно-основної рівноваги, сприятливої для зростання рослин, бере участь у збереженні та розвитку ґрунтової мікрофлори, виступає як буфер щодо негативного впливу на ґрунти токсичних речовин, важких металів і радіонуклідів, відіграє важливу роль у встановленні стійкого температурного режиму, а також рівномірно профарбовує мінеральну масу ґрунту в темний колір (Tsarko, 2015). Гумус, як джерело поживних елементів для рослин і найважливіший фактор структуроутворення, разом з тим має суттєвий вплив на фізичні властивості ґрунту, а також у значній мірі визначає його фізико-хімічні властивості – обмінну поглинальну здатність і буферність ґрунту, має величезне значення у регулюванні надходження поживних елементів у рослини, у збереженні їх у ґрунті, у пом'якшенні негативного впливу кислотності ґрунту тощо (Degtyarev, 2011).

З наведених визначень, а також із результатів досліджень багатьох учених (Pongea et al., 2014; Andreetta et al., 2016 та ін.) можна бачити, що визначальним чинником умісту та складу гумусу в ґрунтах є рослини, які на них зростають. Тому дослідження особливостей впливу різноманітних видів рослин на особливості гумусонакопичення на сьогодні є важливим питанням.

Особливо актуальним є вивчення ролі гумусу в ґрунтотвірних процесах, що відбуваються в рекультивованих землях, порушених гірничодобувною промисловістю, коли на денну поверхню виносяться гірські породи різного гранулометричного складу, які відрізняються водними, фізичними і хімічними властивостями і які стають об'єктом біологічної рекультивації земель. Найважливішими факторами, що визначають ефективність рекультивації, є придатність гірських порід для подальшого біологічного освоєння (сільськогосподарського та лісотехнічного), рельєф порушених земель та його морфометричні параметри. Придатність ґрунтів до біологічної рекультивації, що виносяться при розробках у відвали, ділиться на три групи: придатні (родючий шар ґрунту, що, як правило, окремо знімається, і потенційно-родючі гірські породи), малопридатні (мають обмежені можливості для вирощування рослин) і непридатні (фітотоксичності, скельні та інші, в яких едафо-екологічні обмеження наближаються до мінімуму і максимуму). Виходячи з цього, становить інтерес вивчення: 1) гумусового профілю в техноземах, які сформовані тільки з гірських порід, оскільки з моменту виходу їх на денну поверхню починається відлік ґрунтотвірного процесу; 2) поведінки гумусу в насипному родючому шарі техноземів, що складається тільки з перемішаних горизонтів Н і Н_р зональних ґрунтів, оскільки в процесі технічного етапу рекультивації втрачаються зв'язки і властивості, характерні при природно-історичному їх складанні.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження особливостей формування гумусового профілю техноземів під тополевыми насадженнями виконувалися на постійних пробних ділянках, що закладені на п'ятьох варіантах рекультивованих земель експериментально-дослідних ділянок лісової рекультивації Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара в Західному Донбасі.

Полюві дослідження були зосереджені на експериментально-дослідній ділянці лісової рекультивації № 2 Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара в Західному Донбасі, який являє собою різні варіанти штучно створених едафотопів. Формування ділянки тривало протягом двох років, і в остаточному вигляді вона являла собою відвал, складений шахтною породою (ретельно спланований), на поверхні якої були штучно сконструйовані одно-, дво- і триярусні структури рекультивованих земель. Відвал загальною площею 11,4 га знаходився між шахтами «Благодатна» і «Павлоградська» (Дніпропетровська область, Павлоградський район).

Стаціонарні спостереження проводилися в насадженнях тополь. Вони були представлені тополею чорною і сімома гібридними тополями сортів Новоберлінський, Полтавський, Львівський, Дружба, Кременчуцький, Дивовижний, Лубенський селекції Н. В. Старова і Н. С. Крупця (Starova, 1980; Melikhov, 1985), які вирощувалися в різних лісорослинних умовах, штучно створених на відвалі.

Конструкції едафотопу були створені в результаті технічного етапу рекультивації, коли на фітотоксичну шахтну породу (продукт вуглеводобувної промисловості), що винесена на денну поверхню у відвали, відсипалася ґрунтова маса чорнозему звичайного та розкриті гірські породи у різній послідовності та потужності. Нижче наведено опис варіантів (стратиграфія зверху вниз), якими визначаються лісорослинні умови для насаджень тополі.

Варіант I: 0–30 см – ґрунтова маса чорнозему звичайного (ГМЧЗ), яка бралася з генетичних горизонтів Н та Нр; 30–40 см – глина; 40–80 см – червоно-бурій суглинок; 80–150 см – давньоалювіальні супісок та пісок; глибше 150 см – шахтна порода.

Варіант II: 0–30 см – ГМЧЗ; 30–80 см – пісок; 80–110 см – супісок; глибше 110 см – шахтна порода.

Варіант III: 0–30 см – ГМЧЗ; 30–80 см – давньоалювіальний пісок; 80–150 см – супісок; глибше 150 см – шахтна порода.

Варіант IV: 0–30 см – ГМЧЗ; 30–70 см – червоно-бурі суглинки; 70–100 см – пісок; глибше 100 см – шахтна порода.

Варіант V: 0–70 см – давньоалювіальні відклади різного гранулометричного складу; глибше 70 см – шахтна порода.

На пробних площах закладалися ґрунтові розрізи. Відбір зразків здійснювався через кожні 10 см за всім ґрунтовим профілем у 3-кратній повторності, включаючи шахтну породу. Для повнішої (об'єктивної) характеристики в деяких випадках відбір проводився з верхнього шару 0–2 см, а також на межах різноякісних рекультиваційних шарів. Загальний уміст гумусу визначали за Тюрнім (Yakist gruntu..., 2005).

Як контроль (нуль-момент) використовувалися гірські породи з бортів кар'єру, з якого здійснювалося формування штучно створених для рекультивації едафотопів і які знаходяться в безпосередній близькості від дослідної ділянки. Для виявлення стадії ґрунтоутворення в техноземах порівняння проводилося із зональними ґрунтами (чорноземи звичайні важкосуглинисті на лесі), розташованими в Мавринському лісорозсаднику (Дніпропетровська область, Павлоградський район), де знаходилися насадження тополі чорної, вік яких відповідає віку насаджень на ділянках лісової рекультивації в Західному Донбасі і розташованого в 20 км від експериментальної ділянки поза зоною впливу об'єктів вугледобувної промисловості.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Максимальну кількість гумусу (4,91 %) виявлено в шарі 0–2 см I варіанта, у відсіпаному чорноземі звичайному (табл. 1). Саме для цього горизонту техноземів, як і зональних чорноземних ґрунтів, є характерним максимальна інтенсивність процесів гумусонакопичення, що відображається у збільшених величинах вмісту гумусу. Нижче за профілем у відсіпаному чорноземному шарі спостерігається поступове зменшення вмісту гумусу, і в шарі 20–30 см його вміст дорівнює 2,12 %. Шар глини, що підстилає шар чорнозему, характеризується різким зменшенням вмісту гумусу (1,23 %) порівняно з відсіпанним чорноземом. Ще більше вміст гумусу зменшується в шарах суглинку та супіску, які залягають нижче. Для цього варіанта характерне максимальне накопичення гумусу в шарі 0–2 см.

Таблиця 1

Уміст загального гумусу (%) у досліджених техноземах					
Глибина, см	Варіант I	Варіант II	Варіант III	Варіант IV	Варіант V
0–2	4,91	4,78	3,85	4,10	1,47
2–10	3,43	3,68	3,60	3,70	0,78
10–20	3,45	3,20	3,48	2,10	1,04
20–30	2,12	2,33	3,62	3,14	0,63
30–40	1,23	0,35	1,62	1,13	1,47
40–50	0,41	0,11	0,21	0,80	0,87
50–60	0,20	0,20	0,15	1,70	0,75
60–70	0,13	0,15	0,23	0,51	8,92
70–80	0,11	0,20	0,20	0,37	9,66
80–90	0,28	0,20	0,33	1,09	8,12
90–100	0,11	0,25	0,19	0,51	–
100–110	0,13	0,19	0,28	0,31	–
110–120	0,39	4,12	0,23	8,90	–
120–130	0,17	–	0,28	–	–
130–140	0,28	–	0,51	–	–

Примітка. «–» – не визначали.

У II варіанті шар 0–2 см характеризується вмістом гумусу на рівні 4,78 %. З глибиною спостерігається поступове зменшення вмісту гумусу, при цьому в шарі 20–30 см його вміст залишається ще достатньо високим (2,33 %). У шарі піску, який залягає нижче, відбувається різке зменшення вмісту гумусу. Навіть у шарі, що межує з насипним чорноземом, його вміст дорівнює лише 0,35 %. У суглинках, що лежать нижче шару піску, уміст гумусу також є низьким (0,20–0,25 %).

Шар 0–2 см III варіанта містить меншу кількість гумусу (3,85 %) порівняно з попередніми двома варіантами. Однак для шару насипного чорнозему в цьому варіанті є характерним дуже поступове зменшення вмісту гумусу з глибиною. На глибині 20–30 см уміст гумусу дорівнює 3,62 %. У шарі піску, на глибині 30–40 см, уміст гумусу складає 1,62 %. Такий високий показник виникає у випадках утворення суміші в результаті технічного етапу рекультиваци між нижньою відсіпкою чорнозему та верхньою – піску. Після цього шару спостерігається різке зменшення вмісту з глибиною.

У IV варіанті шар 0–2 см характеризується вмістом гумусу в кількості 4,1 %. З глибиною спостерігається його поступове зменшення. Шар 20–30 см, що межує з шаром суглинку, містить гумусу 3,14 %. У той же час шар суглинку на глибині 30–40 см містить достатньо значну кількість гумусу (1,13 %). З глибиною спостерігається зменшення його вмісту. При цьому в шарах, які характеризуються більш важким гранулометричним складом, виявляється збільшена кількість гумусу порівняно з іншими шарами більш легкого гранулометричного складу.

В усіх розглянутих чотирьох варіантах шар, що знаходиться відразу під насипною масою чорнозему, характеризується збільшеним умістом гумусу порівняно з шарами, що залягають глибше. Це явище пояснюється, скоріш за все, існуванням певних висхідних потоків, за якими разом з вологою відбувається міграція певних, найбільш рухомих гумусових фракцій у глибші шари. Однак ці процеси мають значну обмеженість і не поширюються на всю товщу техноземів. Це пов'язано з формуванням бар'єрів на межі шарів з дуже значними відмінностями за гранулометричним складом, про що зазначав ще Н. А. Качинський (Kachinskiy, 1965).

Окремо від чотирьох попередніх варіантів знаходиться V варіант, який сформовано з давньоалювіальних відкладів, у яких зустрічаються породи різного гранулометричного складу. Уміст гумусу в шарі 0–2 см складає 1,47 %. У шарі 2–10 см уміст гумусу різко зменшується до 0,78 %. У шарі суглинку (10–20 см), який залягає глибше, уміст гумусу зростає до 1,04 %, а на глибині 20–30 см уміст гумусу в ньому складає вже 0,63 %. На глибині 30–40 см, у шарі суглинку, знов спостерігається збільшення вмісту гумусу до 1,47 %. Далі з глибиною спостерігається зменшення вмісту гумусу. У цілому необхідно зазначити, що для поверхневого шару супісків V варіанта характерні менші потенційні можливості до гумусонакопичення порівняно з поверхневими гумусовими шарами попередніх варіантів за рахунок мінімального вмісту мулистої фракції. За даними, які наведені в роботі В. В. Медведєва та Т. М. Лактіонової (Medvedev, Laktionova, 2011), між умістом мулистої фракції та вмістом гумусу існують певні прямі залежності. У той же час автори відзначають, що тісні взаємозв'язки між гранулометричним складом та вмістом гумусу можуть існувати лише в ґрунтах моногенетичного походження, що залягають в автоморфних умовах, коли дерновий процес є домінуючим. В інших умовах, у ґрунтах полігенетичного походження, де процес акумуляції гумусу управляється комплексом факторів, які його прискорюють або гальмують, зв'язки будуть мати складний нелінійний характер або будуть відсутні взагалі (Medvedev, Laktionova, 2011).

Для кращого розуміння особливостей гумусонакопичення у верхніх шарах відсіпаних чорноземів та суглинків нами проаналізовано внесок органічної речовини до цих шарів разом з листям тополі, кількісні показники яких були визначені при дослідженні надземної продуктивності насаджень та які є головним компонентом опаду (Masuyuk, 2007) і за результатами вивчення кількісного та якісного складу підземної частини насаджень, коренів та їх розподілу в різноякісних горизонтах та прошарках цих техноземів (Masuyuk, 2008).

Середній уміст гумусу в шарі 0–30 см варіанта I складає 3,48 %. При цьому щорічно до цього шару насипного чорнозему разом з листям надходить 5 867 кг/га органічної речовини, з коренями – 3 250 кг/га абсолютно сухої маси. Таким чином, на 1 га щорічно разом надходить 9 117 кг органічної речовини, яка в подальшому може слугувати джерелом для утворення ґрунтового гумусу.

У шарі 0–30 см насипного чорнозему варіанта II середній уміст гумусу дорівнює 3,50 %. До цього шару разом з листям надходить 2 767 кг/га органічної речовини, а з коренями – 4 690 кг/га. Разом з листям та коренями на 1 га щорічно надходить 7 457 кг органічної речовини.

У III варіанті шар 0–30 см з насипного чорнозему містить у середньому 3,64 % гумусу. До цього шару разом з листям надходить 2 258 кг/га органічної речовини, а також 6 690 кг/га – разом з коренями. У сумі разом з листям та коренями щорічно до шару 0–30 см на цьому варіанті надходить 8 948 кг/га органічної речовини.

Шар 0–30 см насипного чорнозему IV варіанта в середньому містить 3,26 % гумусу. До цього шару надходить 968 кг/га органічної речовини разом з листям та 3 480 кг/га – разом з коренями. У цілому щорічно надходить 4 448 кг/га органічної речовини.

Середній вміст гумусу в шарі 0–30 см суглинку V варіанта дорівнює 0,98 %. Щорічно до цього шару разом з листям надходить 1 781 кг/га органічної речовини, разом з коренями – 4 880 кг/га. У сумі листя та корені щорічно забезпечують 6 661 кг/га органічної речовини.

Виходячи з наведених даних можна зробити висновок, що надходження органічної речовини разом з листям максимально сприятливо відбивається на темпах гумусонакопичення в шарі 0–2 см. Це яскраво видно на прикладі I варіанта, в умовах якого спостерігається максимальне надходження листової маси (5 867 кг/га), при цьому вміст гумусу в шарі 0–2 см складає максимальні 4,91 %. Разом з тим максимальне надходження органічної речовини разом з коренями сприяє збільшеному накопиченню гумусу в усьому шарі насипного чорнозему 0–30 см. Це спостерігається в умовах III варіанта, де встановлено найбільший середній вміст гумусу (3,64 %) з одночасним максимальним надходженням органічної речовини разом з коренями (6 690 кг/га).

Результати дослідження вмісту гумусу та його профільний розподіл в насипних шарах чорнозему дають змогу визначити стадію відтворення його в техноземах в порівнянні із зональним ґрунтом. При цьому показники гумусу слугують певним, достатньо точним, маркером цього процесу.

Для формування чорноземного насипного шару для створення перших чотирьох варіантів було використано зональні чорноземи звичайні, які відібрано в безпосередній близькості від дослідних варіантів, а для порівняння бралися результати аналізів ґрунту, відібраних у Маврінському лісорозсаднику під тополею чорною, що розташований на відстані 20 км від ділянки рекультивациі та який розглядався нами як еталон. При цьому використовувався переважно ґрунт з горизонту Н (0–40 см), в якому вміст гумусу дорівнював 3,76 % (Masyuk, 2007). При використанні ґрунту горизонту Н_p (40–75 см), в якому міститься майже в 1,5 разу менше гумусу, порівняно з горизонтом Н, початковий вміст гумусу в насипній масі чорнозему буде значно меншим. При транспортуванні та перемішуванні ґрунтової маси в процесі технічного етапу рекультивациі, як зазначає В. О. Андроханов та ін. (2000), багаторазово посилюється її насиченість киснем повітря, а підвищена аерація сприяє інтенсивній мінералізації органічної речовини. Ця причина зумовлює той факт, що на початку формування шару з чорноземної маси вміст гумусу був дещо менший, ніж 3,76 %. За даними В. В. Медведєва (Medvedev, 2012), еталонним вмістом гумусу в чорноземах звичайних є 4,5 % в шарі 0–20 см та 3,8 % в шарі 20–40 см. Таким чином, середній еталонний вміст гумусу в шарі 0–30 см чорноземів звичайних складає 4,27 %. За результатами дослідження вмісту гумусу в шарі 0–30 см насипного чорнозему найближче до зональних ґрунтів знаходиться шар чорнозему варіанта III (з середнім вмістом гумусу 3,64 %), а найдалі – чорноземи варіанта IV (середній вміст гумусу 3,26 %).

ВИСНОВКИ

1. Процеси гумусонакопичення в техноземах найбільш активно проходять у приповерхневих шарах (0–2 см), які характеризуються максимальним вмістом гумусу в першу чергу за рахунок опад тополевих насаджень.
2. У досліджених техноземах з глибиною спостерігається поступове затухання процесів гумусонакопичення.
3. Основним джерелом органічної речовини, яка з часом перетворюється на ґрунтовий гумус, у досліджених техноземах є корені та опад тополі, яка в цих умовах є головним едифікатором.
4. Надходження органічної речовини у вигляді листового опад стимулює процеси гумусонакопичення в поверхневих шарах техноземів, а у вигляді коренів – в усіх шарах техноземів, де вони розташовуються.

5. Уміст гумусу в родючому шарі ґрунтів збільшується, а профільні зміни залежать від умісту органічної речовини в залучених до рекультивації горизонтах Н і Н_р зональних ґрунтів та їх співвідношень між собою (або їх частковою участю у формуванні верхньої частини технозему).

6. У горизонтах гірських порід, що лежать нижче під родючим шаром ґрунту, уміст гумусу знаходився в межах, які відповідають нуль-моменту ґрунтоутворення.

7. У складі давньоалювіальних відкладів часто зустрічаються включення різних глин (лесоподібних, каолінових, червоно-буріх та інших), ґрунтова маса чорноземів, іноді шахтної породи, що додає йому нового якісного стану і сприяє формуванню родючості, близької до суглинку. У місцях значних домішок глини (понад 30 %) родючість різних сумішей може бути вищою за кожен породи окремо – пісків, супісків, суглинків, глин.

8. Значні запаси вуглецю в шахтній породі не є джерелом органічної речовини, що використовується для живлення рослин через відсутність рухливих та водорозчинних форм гумусової природи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Andreetta, A., Cecchini, G., Bonifacio, E., Comolli, R., Vingiani, S., Carnicelli, S., 2016. Tree or soil? Factors influencing humus form differentiation in Italian forests. *Geoderma* 264(A), 195–204.
- Androkhonov, V. A., Ovsyannikova, S. V., Kurachev, V. M., 2000. Tekhnomezem: svoystva, rezhimy, funktsionirovaniye [Tekhnomezem: properties, modes, functioning]. Nauka, Novosibirsk (in Russian).
- Degtyarev, V. V., 2011. Humus chernozemiv livoberezhnoho Lisostepu i Stepu Ukrainy [Humus of chernozems of left-bank forest-steppe and steppe of Ukraine]. Majdan, Kharkiv (in Ukrainian).
- Grishina, L. A., 1986. Gumusobrazovaniye i gumusnoye sostoyaniye pochv [Humus formation and humus condition of soils]. MGU, Moscow (in Russian).
- Kachinskiy, N. A., 1965. Fizika pochvy [Soil Physics]. Higher School, Moscow (in Russian).
- Starova, N. V., 1980. Seleksiya ivovykh [Selection of Willow]. Lesnaya promyshlennost, Moscow (in Russian).
- Masyuk, A. N., 2007. Analiz nadzemnoy produktivnosti bystrorastushchikh drevesnykh nasazhdeniy, kultiviruyemykh na chernozemakh obyknovennykh [Analysis of above-ground productivity of fast-growing tree plantations cultivated on chernozems of common]. Visnik Dnipropetrovskogo universitetu. Seriya Biologiya, yekologiya 3(1), 95–102 (in Russian).
- Masyuk, A. N., 2008. Osobennosti raspredeleniya kornevoy sistemy topolya Novoberlinskogo v tekhnomezemakh s raznoy stratigrafiyey v usloviyakh ogranichenogo edaficheskogo prostranstva [Peculiarities of the distribution of a root system of a poplar Novoberlinskiy in mansoil with different stratigraphy in case of the limited space]. Gruntoznastvo 9(3-4), 93–100 (in Russian).
- Masyuk, A. N., 2007. Pervichnaya produktivnost 16-letnego drevostoya topolya Novoberlinskogo na rekul'tivirovannykh zemlyakh Zapadnogo Donbassa [Primary productivity of the 16-year-old Novoberlinskiy poplar stand growing on the reclamated lands of Western Donbass]. Gruntoznastvo 8(3-4), 47–56 (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2012. Monitoring pochv Ukrainy. Kontsepsiya. Itogi. Zadachi [Soil monitoring of the Ukraine. The concept. Results. Tasks]. CE «City printing house», Kharkiv (in Russian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. N., 2011. Granulometricheskij sostav pochv Ukrainy (geneticheskij, ekologicheskij i agronomicheskij aspekty) [Texture of Ukrainian Soils (genetic, environmental and agronomical aspects)], Apostrof, Kharkiv (in Russian).
- Melikhov, I. S., 1985. Puti geneticheskogo uluchsheniya lesnykh drevesnykh rasteniy [Ways of genetic improvement of forest tree plants]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Milanovskiy, Ye. Yu., 2009. Gumusovyye veshchestva pochv kak prirodnyye gidrofobno-gidrofilnyye soyedineniya [Humus substances of soils as natural hydrophobic-hydrophilic compounds]. GEOS, Moscow (in Russian).
- Orlov, D. S., Grishina, L. A., 1981. Praktikum po khimii gumusa [Practice on chemistry of humus]. MGU, Moscow (in Russian).

- Orlov, D. S., 1990. Gumusovyye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii [Humus acids of soils and general theory of humification]. MGU, Moscow (in Russian).
- Ponge, J.-F., Sartori, G., Garlato, A., Ungaro, F., Zanella, A., Jabiol, B., Obber, S., 2014. The impact of parent material, climate, soil type and vegetation on Venetian forest humus forms: A direct gradient approach. *Geoderma* 226–227, 290–299.
- Ponomareva, V. V., Plotnikova, T. A., 1980. Gumus i pochvoobrazovaniye (metody i rezultaty izucheniya) [Humus and soil formation (methods and results of the study)]. Nauka, Leningrad (in Russian).
- Romankevich, E. A., 1990. Biogeochemical problems of living matter of the present-day biosphere. Facets of modern biogeochemistry. Springer, Berlin, 39–51.
- Shirshova, L. T., 1991. Polidispersnost gumusovykh veshchestv pochv [Polydispersity of humic substances of soils]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Starova, N. V., 1980. Seleksiya ivovykh [Selection of Willow]. Lesnaya promyshlennost, Moscow (in Russian).
- Tsapko, Yu. L., 2015. Dyskusiyni problemy pryrody humusu [Discussion problems of humus nature]. *Gruntoznavstvo* 16(3–4), 83–89 (in Ukrainian).
- Yakist' gruntu. Metody vyznachannya orhanichnoyi rechovyny, 2005 [The soil quality. Methods for determination of organic matter]. DSTU 4289:2004. [Chynnyy vid 2005-07-01]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrayiny (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 18.11.2017

SOIL CARTOGRAPHY



V. B. Solovey  Cand. Sci. (Agri.)
Yu. V. Zalavskyi

UDK 631.471: 631.472

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

THE USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION DEVICES IN THE FIELD CONDITIONS FOR THE LARGE-SCALE MAPPING OF THE SOIL COVER

Abstract. Reliable information on soil condition – the basis for evaluation its current condition of rational use. In the leading countries of the world it is accepted periodically – once in 20–30 years to conduct a solid survey of soil cover. During such a period of time, changes in soil properties become noticeable, and at the same time, due to the progress in soil science, the idea of soil genesis, their diagnostics, evolution in use, the evaluation of agro-industrial qualities and the way of rational use are improved. The purpose of this study is to propose new approaches for the transfer of information on the condition of soil with the help of modern devices of information and communication and GIS technologies for the mapping and updating of large-scale soil maps. The main tasks of this research work: 1) Improvement of elements of the methodology of large-scale soil survey; 2) Working out the methodology of large-scale and detailed soil survey; 3) Search for the use of innovative technical tools for the soil mapping. Working out the methods of information and communication facilities in large-scale and detailed studies of soil cover. In particular, a modern mobile device (smartphone) is used in field work with the use of on-line mode for data transmission directly over the Internet. For the work is used mobile software Collector for ArcGIS, application for collecting field data. Mobile device with Android operating system equipped with GPS receiver. The work covers the all technological process, from the development of a database of geospatial data (DB) to map representation in ArcGIS Online and its use for gathering field data and matching the results. The following software and hardware are used to perform the work: ArcGIS Desktop 10 and later; ArcGIS Online with organizational account (account); ESRI Collector for ArcGIS. In the course of the work, the collection of data in the field conditions on soil profiles and their description with the help of the Collector for ArcGIS application is performed. The methodology of the process for collecting data using Collector is presented: 1) Determining the data to be collected. Development of data collection model, what type of point objects and their attributes should be; 2) Placing the data collection model as an object service on ArcGIS Online; 3) Arrival at the place designated for the field works (in particular, in places of location of soil profiles) and the opening of a web-map (map-version) used for data collection. During the research of soil cover in the field, a series of soil profiles and trenches are located on the specific elements of the relief (where there may be a soil changes). All information is shown on the map in Collector for ArcGIS on your mobile device (smartphone, tablet). When entering points in the device, all required fields are filled in. 4) Data collection by mobile device using Collector for ArcGIS (spatial coordinates, attributes and photos, etc.); 5) ArcGIS Online on-site data storage (provided Wi-Fi or Internet connection is available) and

 Tel.: +38063-620-12-79, e-mail: gruntpokrov@ukr.net

DOI: 10.15421/041717

synchronization. Thus, the method of collecting data on soil cover using ICT and GIS technologies has been developed and tested to facilitate the processing of information for the needs of large-scale mapping. During testing, a number of advantages and disadvantages have been identified when applying ICT in the digital soil mapping.

Key words: soil cover, soil profile, mapping, large-scale research, GIS-technologies, database.

УДК 631.471: 631.472

В. Б. Соловей
Ю. В. Залавский

канд. с.-х. наук

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии
им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024,
тел.: +38063-620-12-79, e-mail: gruntpokrov@ukr.net*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ ДЛЯ КРУПНОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Аннотация. Предложено использовать информационно-коммуникационные устройства (смартфон, планшет) в полевых условиях во время крупномасштабных исследований почвенного покрова для ускорения передачи информации с помощью мобильной интернет-сети. Занесение информации в цифровой формат – непосредственно на месте с отображением на карте.

Ключевые слова: почвенный покров, почвенный разрез, картографирование, крупномасштабные исследования, ГИС-технологии, база данных, ИКТ.

УДК 631.471: 631.472

В. Б. Соловей
Ю. В. Залавський

канд. с.-г. наук

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024,
тел.: +38063-620-12-79, e-mail: gruntpokrov@ukr.net*

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ ДЛЯ ВЕЛИКОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

Анотація. Запропоновано використовувати інформаційно-комунікаційні пристрої (смартфон, планшет) у польових умовах під час великомасштабних досліджень ґрунтового покриття для прискорення передачі інформації за допомогою мобільної інтернет-мережі. Занесення інформації в цифровий формат – безпосередньо на місці з відображенням на карті.

Ключові слова: ґрунтовий покрив, ґрунтовий розріз, картографування, великомасштабні дослідження, ГІС-технології, база даних, ІКТ.

Достовірна інформація про стан ґрунтового покриття – основа оцінки його сучасного стану раціонального використання. У провідних країнах світу прийнято періодично – один раз на 20–30 років проводити суцільне дослідження ґрунтового покриття. За такий проміжок часу стають помітними зміни властивостей ґрунтів і водночас удосконалюються внаслідок прогресу в ґрунтознавстві уявлення про генезис ґрунтів, їх діагностику, еволюцію при використанні, оцінку агровиробничих якостей і шляхи раціонального використання (Derzhavna tsilova prohrana, 2015).

Великомасштабні обстеження ґрунтового покриття були здійснені в Україні протягом 1957–1961 рр. під науково-методичним керівництвом Інституту ґрунтознавства та агрохімії. На їх підставі було створено комплекс карт ґрунтів різного масштабу, розроблено нормативні документи і рекомендації щодо забезпечення раціонального використання земель. Коригування результатів

обстежень, частково здійснене у 70–80-ті роки минулого століття, не забезпечило оновлення та підвищення інформативності ґрунтових матеріалів унаслідок використання застарілого нормативно-методичного забезпечення. На сьогодні практично всі нормативні документи з раціонального використання земель базуються на матеріалах минулого обстеження. За експертними оцінками, їх достовірність щодо сучасного стану ґрунтового покриву не перевищує 50 %, особливо в регіонах зі складним ґрунтовим покривом. У зв'язку з цим можливі похибки при визначенні за допомогою картографічних матеріалів якості ґрунтів, насамперед це стосується ідентифікації особливо цінних груп ґрунтів. Ґрунти можуть змінити свої властивості, родючість та відповідно цінність під впливом антропогенного фактора (Solovey, 2016). Саме тому необхідно приділити увагу отриманню інформації про стан ґрунтового покриву та своєчасній обробці та швидкій передачі її за допомогою сучасних повсякденних засобів комунікації.

Мета сучасного великомасштабного дослідження – актуально отримати об'єктивну інформацію про структуру ґрунтового покриву за еколого-генетичним статусом ґрунтів, їх реальний стан за агровиробничими якостями для раціонального його використання.

Мета даного дослідження – запропонувати нові підходи передачі інформації про стан ґрунтового покриву за допомогою сучасних засобів інформаційно-комунікаційних та ГІС-технологій для складання та оновлення великомасштабних ґрунтових карт.

Основні задачі даної науково-дослідної роботи:

- удосконалення елементів методики великомасштабного ґрунтового обстеження;
- опрацювання методики великомасштабного і детального ґрунтового обстеження;
- пошук використання інноваційних технічних засобів при картографуванні ґрунтового покриву;
- опрацювання методики застосування інформаційно-комунікаційних засобів при великомасштабних та детальних дослідженнях ґрунтового покриву.

У наш час органи влади широко використовують інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) для підвищення ефективності та продуктивності у наданні послуг. Старою моделлю були інформаційні технології (ІТ), що забезпечували автоматизацію внутрішніх робіт органів влади за рахунок обробки даних та не підтримували зовнішнє управління (ru.wikipedia.org).

Нова модель ІКТ застосовується в різних сферах діяльності суспільства. Застосування ІКТ для оптимізації або удосконалення, наприклад, діяльності уряду називається електронним урядом (e-Government). Це взаємодія між органами влади, споживачами та постачальниками через електронні засоби (Godse, 2007). Використання концепцій ІКТ поступово збільшується з часу їх запровадження у 1990-х рр. (Ahn, 2011). Сучасний електронний уряд є автоматизацією процесів та послуг у сфері управління державою з використанням таких сучасних ІКТ, як мережевий та мобільний зв'язок, хмарні обчислення тощо (Rombach, 2009). Системи електронного уряду можуть надавати для громадян доступ онлайн (мережі Інтернет, мобільні мережі) до інформації та послуг.

Проаналізувавши інформацію про інформаційно-комунікаційні технології, вирішено спробувати застосувати їх вид у ґрунтознавстві. Зокрема, використати сучасний мобільний пристрій (смартфон) при польових роботах із застосуванням онлайн режиму для передачі даних безпосередньо через інтернет-мережу. Для виконання робіт необхідно мати (інстальовати) мобільний додаток Collector for ArcGIS для збору польових даних разом із оснащеним GPS-приймачем мобільним пристроєм з операційною системою Android. Робота охоплює весь технологічний процес повністю, від створення бази геоданих (БД) до представлення карти в ArcGIS

Online та її використання для збору польових даних і зіставлення одержаних результатів.

Для виконання робіт необхідне наступне програмне забезпечення та обладнання:

- ArcGIS Desktop 10 і вище;
- ArcGIS Online з організаційним обліковим записом (акаунтом);
- Collector for ArcGIS від ESRI;
- мобільний пристрій з операційною системою Android (планшет або смартфон).

У ході роботи відбувається збір у польових умовах даних стосовно ґрунтових розрізів та їх опису за допомогою додатку Collector for ArcGIS. Методика технологічного процесу для збору даних за допомогою Collector включає в себе:

1. Визначення даних, що мають бути зібрані. Розробку моделі збору даних, який тип точкових об'єктів та які їх атрибути повинні бути. Створення первинної БД з моделлю збору даних в ArcGIS Desktop. По-перше, треба мати добре уявлення про дані, що необхідні для опису ґрунтового покриття. По-друге, важливо уявляти, які дані можливо внести у БД через мобільний пристрій. Ґрунтові розрізи, що будуть позначатися точковим типом об'єктів, можуть включати інформацію як про сам ґрунтовий профіль, так і про відібрані зразки ґрунту та іншу допоміжну інформацію. Так, визначено перелік параметрів, які увійдуть до первинної БД: № точки, тип точки (розріз, прикопка, інше), координати розташування (географічна система координат WGS84), глибини відбору зразків, морфолого-генетичний опис профілю, попередня назва ґрунту, додаткова інформація та документальне підтвердження – фотозображення профілю.

2. Розміщення моделі збору даних як сервісу об'єктів на ArcGIS Online або на організаційному ArcGIS Server. В ArcGIS Online розміщується сервіс об'єктів, використовуючи ArcGIS for Desktop. Застосовується цей сервіс ArcGIS Online для створення веб-карти (своєрідної карти-версії), яка пізніше буде використовуватися для збору польових даних. *Web feature service* (WFS) є веб-сервісом, який за запитом вибирає географічні об'єкти або векторні дані зі сховища просторових даних і надає їх клієнту (додаток, що забезпечує розширену функціональність незалежно від сервера) для виведення їх на дисплей. WFS доставляє просторові дані користувачу як потокові просторові об'єкти або як XML/GML – закодовану геометрію. У нашому випадку клієнтом є Collector for ArcGIS, а сховище просторових даних розміщене на сервері ESRI з хостингом ArcGIS Online на ArcGIS Server. Публікується точковий шар збору даних на ArcGIS Online (www.esri.com) як сервіс об'єктів з додаванням веб-карти, що містить сервіси об'єктів, до яких налагоджено доступ через Collector for ArcGIS для збору польових даних.

3. Збір даних за допомогою мобільного пристрою. Основні етапи польового збору даних за допомогою Collector for ArcGIS:

– Підготовка даних для польових робіт.

Зокрема, необхідно підготувати робочу карту (карту-версію) ділянки робіт. У відкритий документ карти ArcMap додаються дані (*Add Data*) та базова карта (*Add Basemap*) (для зручності використання при ґрунтовому обстеженні найкраще підходить фізична карта), де зображено рельєф для більш гарного орієнтування і яка містить топоніми, такою є *Topographic*.

Перелік масштабів не обмежено. Не слід забувати про те, що чим більший масштаб – тим більший розмір карти (у мегабайтах або гігабайтах), що може ускладнити роботу мобільного пристрою через навантаження на оперативну пам'ять пристрою. Необхідно налаштувати екстент (з *англ. extent* – *розмір*) фрейму даних Шари (*Layers*), використовуючи екстент поточного виду. Він стане екстендом сервісу об'єктів після розміщення. Наступний крок – заповнення діалогового вікна: Заголовок (*Title*), Підсумкова інформація (*Summary*), Опис (*Description*), Автор (*Author*), Права доступу (*Credits*), Теги (мітки) (*Tags*). Таким чином завершується публікація карти в сервісі ArcGIS Online. При редагуванні сервісу застосовуються такі дві опції:

- Дозволити експорт до різних форматів іншим користувачам (*Allow others to export to different formats*).

- Дозволити синхронізацію (*Enable Sync* (автономне редагування з синхронізацією)).

При плануванні виконання завдань можна скласти GPS-проект перед проведенням польових робіт. Він може включати попередній аналіз геометрії супутників для складання графіка польових робіт (розташування супутників може бути незадовільним або їх кількість недостатньою для приймача). Аналіз властивості плеяди GPS-супутників на період часу збору польових даних (www.trimble.com).

- Прибуття у призначене для польових робіт місце (зокрема, у місця закладання ґрунтових розрізів та прикопок) та відкриття веб-карти (карти-версії), що використовується для збору даних.

Вхід в організаційний обліковий запис ArcGIS Online (за умов можливості доступу до мережі Internet або з'єднання Wi-Fi. У зв'язку зі швидким темпом розвитку швидкісного мобільного Інтернету 3G- та 4G-мереж ця умова стає дедалі простішою). Обов'язковою є авторизація до організаційного облікового запису на сервісі ArcGIS (www.esri.com) в меню *My Content*. Розміщений сервіс на ArcGIS Online додається як шар просторових об'єктів до користувацької карти. Це є причиною того, що сервіс об'єктів зазвичай називається шаром просторових об'єктів в ArcGIS Online. Однією з переваг збору даних із використанням смартфона або планшета є те, що з легкістю можна сфотографувати просторовий об'єкт та приєднати до нього фото в ГІС. За замовченням додатки дезактивуються при розміщенні сервісу об'єктів, однак потім можливо їх активувати в ArcGIS Online, що дозволить робити фотографії за допомогою мобільного пристрою та приєднувати їх до точок.

- Збір даних (просторові координати, атрибути та фотографії). Дані можуть бути зібрані двома різними способами: вручну (без GPS) — вводячи координати на попередньо завантаженій карті та автоматично — використовуючи поточні координати, визначені вбудованим GPS-приймачем.

Під час дослідження ґрунтового покриття в польових умовах закладається серія ґрунтових розрізів та прикопок на характерних елементах рельєфу (де, ймовірно, може бути зміна ґрунтів). Уся інформація відмічається на карті в Collector for ArcGIS у мобільному пристрої (смартфон, планшет). Під час введення точок у пристрій заповнюються всі потрібні поля, описані вище (рис. 1).

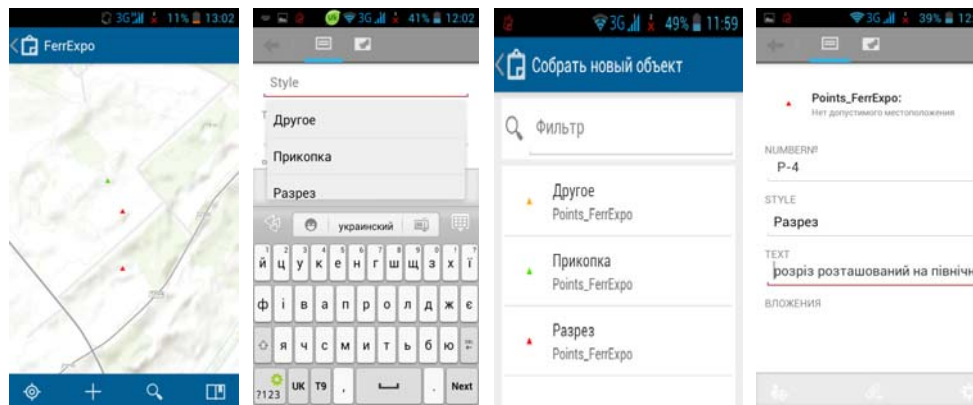


Рис. 1. Внесення точок відбирання зразків на карту і заповнення атрибутивної інформації у форму в Collector for ArcGIS у мобільному пристрої

- Збереження даних у ArcGIS Online на місці (за умов наявності Wi-Fi або internet- з'єднання) та синхронізація.

Коли збір даних завершено, необхідно провести синхронізацію з ArcGIS Online (функція *Sync* у розділі *All Maps* у Collector). Увійшовши до ArcGIS Online повторно, можна переконатися про додавання нових об'єктів на загальну карту.

ВИСНОВКИ

Розроблено і апробовано методику збору даних про ґрунтовий покрив із застосуванням приладів ІКТ та ГІС-технологій для спрощення обробки інформації для потреб виготовлення великомасштабних ґрунтових карт. Під час апробації виявлено ряд переваг та деякі недоліки при застосуванні ІКТ у картографуванні ґрунтів. Переваги використання ІКТ-пристроїв для ґрунтознавства та картографування ґрунтів:

- Швидкість передачі інформації. Передача інформації будь-кому і в будь-яку точку на планеті.
 - Економія коштів у відсутності необхідності придбання окремого GPS-приладу.
 - Швидке заповнення форм з готовими шаблонами в цифровому форматі без конвертації.
 - Можливість збору інформації багатьма користувачами в одну об'єднану файловою базу даних.
 - Можливість використання для потреб велико-, середньо- і дрібномасштабних, а також частково детальних обстежень ґрунтового покриття.
- Недоліки:
- Складність використання при несприятливих погодних умовах.
 - Уразливість технічного засобу (несправність, фізичне пошкодження, відсутність заряду акумуляторної батареї та ін.).
 - Прив'язка пристроїв до інтернет-мережі.

Але, незважаючи на всі недоліки, інформаційно-комунікаційне картографування набуває дедалі більших масштабів. У тому числі і в ґрунтовому картографуванні не обійтись від підручних засобів технічного прогресу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Ahn, M. J., Bretschneider, S., 2011. Politics of e-Government: e-Government and the Political Control of Bureaucracy. Public Administration Review 71(3), 414–424.
- Derzhavna tsilova prohrama «Velykomasshtabne obstezhennya ґруntovoho pokryvu Ukrainy» (naukovo-orhanizatsiyni osnovy), 2015 [State purpose program «Large-scale soil cover survey of Ukraine» (scientific and organizational foundations)]. National academy of agrarian sciences of Ukraine, National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»; scientific editorship by S. A. Balyuk, A. V. Kucher, V. B. Solovey. Smuhasta typohrafiya, Kharkiv (in Ukrainian).
- Godse, V., Garg, A., 2007. From e-Government to e-Governance. Last visited http://www.csisigegov.org/1/2_313.pdf on 25th April, 2011.
- http://ru.wikipedia.org/wiki/Информационные_технологии
- <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline>
- <http://www.trimble.com/GNSSPlanningOnline/>
- Rombach, D., Steffens, P., 2009. e-Government: Springer Handbook of Automation: Springer Berlin Heidelberg.
- Solovey, V. B., 2016. Pidvyshchennya informatyvnosti ґруntovo-kartohrafichnykh materialiv – priorytetnyy napryamok rozvytku ґруntoznavstva [Informativeness improvement of soil maps – priority direction of soil science development]. National academy of agrarian sciences of Ukraine. «News of agrarian sciences». Derzh.vyd-vo «Ahrarna nauka», Kyiv. 11–16 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 10.12.2017

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 висновків проведених досліджень, ключові слова (6–8 слів);
- основний текст статті повинен містити такі розділи: Вступ; Матеріали та методи досліджень; Результати та їх обговорення; Висновки; Список використаної літератури.

Таблиці повинні бути пронумеровані відповідно до змісту статті. Дати назву до кожної таблиці. Статистична та інша деталізація наводяться під таблицею. Табличні матеріали підготувати у табличному редакторі Word 2003, 2007.

Рисунки нумерують у порядку їх обговорення в тексті. Унизу рисунка указати його назву. Рисунки до статті повинні мати окрему копію в електронному вигляді. Діаграми та графіки слід виконувати у пакетах Excel, Statistica, схеми – у пакеті Visio та зберігати у форматах цих програм окремими файлами (наприклад, petrov_ris1). Найкращими для сканованих зображень є формати файлів TIFF, JPEG, EMF. Усі елементи тексту у зображеннях (графіках, діаграмах, схемах), якщо це можливо, повинні мати гарнітуру Times New Roman або Times New Roman Cyr (в окремих випадках Courier). Кожне зображення зберігайте в окремому об'єкті. Зображення після сканування при роздрукуванні повинно бути чітким, не гіршим за чіткість основного тексту.

- подяки при необхідності подаються наприкінці статті перед списком використаної літератури;

- список використаної літератури. Посилання на літературні джерела слід подавати в напівкруглих дужках із зазначенням прізвища цитованого автора (або назви джерела, якщо авторів більш ніж три) та року видання. У списку використаних джерел кожне україномовне чи 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
2017. Т. 18, № 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 24.12.2017 р. Формат 70×108 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 6.
Замовлення № . Тираж 200 прим.
