

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. 16

no. 3–4

Scientific Journal
Founded in 2001

www.ussj.cv.ua

Kyiv – Dnipropetrovsk
2015

EDITORIAL BOARD:

A. P. Travleyev (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. Balyuk; N. A. Bilova; M. K. Chartko; S. G. Chorny; D. M. Grodzinsky; F. Gurbuz; V. I. Kanivets; N. R. Korpeyev; I. A. Mal'tseva; D. O. Mel'nicuk; L. P. Mytsyk; E. Nevo; V. V. Nykyforov; M. J. Opanasenko; V. I. Parpan; M. V. Polyakov; S. P. Poznyak; Yu. R. Shelyag-Sosonko; V. V. Shvartau; Gu Siyu; S. Skiba; O. O. Sozynov; P. C. Srivastava; V. S. Stogniy; D. G. Tikhonenko; N. N. Tsvetkova; I. Kh. Uzbek; N. V. Zaymenko; V. M. Zverkovsky.*

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

J. G. Ray (Associate Editor); *J. M. Recio Espejo* (Associate Editor); *M. K. Chartko; F. Gurbuz; N. R. Korpeyev; E. Nevo; Gu Siyu; S. Skiba; P. C. Srivastava.*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **А. П. Травлєєв** (голов. редактор); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. М. Ресіо Есπεжо** (заст. голов. редактора, Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Д. Г. Рей** (заст. голов. редактора, Індія); акад. НАНУ, д-р біол. наук **К. М. Ситник** (заст. голов. редактора); акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. Г. Радченко** (заст. голов. редактора); канд. біол. наук **В. А. Нікорич** (заст. голов. редактора); канд. іст. наук **В. М. Петренко** (наук. редактор); акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. В. Моргу́н** (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**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Д. М. Гродзинський**; д-р біол. наук **Гу Сію** (Китай); д-р біол. наук **Ф. Гурбуз** (Туреччина); д-р біол. наук **Н. В. Заїменко**; д-р біол. наук **В. М. Зверковський**; д-р с.-г. наук **В. І. Канівець**; акад. АН Туркменістану, д-р біол. наук **Н. Р. Корпєєв** (Туркменістан); д-р біол. наук **І. А. Мальцева**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Д. О. Мельничук**; д-р біол. наук **Л. П. Мицик**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Е. Нево** (Ізраїль); д-р біол. наук **В. В. Никифоров**; д-р біол. наук **М. Є. Опанасенко**; д-р 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 **Р. С. Сріваства** (Індія); канд. техн. наук **В. С. Стогній**; д-р с.-г. наук **Д. Г. Тихоненко**; д-р біол. наук **І. Х. Узбек**; д-р біол. наук **Н. М. Цвєткова**; д-р геогр. наук **М. К. Чертко** (Білорусь); д-р с.-г. наук **С. Г. Чорний**; чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **В. В. Швартау**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Ю. Р. Шеляг-Сосонко**.

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

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

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара*

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. Дніпропетровськ, Україна. *Телефони:* (056) 792–78–82, (0562) 76–83–81. Web-сторінка: www.ussj.cv.ua. *E-mail:* ecologrunt@yahoo.com

© Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, 2015
© ТОВ «Агентство «Телепресінформ», 2015

TABLE OF CONTENTS

FOREST SOIL SCIENCE

<i>Yakovenko V. M., Bilova N. A.</i> Morphology of forest ravined soil formation on deluvial loams	5
<i>Vlasenko N. O.</i> Rozsoshentsy forest area of Poltava-city green belt (soil-geobotanical and typological and characteristic)	18
<i>Oganesyan M. S., Mykhailichenko A. A.</i> Features of the content of carbonates in the ordinary chernozem improved by forest under plantings of false acacia (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	25
<i>Maltsev Ye. I.</i> Biological activity in the forest floor of artificial forests in the steppe zone	31

MONITORING AND REMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS

<i>Samokhvalova V. L., Fateev A. I., Samokhvalova P. A., Mandryka O. V., Bublyk V. D., Kutz O.</i> Determination of oil and oil products total content in soils for monitoring of contamination and effectiveness of remediation	39
<i>Gunko S. O.</i> Ecological peculiarities of cadmium dispersal at the urbanized terrain edaphotopes of the Steppe Dnieper region (shown by Dniprodzerzhinsk as an example)	52

LAND RECLAMATION

<i>Uzbek I. Kh.</i> Some properties of man-made Dnieper Steppe ecosystems	60
<i>Zverkovsky V. M., Zubkova O. S.</i> Dynamics of mine rocks and artificial soils physical and chemical characteristics under the impact of long-term reclamation	68
<i>Galagan T. I.</i> The theoretical and methodological direction of the strategy of land reclamation	77

DISCUSSION

<i>Tsapko Yu. L.</i> Discussion problems of humus nature	83
--	----

CHRONICLE

<i>Recio Espejo J. M., del Olmo F. Diaz</i> Seminar «The soils as resource in the Biosphere» 25, 26 and 27/November/2015 International University of Andalusia (Huelva, Spain)	90
--	----

TO THE AUTHORS' ATTENTION	94
--	----

З М І С Т

ЛІСОВЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

<i>Яковенко В. М., Білова Н. А.</i> Морфологія лісового байрачного ґрунтоутворення на делювіальних суглинках	5
<i>Власенко Н. О.</i> Розсошанський лісовий масив зеленої зони міста Полтави (ґрунтово-геоботанічна та типологічна характеристики)	18
<i>Оганесян М. С., Михайліченко О. О.</i> Особливості вмісту карбонатів у чорноземі звичайному лісопокращеному під насадженнями білої акації (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	25
<i>Мальцев Е. И.</i> Биологическая активность лесной подстилки искусственных лесов в степной зоне	31

МОНІТОРИНГ ТА РЕМЕДІАЦІЯ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

<i>Самохвалова В. Л., Фатєєв А. І., Самохвалова П. А., Мандрика О. В., Бублик В. Д., Куц О.</i> Визначення загального вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунтах для моніторингу забруднення та ефективності ремедіації	39
<i>Гулько С. О.</i> Екологічні особливості розповсюдження кадмію в едафотопях урбанізованих територій степового Придніпров'я (на прикладі м. Дніпродзержинська)	52

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

<i>Узбек І. Х.</i> Деякі властивості техногенних екосистем степового Придніпров'я	60
<i>Зверковський В. М., Зубкова О. С.</i> Зміни фізичних і хімічних властивостей шахтних порід та штучних ґрунтів під впливом довготривалої рекультивації	68
<i>Галаган Т. І.</i> Теоретико-методологічний напрямок стратегії рекультивації порушених земель	77

ДИСКУСІЇ

<i>Цапко Ю. Л.</i> Дискусійні проблеми природи гумусу	83
---	----

ХРОНІКА

<i>Реціо Еспехо Х. М., дель Олмо Ф. Діас</i> Семінар «Ґрунти як ресурс у біосфері», 25–27 листопада 2015 (Уельва, Іспанія)	92
--	----

ДО УВАГИ АВТОРІВ	95
-------------------------------	----

FOREST SOIL SCIENCE



V. M. Yakovenko¹ ✉ Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.
N. A. Bilova² Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 504.53 + 630*1

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

²*Dnipropetrovsk University
of Customs Service and Finances, Rogalova str., 8,
Dnipropetrovsk, Ukraine 49000*

MORPHOLOGY OF FOREST RAVINED SOIL FORMATION ON DELUVIAL LOAMS

Abstract. The paper establishes the general features of the soil morphogenesis in ravined forests of Dnieper Prysamaria and genetic relationships of forest soils with zonal chernozem under herbaceous associations based on the detection of morphological properties that are «lithogenic», that is inherited from deluvial material and «pedogenic» features formed directly in the forest soil.

The study area is located on the Dnieper Prysamaria (Dnipropetrovsk region) within the area of the steppes. The trial areas are incorporated in the upper Deep ravine, located in the upland part of watershed landscape. Catena is represented by five typical sections – between edging of the ravined forest and the field in the middle thirds of the slopes of the northern and southern exposures and in the thalweg of the ravine.

Samples for meso-morphological studies were selected by genetic horizons, samples for soil horizons were selected using a soil drill. Basic morphological characteristics were determined in the laboratory (except for the hardness index). The mathematical processing of the results was carried out by methods of nonparametric statistics (method K-means).

It was found that, despite the temporal and spatial disorder of deluvial material deposition processes and the differences of the water regime in the thalweg on the slopes, in the ravined biogeocenoses the forest soils are formed with common features of morphological organization of the genetic profile of the individual and morphological properties. The uniformity of the general structure is shown in a set sequence and the power of the genetic horizons, polycyclic and texture eluvial-illuvial differentiation of the genetic profile. The uniformity of the changes in the profile of the individual morphological properties is shown in the form of colour options of genetic horizons (due to humus content talus deposits), changing the particle size distribution of horizons in accordance with the general differentiation profile on eluvial and illuvial (due lessivage) part, changes in the morphology and dimensions of structural units related to changes in the structure of hardness horizons intensive leaching of carbonates from the profile of forest soils. The necessity of research processes clayization profile in situ, their role in the morphogenesis of compacted horizons are noted.

There are two groups of properties that make it possible to analyze the micromorphology level communication between the soils in the catena. The first – a lithogenic conditionally or diluvial

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

DOI: 10.15421/041512

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2015. Vol. 16, no. 3–4

material properties, which persist for a long time in a forest soil – granulometry and less coloration horizons. The second – a pathogenic properties, sharply differing in the studied soils associated with the peculiarities of morphogenesis of a particular genetic profile and specific genetic horizon. These include the level of occurrence of carbonates in the profile and intensity of effervescence, the morphology of the structural units, the hardness of the genetic horizons, the level of spot colour.

Cluster analysis identified a statistically illustrates the differences between the morphological structure of the soil catena, combining in one cluster the ravined soils on deluvial deposits under forest vegetation, and in the other – the soils on the loess under herbaceous vegetation. The contrast of differences increases down the profile.

Keywords: forest soil, morphological properties, deluvial loams.

УДК 504.53 + 630*1

В. Н. Яковенко¹

канд. биол. наук, доц.

Н. А. Белова²

д-р биол. наук, проф.

¹*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, Украина, 49010,
тел.: +38066-559-68-06, e-mail: yakovenko_v@i.ua*

²*Днепропетровский университет таможенного дела и финансов,
ул. Рогалева, 8, г. Днепропетровск, Украина, 49000*

МОРФОЛОГИЯ ЛЕСНОГО БАЙРАЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА ДЕЛЮВИАЛЬНЫХ СУГЛИНКАХ

Аннотация. В работе устанавливаются общие черты морфогенеза почв в байрачных лесах Присамарья Днепропетровского и генетические связи лесных почв с зональными черноземами под травянистыми ассоциациями на основе выявления морфологических свойств, которые являются «литогенными», то есть унаследованными от делювиального материала, и «педогенных» свойств, сформированных непосредственно в процессе лесного почвообразования. Использовались методы полевого и лабораторного определения морфологических свойств генетических горизонтов почвы, проведена статистическая обработка полученных результатов.

Установлено, что, несмотря на временную и пространственную неупорядоченность процессов отложения делювиального материала и на отличия водного режима, в тальвеге и на склонах, в байрачных биогеоценозах формируются лесные почвы с общими чертами морфологической организации генетического профиля и отдельных морфологических свойств. Однотипность общего строения проявляется в наборе, последовательности и мощности генетических горизонтов, полицикличности и текстурной элювиально-иллювиальной дифференциации генетического профиля. Однотипность изменения в профиле отдельных морфологических свойств проявляется в виде вариантов окраски генетических горизонтов (обусловленных гумусированностью делювиальных отложений), изменении гранулометрического состава горизонтов в соответствии с общей дифференциацией профиля на элювиальную и иллювиальную (вследствие лессиважа) части, изменении морфологии и размеров структурных отдельностей, связанных со структурой изменений твердости горизонтов, интенсивного выщелачивания карбонатов из профиля лесных почв. Отмечена необходимость исследования процессов оглинивания профиля *in situ*, их роли в морфогенезе уплотненных горизонтов.

Выделяются две группы свойств, которые на уровне макроморфологии позволяют проанализировать связи между почвами в катене. Первая – это условно литогенные, или свойства делювиального материала, которые сохраняются продолжительное время в условиях лесного почвообразования – гранулометрический состав и в меньшей степени окраска горизонтов. Вторая – это педогенные свойства, четко различающиеся в исследованных почвах, связанные с особенностями морфогенеза конкретного генетического профиля и конкретного генетического горизонта. К таким относятся уровень залегания карбонатов в профиле и интенсивность их вскипания, морфология структурных отдельностей, твердость генетических горизонтов, степень пятнистости окраски.

Ключевые слова: лесные почвы, морфологические свойства, делювиальные суглинки.

¹Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010,
тел.: +38066-559-68-06, e-mail: yakovenko_v@i.ua

²Дніпропетровський університет митної справи та фінансів,
вул. Розальєва, 8, м. Дніпропетровськ, Україна, 49000

МОРФОЛОГІЯ ЛІСОВОГО БАЙРАЧНОГО ҐРУНТОУТВОРЕННЯ НА ДЕЛЮВІАЛЬНИХ СУГЛИНКАХ

Анотація. В роботі досліджуються загальні риси морфогенезу ґрунтів в байрачних лісах Присамар'я Дніпровського та генетичні зв'язки лісових ґрунтів з зональними чорноземами під трав'янистими асоціаціями на основі виявлення морфологічних властивостей, що є «літогенними», тобто успадкованими від делювіального матеріалу, та «педогенних» властивостей, які сформовані безпосередньо в процесі лісового ґрунтоутворення. Застосовувались методи польового та лабораторного визначення морфологічних властивостей генетичних горизонтів ґрунтів, проведена статистична обробка отриманих результатів.

Виявлено, що незважаючи на часову та просторову невпорядкованість процесів відкладення делювіального матеріалу і на відмінності водного режиму в тальвезі і на схилах, в байрачних біогеоценозах формуються лісові ґрунти зі спільними рисами загальної морфологічної організації генетичного профілю та окремих морфологічних властивостей. Однотипність загальної будови проявляється в наборі, послідовності і потужності генетичних горизонтів, поліциклічності та текстурній елювіально-ілювіальній диференціації генетичного профілю. Однотипність змін в профілі окремих морфологічних властивостей проявляється у вигляді варіантів забарвлення генетичних горизонтів (зумовлені гумусованістю делювіальних відкладів), змін гранулометричного складу горизонтів у відповідності до загальної диференціації профілю на елювіальну та ілювіальну (внаслідок лесиважу) частини, змін морфології та розмірів структурних окремоостей, пов'язаних зі структурою змін твердості горизонтів, інтенсивного вилугування карбонатів з профілю лісових ґрунтів. Зазначена необхідність дослідження процесів оглинення профілю *in situ* та їх ролі в морфогенезі ущільнених горизонтів.

Виділяються дві групи властивостей, які на рівні макроморфології, дозволяють проаналізувати зв'язки між ґрунтами в байрачній катені. Перша, це умовно літогенні, або властивості делювіального матеріалу, які зберігаються тривалий час в умовах лісового ґрунтоутворення – гранулометричний склад та меншою мірою забарвлення горизонтів. Друга група, це педогенні властивості, чітко відмінні в досліджених ґрунтах, пов'язані з особливостями морфогенезу конкретного генетичного профілю і конкретного генетичного горизонту. До таких відносяться рівень знаходження карбонатів в профілі та інтенсивність їх скипання, морфологія структурних окремоостей, твердість генетичних горизонтів, плямистість забарвлення.

Ключові слова: лісові ґрунти, морфологічні властивості, делювіальні суглинки.

ВСТУП

Байраки в районі досліджень, внаслідок ерозії ріллі навколо, отримують і накопичують значні маси делювіального матеріалу. Ділянки, прилеглі до узлісь байраку, є зоною транзиту делювіальних потоків з більш віддалених територій. Тому в степових ландшафтах байрачні ґрунти розвиваються на перехресті радіальних та латеральних потоків речовин.

Лісові біоценози відзначаються інтенсивним середовищеутворюючим впливом, зокрема впливом на ґрунти і геологічні породи. В результаті їх функціонування формуються ґрунти зі специфічними властивостями і морфологією, що є результатом процесу лісового ґрунтоутворення та відображає умови формування генетичного профілю на всіх стадіях розвитку.

В роботі досліджуються загальні риси морфогенезу ґрунтів в байрачних лісах Присамар'я Дніпровського та генетичні зв'язки лісових ґрунтів з зональними

чорноземами під трав'янистими асоціаціями на основі виявлення морфологічних властивостей, що є «літогенними», тобто успадкованими від делювіального матеріалу, та «педогенних» властивостей, які сформовані безпосередньо в процесі лісового ґрунтоутворення.

Питання інтенсивності, періодичності та кількісних показників надходження делювіального матеріалу в байрачні біогеоценози повинно бути предметом окремого дослідження.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились у Новомосковському районі Дніпропетровської області на Присамар'ї, що є частиною Степового Придніпров'я на південному сході України. Район досліджень знаходиться в межах природної зони справжніх степів (Lavrenko, 1980).

Формування мезорельєфу району досліджень відбувається під значним впливом ерозійних процесів, що зумовлює розвиток складної мережі ярів та балок (Belova, Travleev, 1999). На даній території ґрунтоутворюючі породи відносяться переважно до четвертинних відкладів (Sobolev, 1939). Найпоширенішими материнськими породами є леси, які займають вирівняні позиції, схили балок, крутосхили берегів річок та древні тераси річкових долин. Ґрунтоутворюючими породами в балках і байраках також є делювіальні лесоподібні суглинки, піски і третинні глини.

Ґрунтові розрізи були закладені у верхів'ї байраку Глибокого, який знаходиться на плакорній частині привододільно-балкового ландшафту (Belgard, 1971), у 2 км на північ від с. Андріївна. Катена представлена п'ятьма типовими розрізами ґрунтів – на степових цілінках між полем та узліссям (ПП 103-В, ПП 115-В), середніх третирах схилів північної та південної експозицій (ПП 107-В, ПП 111-В) і тальвезі (ПП 109-В) байраку (рис. 1).

Умови зволоження визначались за Л. П. Травлєєвим (Travleev, 1977). Тип будови профілю ґрунтів за Б. Г. Розановим (Rozanov, 2004). Зразки для мезоморфологічних досліджень відбирались за генетичними горизонтами ґрунтів. Зразки підґрунтових горизонтів відбирались із використанням ґрунтового бура.

Основні морфологічні характеристики ґрунтів (Rozanov, 2004) визначались в лабораторних умовах (показник твердості – безпосередньо в ґрунтовому профілі) з використанням базових шкал властивостей морфологічних елементів ґрунтів (Kornblum et al., 1982). Математична обробка результатів проводилась методами непараметричної статистики (метод К середніх) в пакеті програми STATISTICA.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Головні закономірності будови генетичних профілів досліджених ґрунтів представлені на рис. 2 (повна макроморфологічна характеристика профілів наведена у роботі Yakovenko, 2014).

Чорноземи звичайні поблизу узлісся (ПП 103-В, ПП 115-В) під трав'янистою рослинністю розвиваються на лесовій материнській породі в умовах атмосферно-транзитного приточно-відточного зволоження. Тип будови профілю – нормальний, з ознаками змитості частини поверхневого горизонту.

Лісові ґрунти на схилах і в тальвезі характеризуються надпотужним профілем, сформованим на делювіальних відкладах.

Чорноземи лісові на схилах (ПП 107-В, ПП 111-В) формуються під байрачною ліською рослинністю в умовах атмосферно-транзитного приточно-відточного зволоження на делювіальних гумусованих відкладах важкосуглинкового гранулометричного складу. Мають поліциклічний тип будови генетичного профілю.

Лучно-чорноземні ґрунти в тальвезі (ПП 109-В) розвиваються на делювіальних гумусованих відкладах важкосуглинкового гранулометричного складу в умовах транзитного атмосферно-ґрунтового приточно-відточного зволоження. Тип будови профілю – поліциклічний.

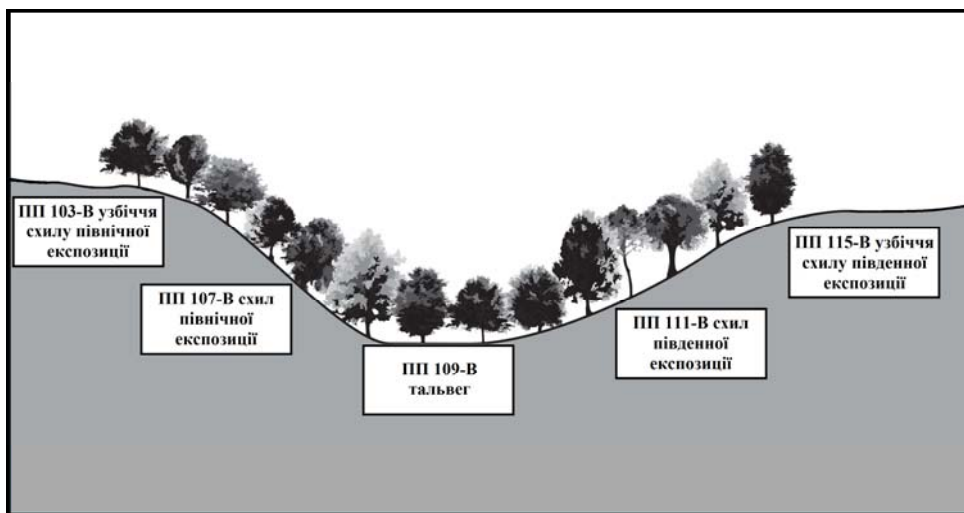


Рис. 1. Схема розташування пробних площ і ґрунтових розрізів за елементами рельєфу в катені байраку Глибокий

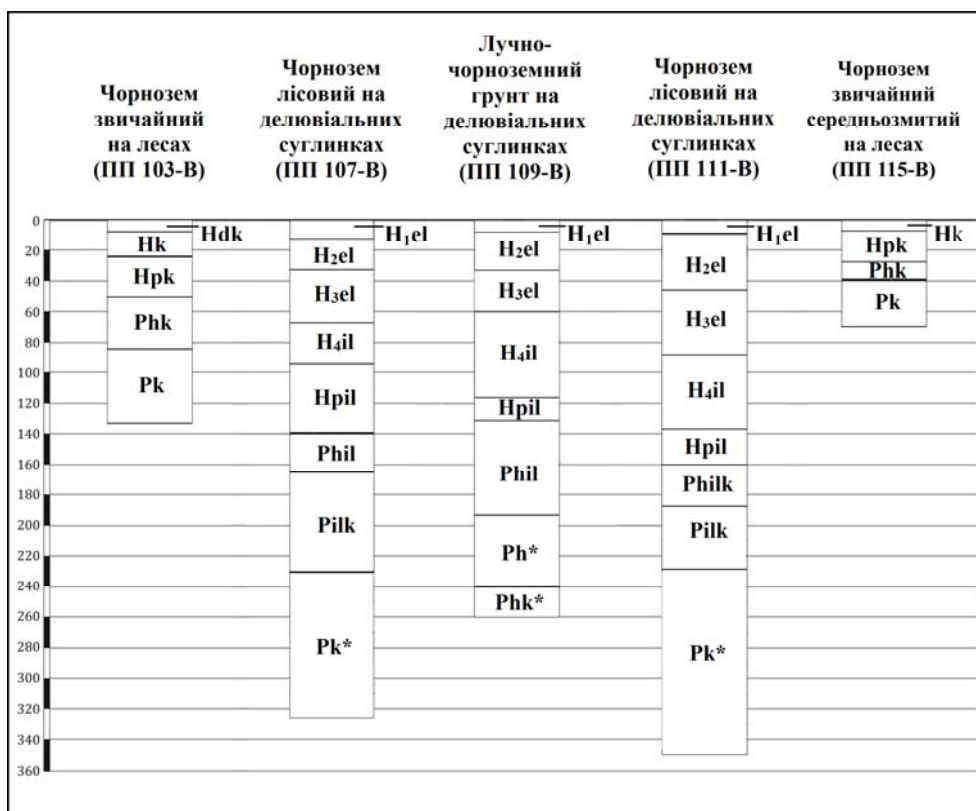


Рис. 2. Схема будови генетичних профілів ґрунтів сформованих на лесах та делювіальних гумусованих суглинках (* горизонти досліджені за зразками, відібраними за допомогою ґрунтового бура)

Морфологічні властивості ґрунтів катени. Аналізувались морфологічні властивості, які дозволяють порівняти макроморфологію будову ґрунтів катени і відстежити особливості залучення делювіального матеріалу в морфогенезі лісових ґрунтів: забарвлення, ступінь плямистості, інтенсивність закипання карбонатів,

гранулометричний склад, структура, твердість складення. Результати визначення морфологічних властивостей генетичних горизонтів наведено в *таблиці*.

Забарвлення і ступінь плямистості. Верхня частина профілю байрачних ґрунтів в цілому має неоднорідне забарвлення сірого, бурого, коричневого і палевого кольорів різних відтінків та інтенсивності. Ґрунти тальвегу відрізняються чорним кольором поверхневих горизонтів. Підґрунтові горизонти мають буре і коричневе забарвлення різних відтінків. В лісових ґрунтах схилів підґрунтові горизонти більш плямисті порівняно з перехідними, і в цілому з верхньою частиною профілю. В тальвезі спостерігається нижчий ступінь плямистості, оскільки вся досліджена товща являє собою однорідний делювіальний матеріал поверхневих гумусованих горизонтів з низькою плямистістю.

Верхня частина профілю чорноземів звичайних характеризується темно-сірим та бурим забарвленням, горизонти материнської породи – світло-бурувато-жовтим. На південному узбіччі байраку спостерігається різкий перехід забарвлення від темно-сірого до палевого. Профіль ґрунту на узбіччі південної експозиції неплямистий, однорідно забарвлений. Підвищений ступінь плямистості чорнозему звичайного на узбіччі байраку північної експозиції зумовлений педотурбаційною діяльністю сліпаків.

Інтенсивність закипання карбонатів. Чорноземи звичайні характеризуються інтенсивним закипанням від поверхні по всьому профілю. В байрачних ґрунтах, в межах ґрунтових горизонтів, закипання відсутнє. Інтенсивне закипання і конкреції з вмістом карбонатів на схилах спостерігаються в підґрунтових горизонтах. В тальвезі слабке закипання спостерігається з глибини 240 см.

Гранулометричний склад. Профілі чорноземів звичайних за гранулометричним складом – від середньосуглинкового до глинистого. Байрачні ґрунти диференційовані за гранулометричним складом порівняно з чорноземами звичайними: поверхневі горизонти суглинкові (від легко- до важкосуглинкових), середня і нижня частина профілів – глиниста. Поверхневий суглинковий шар потужніший в тальвезі, порівняно зі схилами.

Структура. Лісові ґрунти і чорноземи звичайні чітко відрізняються за структурним станом. Чорноземи звичайні під трав'янистою рослинністю мають пилувату складову в структурному складенні. Натомість в лісових ґрунтах зернисті та грудкуваті агрегати крупнішого розміру. Поверхневі горизонти байрачних ґрунтів складені зернисто-грудкуватими агрегатами, ілювіальні – призматично-брилистими.

Твердість. В байрачних ґрунтах горизонти з показниками твердості «дуже м'який» і «м'який» значно потужніші порівняно з чорноземами звичайними. З усіх профілів виокремлюється підвищене значення твердості поверхневого горизонту чорнозему звичайного на південній експозиції, що пояснюється змитістю частини профілю. Найвища твердість складення ґрунтів спостерігається в тальвезі і на схилах в середній і нижній частинах профілю. Висока щільність опосередковано виявляється в процесі буріння свердловин в підґрунтових шарах лісових ґрунтів. Показники твердості в досліджених ґрунтах змінюються синхронно зі змінами морфології структурних окремостей.

Статистичний аналіз морфологічних властивостей ґрунтів катени. Оцифровування якісних характеристик морфологічних властивостей проведено з урахуванням їх генезису, особливостей та ступеня прояву. Порівнювались показники других гумусових та перехідних горизонтів.

Кластерний аналіз статистично ілюструє виявлені відмінності морфологічної будови ґрунтів катени, об'єднуючи в один кластер байрачні ґрунти на делювіальних відкладах під лісовою рослинністю, в інший – ґрунти на лесах під трав'янистою рослинністю (рис. 3).

Другі поверхневі горизонти ґрунтів обох кластерів мають близькі середні значення показників забарвлення і гранулометричного складу та дещо відмінні показники структури. Контрастними є середні значення показників плямистості, твердості та інтенсивності закипання карбонатів. Перші перехідні горизонти Нр характеризуються близькими показниками лише за кольором, решта морфологічних властивостей мають контрастні середні значення для різних кластерів. Всі досліджені

Морфологічні властивості ґрунтів байраку Глибокого

Генетичний горизонт	Глибина, см	Морфологічні властивості ґрунтів						Твердість
		Забарвлення основної маси	Плямистість	Забарвлення плям	Скипання	Гранулометричний склад	Домінуюча структура	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чорнозем звичайний (ПП 103-В – цілина на узбіччі схилу байраку північної експозиції)								
Hdk	0–8	темно-сірувато-буре	не виражена	–	+++	глина	пилувато-дрібнозерниста	+
Hk	8–23	темно-сіре	сильно плямистий	світло-бурувато-жовте	++	важкий суглинок	пилувато-дрібнозернисто-дрібногрудкувата	+++
Hrk	23–51	темно-сірувато-буре	не виражена	–	+++	важкий суглинок	пилувато-горіхувато-призматична	++++
Phk	51–84	світло-бурувато-жовте	слабко-плямистий	темно-сіре	+++	глина	пилувато-призматично-брилиста	++++
Pk	84–120	світло-бурувато-жовте	виражено плямистий	світло-бурувато-жовте, але світліше порівняно з основним матеріалом	+++	важкий суглинок	пилувато-призматично-брилиста	++++
Чорнозем лісовий (ПП 107-В – схил байраку північної експозиції)								
H ₁ el	0–12	темно-сіре	слабко-плямистий	темно-жовтувато-буре	–	середній суглинок	дрібнозернисто-грудкувата	+

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₂ el	12–33	темно-сіре	не виражена	–	–	важкий суглинок	зернисто-грудкувата	++
N ₃ el	33–67	пале	не виражена	–	–	глина	зернисто-грудкувата	+++
N ₄ il	67–96	темно-жовтувато-буре	слабо-плямистий	світло-жовтувато-буре	–	глина	горіхувато-призматична	++++
N ₁ il	96–140	сірувато-коричневе	виражено плямистий	світло-сірувато-коричневе	–	важкий суглинок	горіхувато-призматична	++++
Phl	140–166	світло-бурувато-жовте	слабо-плямистий	темно-сіре	–	глина	призматично-брилиста	+++++
P ₁ k	166–230	світло-коричневе	сильно плямистий	світло-бурувато-жовте	+++	глина	призматично-брилиста	+++++
P ₁ k*	230–250	світло-жовтувато-буре	сильно плямистий	світло-бурувато-жовте	++	глина		
P ₂ k*	250–270	світло-жовтувато-буре	сильно плямистий	світло-бурувато-жовте	+	важкий суглинок		
P ₃ k*	270–290	світло-сірувато-коричневе	сильно плямистий	світло-бурувато-жовте	++	глина		
P ₄ k*	290–305	світло-сірувато-коричневе	сильно плямистий	світло-бурувато-сіре	++	глина		
P ₅ k*	305–310	світло-жовтувато-буре	сильно плямистий	білувато-сіре	+++	важкий суглинок		
P ₆ k*	310–325	буре	сильно плямистий	білувато-сіре	++	глина		

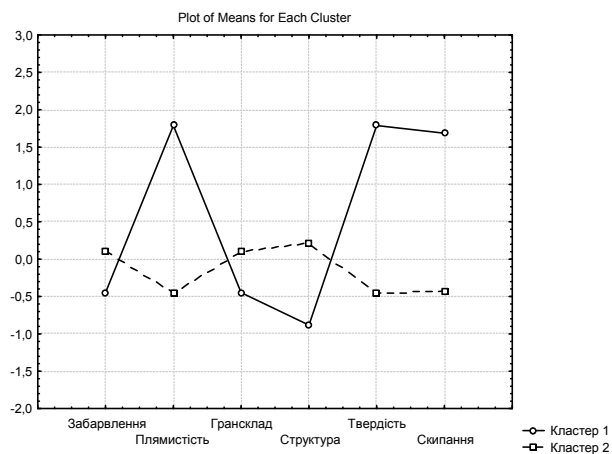
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лучно-чорноземний ґрунт (ПП 109-B – гальвег байраку)								
H ₁ el	0–8	темно-сіре	не виражена	–	–	легкий суглинок	дрібнозернисто-грудкувата	+
H ₂ el	8–34	чорне	не виражена	–	–	важкий суглинок	зернисто-грудкувата	++
H ₃ el	34–60	чорне	не виражена	–	–	важкий суглинок	зернисто-грудкувата	++
H ₄ il	60–118	темно-сірувато-буре	не виражена	–	–	важкий суглинок	призматично-брилиста	++++
Hr ₁ il	118–132	сірувато-коричневе	слабо-плямистий	світло-сірувато-буре	–	глина	призматично-брилиста	+++
Ph ₁ il	132–166	світло-сірувато-буре	виражено плямистий	темно-сіре	–	глина	призматично-брилиста	+++++
Ph ₁ *	166–200	світло-червоно-коричневе	слабо-плямистий	темно-бурувато-коричневе	–	глина		
Ph ₂ *	200–220	світло-коричневе	слабо-плямистий	чорне	–	глина		
Ph ₃ *	220–240	світло-сірувато-буре	слабо-плямистий	темно-бурувато-коричневе	–	глина		
Ph _k *	240–260	світло-червоно-коричневе	слабо-плямистий	чорне	+	глина		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чорнозем лісовий (ПП 111-B – схил байраку південної експозиції)								
N ₁ el	0–9	буро-сірувато-палеве	не виражена	–	–	легкий суглинок	дрібнозернисто-грудкувата	+
N ₂ el	9–46	темно-сірувато-буре	не виражена	–	–	важкий суглинок	зернисто-грудкувата	++
N ₃ el	46–88	темно-палеве	виражено плямистий	жовто-палеве	–	глина	горіхувато-призматична	+++
N ₄ il	88–138	темно-сірувато-коричневе	виражено плямистий	світло-бурувато-жовте	–	глина	призматично-брилиста	++++
Np ₁ l	138–160	буро-сірувато-палеве	слабо-плямистий	світло-жовтувато-буре	–	глина	призматично-брилиста	++++
Ph ₁ lk	160–187	палеве	слабо-плямистий	світло-бурувато-жовте	+	глина	призматично-брилиста	+++
P ₁ lk	187–230	світло-сірувато-буре	сильно плямистий	темно-сірувато-коричневе	+	глина	призматично-брилиста	+++
P ₁ k*	230–250	світло-жовтувато-буре	сильно плямистий	світло-буре	++	глина		
P ₂ k*	250–270	темно-бурувато-коричневе	виражено плямистий	жовто-палеве	++	глина		
P ₃ k*	270–290	світло-сірувато-буре	виражено плямистий	білувато-сіре	+++	глина		
P ₄ k*	290–310	буре	виражено плямистий	білувато-сіре	++	глина		

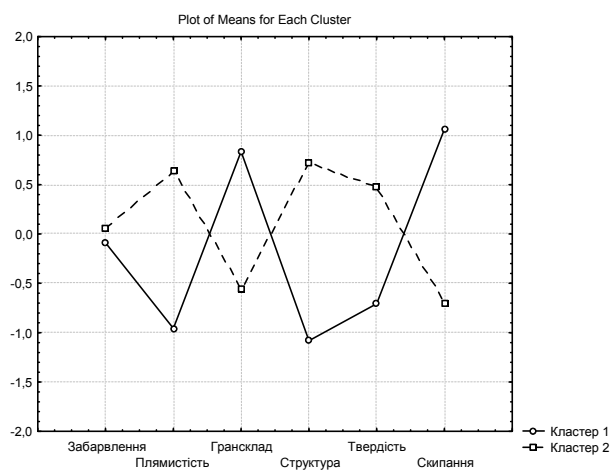
Закінчення таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9
P ₅ k*	310–330	світло-жовтувато-буре	сильно плямистий	білувато-сіре	+	глина		
P ₆ k*	330–350	світло-жовтувато-буре	виражено плямистий	білувато-сіре	+++	глина		
Чорнозем звичайний (ПП 115-B – цілина на узбіччі схилу байраку південної експозиції)								
Hdk	0–6	темно-сіре	не виражена	–	+	середній суглинок	пилювато-дрібнозерниста	++
Hrk	6–27	палеве	не виражена	–	++	середній суглинок	пилювато - горіхувато-призматична	+++
Phk	27–40	жовто-палеве	не виражена	–	+++	важкий суглинок	пилювато-призматично-брилиста	++++
Pk	40–120	світло-бурувато-жовте	не виражена	–	+++	глина	пилювато-призматично-брилиста	++++

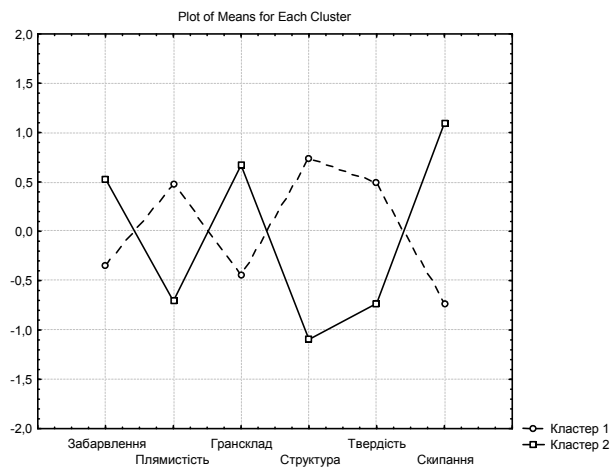
* зразки горизонтів, відібрані буром, в яких не визначались структура і твердість.



a



б



в

Рис. 3. Результати кластерного аналізу макроморфології ґрунтів катени:
 а) гумусо-аккумулятивні горизонти; б) перехідні горизонти Нp; в) перехідні горизонти Ph
 Кластер 1 – чорноземи звичайні на лесах.
 Кластер 2 – лісові ґрунти схилів і тальвегу на делювіальних суглинках.

властивості других перехідних горизонтів Ph відзначаються різко відмінними середніми показниками. Отже, відмінності в морфології генетичних горизонтів стають більш контрастними вниз за профілем.

ВИСНОВКИ

1. Незважаючи на часову та просторову непорядкованість процесів відкладення делювіального матеріалу і на відмінності водного режиму в тальвезі і на схилах, в байрачних біогеоценозах формуються лісові ґрунти зі спільними рисами загальної морфологічної організації генетичного профілю та окремих морфологічних властивостей.

Однотипність загальної будови проявляється в наборі, послідовності і потужності генетичних горизонтів, поліциклічності та текстурній елювіально-ілювіальній диференціації генетичного профілю. Відзначимо необхідність дослідження процесів оглинення профілю *in situ* та їх ролі в морфогенезі ущільнених горизонтів.

Однотипність змін в профілі окремих морфологічних властивостей проявляється у вигляді варіантів забарвлення генетичних горизонтів (зумовлені гумусованістю делювіальних відкладів), змін гранулометричного складу горизонтів у відповідності до загальної диференціації профілю на елювіальну та ілювіальну (внаслідок лесиважу) частини, змін морфології та розмірів структурних окремостей, пов'язаних зі структурою змін твердості горизонтів, інтенсивного вилуговування карбонатів з профілю лісових ґрунтів.

2. Виділяються дві групи властивостей, які на рівні макроморфології дозволяють проаналізувати зв'язки між ґрунтами в байрачній катені. Перша – це умовно літогенні, або властивості делювіального матеріалу, які зберігаються тривалий час в умовах лісового ґрунтоутворення – гранулометричний склад та меншою мірою забарвлення горизонтів. Друга група – це педогенні властивості, чітко відмінні в досліджених ґрунтах, пов'язані з особливостями морфогенезу в межах конкретного профілю і конкретного генетичного горизонту. До таких відносяться рівень знаходження карбонатів в профілі та інтенсивність їх скипання, морфологія структурних окремостей, твердість генетичних горизонтів, плямистість забарвлення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Belgard, A. L., 1971. Steпноe lesovedenie [Steppe forestry], Forest industry, Moscow (in Russian).

Belova, N. A., Travleev, A. P., 1999. Estestvennoye lesa i stepnye pochvy [Natural forest and steppe soils], Dnepropetrovsk State University, Dnepropetrovsk (in Russian).

Kornblum, E. A., Mihaylov, I. S., Nogina, N. A., Targulyan, V. O., 1982. Bazovoe shkalu svoistv morfologicheskikh elementov pochv [Basic scale of soil morphological elements], V. V. Dokuchaev Institute of soils, Moscow (in Russian).

Lavrenko, E. M., 1980. Stepi [Steppes], Vegetation of European part of USSR. Leningrad, 203–273 (in Russian).

Rozanov, B. G., 2004. Morfologiya pochv [Soil Morphology], Academic project, Moscow (in Russian).

Sobolev, S. S., 1939. Pochvu Ukrainu i stepnogo Cruma [Soils of Ukraine and steppe Crimea], Soils of USSR, 3 (in Russian).

Travleev, L. P., 1977. Osobennosti lokalnogo uvlazhneniia edafotopov v bajrachnykh lesakh i ikh geologo-gidrologicheskaiia kharakteristika [Features local humidification edaphotopes gully in the woods and their geological and hydrological characteristics], Questions steppe forest science and environment, 7, 31–39 (in Russian).

Yakovenko, V. M., 2014. Vpluv deluvialnukh procesiv na macro- ta mikromorfologiy bajrachnykh lisovukh gruntiv [The influence of deluvial processes on macro- and mikromorphology of ravined forest soil], Gruntoznavstvo, 15, 3–4, 74–88 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 30.09.2015

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

FOREST SOIL SCIENCE



N. O. Vlasenko ✉

Cand. Sci. (Biol.)

UDK 581.526.42(477.53)

*Poltava National Pedagogical V. G. Korolenko University,
Ostrogradskiy str., 2, Poltava, Ukraine, 36009*

ROZSOSHENTSY FOREST AREA OF POLTAVA-CITY GREEN BELT (SOIL-GEOBOTANICAL AND TYPOLOGICAL AND CHARACTERISTIC)

Abstract. Natural forests have their own ancient history, for this reason, their composition and structure reflect their existing conditions. In the artificial forests, only growth class and plantations general conditions can be in part the indicator of this residence. O. L. Belgard investigated natural biogeocoenosis and artificial cultural geocoenosis and worked up the detailed forest typology. The peculiarity of O. L. Belgard typology is biogeocoenological approach to the understanding and forest investigating based on G. M. Vysotskiy, G. F. Morozov, V. M. Suchkov ideas. O. L. Belgard accepted the conception of forest biogeocoenosis the components of which are phytocoenosis, zoocoenosis, microbiota, climatope and adaphotope.

Rozsoshentsy forestry consists of 87 planning compartments with a total area of 3130.0 hectares, is a part of National Enterprise "Poltava forestry" and is situated on its southern part on the territory of Poltava administrative district and Poltava city. There are no publications in the science literature that could systematically reflect the results of investigations taken place in Rozsoshentsy forest area. Different scientists in different times investigated particular types of vegetations; the general characteristic of forests was specified in some works. The aim of our work is the forest typology investigation, ecological and biological, typological, soil and geobotanical peculiarities of natural and artificial forests of Rozsoshentsy forest area.

For the first time the investigation of natural and artificial forests of Rozsoshentsy forest area of Poltava-city green belt has been started according to the method of O. L. Belgard forest typology. Groups that were investigated inside the forestry are related to hydrotopes of bottomland forests with long-term flooding, bottomland forests with short-term flooding, noninundated with arena and ravine forests. The forest type is defined by accessories to specific trophotope and hydrotope and connected with floodplain factor of certain place of existence. The main place in definition of ecotope peculiarities takes vegetations that fully reflect the dimensionality of conditions. There are some plant associations inside the forest type that give an idea about coenosis from the floristic point of view. One or several associations can correspond to each forest type with direct species structure of tree, bushy and herbaceous layers. Artificial forests typological characteristic based on three taxonomic rank units: forest growth conditions type, ecological structure type and forest stand type.

It was found out that the main forest types in structure of investigated forest area are oak, pine, sticky alder and aspen, poplar and birch forests. It means that main forest forming types are six types of wood. Rozsoshentsy forest area of Poltava-city green belt dendroflora has 33 tree and bushy types, 24 genuses, 14 families, 2 rooms. The most popular forest types on the investigated territory according to the forest typology are new oak and pine trees – 31.9 %, new pine forests – 9.1 %, new and dry maple and linden forests – 27.2 % and 6.3 % correspondently. Forest accounts for 5.3 % of forested areas with excessive wet ground. The investigation that was carried out gave us an

✉ Tel.: + 38066-371-36-18, e-mail: vlasenko_nataliya@ukr.net

DOI: 10.15421/041513

opportunity to find out four natural forest vegetation types: (new linden and hornbeam forest with wide grasses), Dn₄ (alder forest with moist tall grasses), Dc₃ (wet aspen forest with aisle-weed), De₃ (wet white poplar forest); and two types of artificial forest vegetations: De₃ (wet white poplar forest) and AB₁ (birch forest with dryish miscellaneous).

Different variations of soils have been investigated. It was found out that in investigated natural phytocoenosis the type of forest growth conditions is clay loam with different variations: new (CГ₂), wet (CГ₃), moist (CГ₄); and wet sandy loam (CП₃); in artificial cultural phytocoenosis the sandy loam is wet and dryish.

The prevailing soil types on the territory of Rozsoshentsy forestry are dark grey podzolized forest loam, typical chernozem and podzolized hard loamy chernoozem, but in floodplain of the river Vorskla is a peat-bog soils. The content of humus is 7–8 %. The depth of ground water deposits connected with deposits of brown-red underclay (impermeable horizon) and ranges according to the relief elements and soil degree of erosion from 15 to 34 m. Carbonates are absent in soil of Rozsoshentsy forest area. Water extract analysis tells about the lack of salinity, dry particles ranges between 0.05–0.2 %, PH is mostly alkaline.

Detailed ecological and biological characteristics and establishing peculiarities of Rozsoshentsy forest area adaphotope will give an opportunity to reconstruct the existing Poltava-city green belt plantations and organize the stationary investigations with the aim of their employment and saving.

Key words: forests typology, soil and geobotanical characteristic, edaphotop, forest biogeocenoses, Rozsoshentsy forest area.

УДК 581.526.42(477.53)

Н. А. Власенко

канд. биол. наук

*Полтавський національний педагогічний університет ім. В. Г. Короленко,
вул. Остроградського, 2, г. Полтава, Україна, 36009,
тел.: +38066-371-36-18, e-mail: vlasenko_nataliya@ukr.net*

РОЗСОШАНСЬКИЙ ЛЕСНОЙ МАССИВ ЗЕЛеноЙ ЗОНЫ ГОРОДА ПОЛТАВЫ (ПОЧВЕННО-ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ И ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ)

Аннотация. Проведено комплексное исследование естественных и искусственных лесов Розсошанского лесного массива, который находится в пределах зеленой зоны г. Полтавы. Разработана типологическая характеристика лесных биоценозов с использованием типологии А. Л. Бельгарда и выяснено, что они представлены продолжительнопоемными, краткопоемными, внепоемными с аренными и байрачными лесами. Показано типы лесорастительных условий для отдельных типов лесов. Приведены физико-химические показатели их эдафотопов.

Ключевые слова: типология лесов, почвенно-геоботаническая характеристика, эдафотоп, лесные биогеоценозы, Розсошанский лесной массив.

УДК 581.526.42(477.53)

Н. О. Власенко

канд. біол. наук

*Полтавський національний педагогічний університет ім. В. Г. Короленка,
вул. Остроградського, 2, м. Полтава, Україна, 36009,
тел.: +38066-371-36-18, e-mail: vlasenko_nataliya@ukr.net*

РОЗСОШАНСЬКИЙ ЛІСОВИЙ МАСИВ ЗЕЛеноЇ ЗОНИ МІСТА ПОЛТАВИ (ҐРУНТОВО-ГЕОБОТАНІЧНА ТА ТИПОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКИ)

Анотація. Проведено комплексне дослідження природних та штучних лісів Розсошанського лісового масиву, яке знаходиться в межах зеленої зони м. Полтави. Розроблено типологічну характеристику лісових біогеоценозів з використанням типології О. Л. Бельгарда і з'ясовано, що вони представлені довгозаплавними, короткозаплавними, позазаплавними з аренними та байрачними лісами. Показано типи лісорослинних умов для окремих типів лісів. Наведено фізико-хімічні показники їх едафотопів.

Ключові слова: типологія лісів, ґрунтово-геоботанічна характеристика, едафотоп, лісові біогеоценози, Розсошанський лісовий масив.

ВСТУП

Інтенсивність техногенного освоєння лісостепових природно-територіальних комплексів України призвела до значного скорочення площі лісів. Відповідно підвищується важливість значення лісів, особливо насаджень зелених зон навколо міст і промислових центрів. Природні ліси мають свою багатовікову історію, тому їх склад і структуру відображають умови їх існування. У штучних лісах лише бонітет і загальний стан насаджень можуть слугувати в деякій мірі індикатором даного місця проживання. Вивченням природних біогеоценозів і штучних культургеоценозів займався О. Л. Бельгард, який розробив детальну типологію лісів (Belgard, 1950).

Вчення В.В. Докучаєва про утворення ґрунтів при взаємодії таких факторів як материнська порода, клімат, рослинний і тваринний світ, рельєф, геологічний вік Землі привело до формування поняття – ґрунт як підсумковий компонент біогеоценозу (Dokuchaiev, 2007). Для типології О. Л. Бельгарда властивий біогеоценологічний підхід до розуміння і дослідження лісу, який базується на ідеях Г. М. Висоцького, Г. Ф. Морозова і В. М. Сукачова (Belgard, 1971; Zonn, 1989; Sukachev, 1964). О. Л. Бельгардом повністю приймається концепція лісового біогеоценоза, складовими якого являються фітоценоз, зооценоз, мікробоценоз, кліматоф і едафотоп.

У науковій літературі відсутні публікації, що системно відображають результати досліджень, проведених у Розсошанському лісовому масиві. Різними науковцями в різні роки вивчалися окремі типи рослинності, в окремих роботах наведено загальну характеристику лісів. Метою нашої роботи було дослідження типологічної та ґрунтово-геоботанічної характеристики природних і штучних лісів Розсошанського лісового масиву.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальні дослідження проводилися в межах зеленої зони м. Полтава. Об'єктом дослідження був стан природних біогеоценозів та штучних культургеоценозів Розсошанського лісництва. Геоботанічний опис природних лісів проводився на основі типології О. Л. Бельгарда (Belgard, 1950, 1971). У рамках дослідження були закладені пробні ділянки в лісових фітоценозах, що зростають в умовах різного типу зволоження – від сухуватих лісорослинних умов до боліт (Belova, 1999; Belgard, 1971; Roslynnist, 1971; Travleev, 1988). Опис ґрунтового розрізу проводився за загальноприйнятими методиками (Arinushkina, 1970; Bazilevich, 1968; Belova, 1997; Belgard, 1950; Karpachevskiy, 1980).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Розсошанське лісництво складається з 87 кварталів загальною площею 3130,0 га, входить до складу ДП «Полтавський лісгосп» і розташоване в південній його частині на території Полтавського адміністративного району та м. Полтави (Proekt, 2008).

Лісові масиви лісництва розташовані в зоні Лісостепу лівобережжя Дніпра в межах Дніпрово-Донецької впадини. Середня температура повітря + 7,2 °С, абсолютний максимум + 37 °С, а мінімум – 35 °С. Середня кількість опадів 443 мм. За час вегетаційного періоду (180 днів) випадає біля 70 % опадів. Середня кількість посушливих днів – 15, а з ливнями – 12 днів. Середня глибина промерзання ґрунту 70 см, максимальна 110 см. Постійний сніговий прокриття встановлюється з 15 грудня, а тане – 20 березня. Середня висота снігу 17 см. Клімат району розміщення лісництва характерний чергуванням днів з морозами і відлигами в осінньо-зимовий період і нерівномірним випаданням дощів у весняно-літній період. Вітри переважають: зимою південно-східних і східних напрямлень, весною південно-східних напрямлень, літом південно-східних та північно-східних напрямлень (Lakyda, 2011; Poltavska, 1998; Poltavshchyna, 2007; Proekt, 2008).

Найбільш типовими лісовими масивами на території ДП «Полтавського лісгоспу» є дубові (діброви) та соснові ліси (бори), що зростають на терасах річкових долин. Основними деревними і кущовими породами природних лісів являються дуб звичайний, вільха клейка, осика, липа серцелиста, клен татарський, бруслина бородавчата, крушина ламка, ліщина звичайна та інші види. Найбільш розповсюдженими типами лісу на досліджуваній території, згідно з типологією лісів О. Л. Бельгарда, виявилися: свіжий дубо-сосновий субір – 31,9 %, свіжий сосновий бір – 9,1 %, свіжа і суха кленово-липова діброва – 27,2 % та 6,3 % відповідно. На долю лісу з надмірно-вологими ґрунтами припадає 5,3 % покритих лісом земель. Переважаючими насадженнями на території Розсошанського лісництва є насадження дуба

звичайного площею 2195,7 га загальним запасом 581,85 тис. м³, середнім віком 77 років, класом бонітету – 1,8, повнотою 0,71, запасом 265 м³/га, складом 9Дз1Яз (Proekt, 2008).

У межах Розсошанського лісництва у складі дендрофлори нами виявлено на основі літературних джерел (Bairak, 2008; Dyadko, 1990; Opredelitel, 1987; Proekt, 1990, 2008) і власних досліджень 33 деревно-кущових види. Основними типами лісів у складі вивченого лісництва є дубняки, сосняки, чорновільшатники, осичники, тополятники, березняки. Тобто переважаючими представниками є шість деревних видів.

З'ясовано, що основними лісоутворюючими видами Розсошанського лісництва є насадження дуба звичайного (*Quercus robur* L.), родина Букові (*Fagaceae* A.Br.); сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), родина Соснові (*Pinaceae* Lindl.); вільхи чорної (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), родина Березові (*Betulaceae* C.A. Agardh.); осики (*Populus tremula* L.), родина Вербові (*Salicaceae* Lindl.); тополі білої (*Populus alba* L.), родина Вербові (*Salicaceae* Lindl.); берези повислої (*Betula pendula* Roth), родина Березові (*Betulaceae* C.A. Agardh.).

Супутними представниками виступають 27 видів. Знайдені представники відносяться до відділу Голонасінні (*Gymnospermae*) (один вид) і Покритонасінні (*Angiospermae*) (всі інші види). Виявлена дендрофлора представлена 24 родами, які входять до 14 родин. Серед них найбільш чисельними були родини Вербові, Розові, Березові, Кленові, по одному виду мали родини Соснові, Бобові, Горіхові, Цезальпінієві, Букові, В'язові. Ці види мають неоднакове значення як у складанні деревостану, так і в кількісному співвідношенні. Деякі з них зустрічаються тільки як поодинокі представники (наприклад, жасмин кущовий, гледичія колюча, жимолость татарська) і практично тільки там, де були висаджені. Інші – досить масово й інтенсивно самостійно відновлюються (наприклад, бруслини, терен колючий та ін.). Відповідно і практичне значення їх різне. Зокрема, лісоутворюючі види входять до групи основних деревинних ресурсів лісництва. Решта видів практично на деревину не використовуються і представляють собою рослини побічного використання.

Переважаючі типи ґрунтів на території Розсошанського лісництва є темно-сірі лісні опідзолені суглинисті ґрунти, типові чорноземи та опідзолені важкосуглинисті чорноземи, а в поймі р. Ворскла – торф'яно-болотні ґрунти. Найбільш розповсюджені різновиди ґрунтів на досліджуваній території – темно-сірі лісові опідзолені суглинисті та важко суглинисті ґрунти на лесах. Вони виокремлені на рівнинних плато. Вміст гумусу 7–8 %. Глибина залягання ґрунтових вод (верховодки) пов'язана з заляганням підстиляючих щільних червоно-бурих глин (водоупорний горизонт) і коливається в залежності від елементів рельєфу та ступеня еродованості ґрунтів від 15 до 34 м (Atlas, 1979; Proekt, 1990).

Чорноземи опідзолені суглинисті та важкосуглинисті виділені переважно на плато зі схилами південних, південно-східних та південно-західних експозицій чи під оранкою, повторно залісненими ділянками староорних земель. Ґрунти мають високу поглинальну здатність, сприятливі водні, повітряні, теплові властивості, значний запас легкокорозинних поживних солей, особливо азотних, вміст гумусу 4–6 %. Чорноземи типові виділені на рівнинних плато та їх схилах у південній частині лісгоспзагу. Вміст гумусу близько 5–10 %. Ґрунтові води знаходяться глибше 5–15 м. Чорноземні ґрунти сформувались на древньоалювіальних відкладеннях глинисто-піщаного і супіщаного механічного складу на боровій терасі під природними куртинами дубових насаджень, а також на лівому березі р. Ворскла та її приток (р. Орчик) під культурами сосни. Вміст гумусу 7,5 % (Proekt, 1990).

Заплавні ґрунти поділяються на три частини: приуслову, центральну і притерасну. В приусловій частині формуються найбільш легкі по механічному складові пластові ґрунти, сформовані на свіжих паводкових наносах із слабогумусованих прошарків. В них мало гумусу (не більше 1 %) і поживних речовин. У зв'язку з цим родючість їх низька. У центральній частині заплав сформувалися супіщані та суглинисті ґрунти з більш потужним профілем на масивніших, часто окарбонатованих чи карбонатних ґрунтоутворюючих породах. При повенях на місцевості широко розливається і надовго затримується вода, багата на мулові частки. Це найбагатші ґрунти заплави.

Дернові ґрунти сформувалися на боровій терасі ріки Ворскла на древньоалювіальних відкладеннях від піщаного і глинисто-піщаного механічного складу до супіщаного з суглинистими прошарками. За потужністю вони поділяються на: потужні Н+НР більше 51 см; розвинені Н+НР 21–50 см; слабкорозвинені до 20 см (Proekt, 1990). Окрім цього дернові ґрунти розділені за механічним складом від піщаних до супіщаних, що охоплює різноманіття типів, умов місця зростання від борів до суборів. Багатство цих ґрунтів невелике, вміст гумусу не перевищує 1 %.

Вони мають гарну аерацію та дуже низькі водоутримуючі властивості. При низькому стоянні ґрунтових вод і довготривалій відсутності насаджень ґрунти страждають від засухи.

Болотні ґрунти, а серед них торф'яно-болотні і торф'яники, утворилися в низовинах притерасної заплави, колишніх старицях, на яких в даний час зростають вільхові асоціації. За наявності торф'яного прошарку від 0 см до 100 см ґрунти називаються малопотужними торф'яниками, від 21 см до 50 см – торф'яно-болотними, до 20 см торф'янисто-болотними. Потенційна родючість цих місцевостей достатньо велика.

В цілому ґрунти лісництва за своїми властивостями є лісоприсадними. Їх родючість може забезпечити високий лісовирощувальний потенціал деревних та чагарникових порід.

Уперше за методом лісової типології О. Л. Бельгарда розпочато вивчення природних та штучних лісів Розсошанського лісового масиву зеленої зони м. Полтави. Досліджені в межах лісництва угруповання відносяться до гігروتопів довгозаплавних лісів, короткозаплавних лісів та позазаплавних аренних і байрачних лісів. Тип лісу визначається приналежністю до певного трофо- і гігротопу і пов'язаний з фактором заплавної конкретності місця існування. У визначенні властивостей екотопу провідне місце належить рослинності, яка найповніше відображає всю багатовимірність умов. В межах типу лісу розрізняють рослинні асоціації, які дають уявлення про ценоз із флористичної точки зору. Кожному типу лісу може відповідати одна або декілька асоціацій з певним видовим складом деревного, чагарникового і трав'яного ярусів. Типологічна характеристика штучних лісів О. Л. Бельгарда будується на трьох одиницях таксономічного рангу (Belova, 1997, 1999; Belgard, 1950, 1971): тип лісорослинних умов, тип екологічної структури і тип деревостану.

Дослідження Розсошанського лісового масиву дозволило виявити чотири типи природної лісової рослинності:

- Dc_2 (свіжа липово-грабова діброва з широкотрав'ям),
- $D'n_4$ (вільшатник з сирим крупнотрав'ям),
- $D's_3$ (вологий осичник з яглицею),
- $D''e_3$ (вологий білостопалятник).

Дослідження різних варіацій ґрунтів Розсошанського лісового масиву показало, що у вивчених природних фітоценозах тип лісо-рослинних умов – суглинок з різними варіаціями: свіжий (CG_2), вологий (CG_3), сирий (CG'_4); та супісок вологий (CP'_3).

У Розсошанському лісовому масиві ми виявили два типи штучної лісової рослинності:

- $D''e_3$ (вологий білостопалятник)
- AB_1 (березняк із сухуватим різнотрав'ям).

Дослідження різних варіацій ґрунтів Розсошанського лісового масиву показало, що у вивчених штучних культурфітоценозах тип лісо-рослинних умов – супісок вологий (CP'_3) та суглинок сухуватий (CG_1).

В ґрунтах природних біогеоценозів та штучних культурфітоценозів карбонати відсутні. Аналіз водних витяжок свідчить про відсутність ознак засолення. Сухий залишок в ґрунтах природних біогеоценозів коливається в межах (0,05–0,2 %), рН лужна, а в штучних культурфітоценозах – 0,05–0,13 %, рН в основному лужна.

ВИСНОВКИ

1. З'ясовано, що основними типами лісів у складі вивченого лісового масиву є дубняки, сосняки, чорновільшатники, осичники, тополятники, березняки. Тобто основними лісоутворюючими видами є шість деревних видів. Дендрофлора Розсошанського лісового масиву зеленої зони м. Полтава нараховує 33 деревно-кущових видів, 24 родів, 14 родин, 2 відділів.

2. Досліджені в межах лісництва угруповання відносяться до гігروتопів довгозаплавних лісів, короткозаплавних лісів та позазаплавних аренних і байрачних лісів. Тип лісу визначається приналежністю до певного трофо- і гігротопу і пов'язаний з фактором заплавної конкретності місця існування.

3. Проведене дослідження Розсошанського лісового масиву дозволило виявити чотири типи природної лісової рослинності: Dc_2 (свіжа липово-грабова діброва з широкотрав'ям), $D'n_4$ (вільшатник з сирим крупнотрав'ям), $D's_3$ (вологий осичник з яглицею), $D''e_3$ (вологий білостопалятник); та два типи штучної лісової рослинності: $D''e_3$ (вологий білостопалятник) і AB_1 (березняк із сухуватим різнотрав'ям).

4. Досліджені різні варіації ґрунтів. Встановлено, що у вивчених природних фітоценозах тип лісо-рослинних умов – суглинок з різними варіаціями: свіжий (CG_2), вологий (CG_3), сирий

(СГ₄); та супісок вологий (СГ₃); у штучних культурфітоценозах – супісок вологий (СГ₃) та суглинок сухуватий (СГ₁).

5. Переважаючі типи ґрунтів на території Розсошанського лісництва є темно-сірі лісні опідзолені суглинисті ґрунти, типові чорноземи та опідзолені важкосуглинисті чорноземи, а в поймі р. Ворскла – торф'яно-болотні ґрунти. В ґрунтах Розсошанського лісового масиву карбонати відсутні. Аналіз водних витяжок свідчить про відсутність ознак засолення, сухий залишок коливається в межах 0,05–0,2 %, рН, в основному, лужна.

6. Детальна еколого-біологічна характеристика фітоценозів та встановлення особливостей едафотопів Розсошанського лісового масиву дадуть змогу реконструювати існуючі насадження зеленої зони м. Полтави та організувати стаціонарні дослідження над ними, з метою більш раціонального їх використання та збереження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Arinushkina, Ye. V., 1970.** Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guide for chemical analysis of soils], MGU, Moscow (in Russian).
- Atlas pochv Ukrainy SSR, 1979 [Atlas soils Ukrainian SSR], Ed. Krupskij, N. K., Polupan, N. I., Urozhai, Kyiv (in Russian).
- Bairak, O. M., Stetsiuk N. O., 2008.** Konspekt flory Poltavshchyny. Vyshchi sudynni roslyny [Abstract flora of Poltava. Higher vascular plants], Versta, Poltava (in Ukrainian).
- Bazilevich, N. I., Pankova, E. I., 1968.** Opyt klassifikatsii pochv po zasoleniyu [Soil classification of salinity experience], Eurasian Soil Science, 11, 3–16 (in Russian).
- Belgard, A. L., 1950.** Lesnaya rastitelnost yugo-vostoka USSR [Forest vegetation of south east of USSR], KNU, Kiev (in Russian).
- Belgard, A. L. 1971.** Stepnoe lesovedenie [Steppe forest science], Lesnaya promyshlennost, Moscow (in Russian).
- Belova, N. A. 1997.** Ekologiya, mikromorfologiya, antropogenez lesnyh pochv stepnoy zony Ukrainy [Ecology, micro-morphology, anthropogenesis of steppe zone forest soils of Ukraine], DNU, Dnepropetrovsk (in Russian).
- Belova, N. A., Travleev, A. P., 1999.** Estestvennye lesa i stepnye pochvy [Natural forests and steppe soils], DNU, Dnepropetrovsk (in Russian).
- Dokuchaev V. V. i Poltavshchyna: fakty, dokumenty, bibliografiya, 2007 [Dokuchaev V. V. and Poltava region: Facts, documents, bibliography], Samorodov, V. M., Kigim, S. L., Versta, Poltava (in Russian).
- Dyadko, V. N., 1990.** Ekologo-biologicheskaya i tipologicheskaya harakteristika lesov zaschitnyh zon promyshlennyh centrov stepnogo Pridneprovya (na primere g. Dnepropetrovsk): dissertaciya [Ecological and biological, typological forest characteristics of steppe Dniper region industrial centers protection zones (be the example of Dnepropetrovsk-city): the dissertation on competition of a scientific degree of cand. biol. sci.: special 03.00.16 – «Ecology»], Dnepropetrovsk (in Russian).
- Karpachevskiy, L. O., Voronin, A. D., Dmitriev, E. A., Stroganov M. N., 1980.** Pochvenno-biogeocenoticheskie issledovaniya v lesnoy biogeocenologii [Soil and biogeocenological researches in forest biogeocenology], MGU, Moscow (in Russian).
- Lakyda, P. I., Sendziuk, R. V., Morozuk, O. V., 2001.** Lisy Poltavshchyny: bioproduktyvnist i dynamika [Lisy Poltavshchyny: bioproduktyvnist i dynamika], Korsun-Shevchenkivskiy (in Ukrainian).
- Opredelitel vysshih rasteniy Ukrainy, 1987 [Opredelitel vysshih rasteniy Ukrainy], Dobrochaeva, D. N., Kotov, M. I., Prokudin, Yu. N. i dr., Nauk. dumka, Kyiv (in Russian).
- Poltavshchyna: Pryroda. Tradytsii. Kultura, 2007 [Poltava Region: Nature. Traditions. Culture], Bilousko, O. A., Oriyana, Poltava (in Ukrainian).
- Poltavska oblast: pryroda, naselennia, hospodarstvo. Heohrafichni ta istoryko-ekonomichni narys, 1998 [Poltava region: nature, population and economy. Geographical, historical and economical sketch]. Edited by Matsa, K. O., Poltavskiyi literator, Poltava (in Ukrainian).
- Proekt organizatsii i razvitiya lesnogo hozyaystva Poltavskogo leshozzaga Poltavskoy oblasti. Poltavskoe oblastnoe proizvodstvennoe lesohozyaystvennoe obedinenie «Poltavales» Ministerstva lesnogo hozyaystva USSR, 1990 [Forestry organization and development project of Poltava leshozzag in Poltava region. Production forestry association «Poltavales» Forest management ministry of USSR], Irpen (in Russian).
- Proekt orhanizatsii ta rozvytku lisovoho hospodarstva derzhavnoho pidpriemstva «Poltavske lisove hospodarstvo» Poltavskoho oblasnoho upravlinnia lisovoho ta myslivskoho hospodarstva. Rozsoshanske lisnytstvo, 2008

[Proekt orhanizatsii ta rozvitku lisovoho hospodarstva derzhavny pidpriemstvo «Poltavske lisove hospodarstvo» Poltavskoho oblasnoho upravlinnia lisovoho ta myslyvskoho hospodarstva. Rozsoshanske lisnytstvo], Irpin (in Ukrainian).

Roslynnist URSS. Lisy, 1971 [Vegetation of USSR. Forests], Bradis, E. M., Naukova dumka, Kiev (in Ukrainian).

Sukachev, V. N., 1964. Osnovy lesnoy biogeotsenologii [Basis of forest biogeocenology], Nauka, Moscow (in Russian).

Travleev, A. P., Travleev, L. P., 1988. Les i pochva v usloviyah stepi (sputnik polevyh issledovaniy geobotanika) [Forest and soil in steppe conditions (field studies guide of geobotanist)], DNU, Dnepropetrovsk (in Russian).

Zonn, S. V., Travleev A. P., 1989. Geografo-geneticheskie aspekty pochvoobrazovaniya, evolyucii i ohrany pochv [Geographical and genetical aspects of soil-forming, evolution and soil conservation], Naukova dumka, Kiev (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 22.10.2015

Рекомендує до друку: канд. біол. наук, доц. В. А. Горбань

FOREST SOIL SCIENCE



M. S. Oganessian ✉
A. A. Mykhailichenko

UDK 502.521:631.416.7

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

FEATURES OF THE CONTENT OF CARBONATES IN THE ORDINARY CHERNOZEM IMPROVED BY FOREST UNDER PLANTINGS OF FALSE ACACIA (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.)

Abstract. Carbonate neoplasms are the characteristic feature of the black soil profile. The study of morphological and micromorphological characteristics and chemical composition gives an idea of the black soil genesis and serves as the diagnostic feature of classification units of them. The study of migration carbonate in the chernozem are of great scientific and practical interest (Afanasyeva, 1996).

Nowadays the issues of migration carbonates, as well as the extent of the manifestation of this process in the soil profile need further researching, which is important as carbonates has one of the main role in basic soil processes, in particular, they affect the concentration and activity of calcium ions in the soil solution, the composition of the soil absorbing complex and pH in the soil solution. Carbonate neoplasms contribute to the formation of strong coagulation structures, which increases soil fertility and harvest agricultural crops, provides resistance against the wind, prevents reduction of the upper fertile soil layer, increases mobility of some chemical elements and improves such physical characteristics of soil as density, permeability and porosity (Goncharova, 1983).

The aim of our work was to study the content of calcium carbonate in the soil profile of the test section 201–L under of the acacia plantations crops of forest ecosystems and to determine of their distribution in the soil genetic horizons. According to the aim of our work of we has the following tasks: to give a general characterization of carbonates of calcium in Chernozem usual, to perform sampling of the genetic horizons of the soil profile of test section 201–L, to determine the content of carbonates by conventional gravimetric methods; to study the features of the content of carbonates in soil profiles of test section 201–L; to conduct statistical processing of the obtained data; to formulate conclusions of the performed research.

Soil samples were selected according to the standard technique in genetic horizons of the soil profile on three times (Fedorets, 2009). Determination of the percentage content of carbonates in the soil was performed by the gravimetric method, which is based on weight loss of soil due to discharge of CO₂ during the destruction of carbonates with acid. It should be noted that the method can be applied in the case of the carbonates content up to 70 % (Travleev et al., 2009)

The average coefficient of variation of carbonates of calcium content in genetic horizons of the soil profile is 77.5 %. This is quite a high rate, so as General it is considered that if the value of the coefficient of variation is less than 33 %, the result is considered homogeneous if more than 33 %, it is inhomogeneous. Based on this observation, we conclude that carbonate calcium has inhomogeneous redistribution of genetic horizons of test section 201–L. Regarding the reliability of

✉ Tel.: +38096-155-23-12, e-mail: svetlickaya@i.ua

DOI: 10.15421/041514

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2015. Vol. 16, no. 3–4

25

the obtained data, we can see that the standard error calculations for each of the horizons does not exceed 0,34, which in turn confirms the accuracy of the our data. According to our calculations the lowest content of calcium carbonate is 1.47 % in the first horizon, and biggest – 16,07 % in the genetic horizon Ph (70–90 cm).

These results are extending the current understanding of the processes of formation and distribution of calcium carbonate in the genetic horizons of the soil profile of the Chernozem ordinary. The data of percentage of calcium carbonate may be used in the solution of the question of the genesis, evolution and classification of soils, the obtained data can serve as the basis of the research the conditions of pedogenesis under the influence of natural climatic fluctuations and anthropogenic factors.

Key words: carbonates of calcium, genetic horizons, soil profile, chernozem ordinary improved by forest, false acacia (*Robinia pseudoacacia* L.).

УДК 502.521:631.416.7

М. С. Оганесян

А. А. Михайличенко

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, Украина, 49010,
тел.: +38096-155-23-12, e-mail: svetlickaya@i.ua*

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ КАРБОНАТОВ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ЛЕСОУЛУЧШЕННОМ ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ БЕЛОЙ АКАЦИИ (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.)

Аннотация. Дана характеристика содержания карбонатов кальция и их распределение в генетических горизонтах почвенного профиля, заложенного в насаждении белой акации (*Robinia pseudoacacia* L.).

В результате полевых и лабораторных исследований выявлено, что с глубиной залегания процентное содержание карбонатов кальция статистически достоверно увеличивается, а коэффициент вариации – уменьшается. Карбонатность исследованного почвенного профиля чернозема обыкновенного лесоулучшенного является типичной для черноземного типа почвообразования, а именно – малое содержание CaCO_3 в верхних горизонтах, постепенное увеличение количества карбонатов в иллювиально-десуктивном горизонте и затем уменьшение количества в материнской породе.

Ключевые слова: карбонаты кальция, генетический горизонт, почвенный профиль, чернозем обыкновенный лесоулучшенный, белая акация (*Robinia pseudoacacia* L.).

УДК 502.521:631.416.7

М. С. Оганесян

О. О. Михайличенко

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010,
тел.: +38096-155-23-12, e-mail: svetlickaya@i.ua*

ОСОБЛИВОСТІ ВМІСТУ КАРБОНАТІВ У ЧОРНОЗЕМІ ЗВИЧАЙНОМУ ЛІСОПОКРАЩЕНОМУ ПІД НАСАДЖЕННЯМИ БІЛОЇ АКАЦІЇ (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.)

Анотація. Надано характеристику вмісту карбонатів кальцію та їх розподіл в генетичних горизонтах ґрунтового профілю, закладеного в насадженнях білої акації (*Robinia pseudoacacia* L.).

В результаті польових та лабораторних досліджень виявлено, що з глибиною залягання відсотковий вміст карбонатів кальцію статистично достовірно збільшується, а коефіцієнт варіації – зменшується. Карбонатність досліджуваного ґрунтового профілю чорнозему звичайного лісопокращеного є типовою для чорноземного типу ґрунтоутворення, а саме малий вміст CaCO_3 у верхніх горизонтах, поступове збільшення кількості карбонатів до ілювіально-десуктивного горизонту і потім зменшення кількості в материнській породі.

Ключові слова: карбонати кальцію, генетичний горизонт, ґрунтовий профіль, чорнозем звичайний лісопокращений, біла акація (*Robinia pseudoacacia* L.).

ВСТУП

Карбонати є важливою ланкою в карбонатно-кальцієвій системі ґрунту. У чорноземах постійно відбуваються переходи CaCO_3 (нерозчинна у воді сполука) у $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – водорозчинна, згідно з реакцією $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Процеси розчинення-осадження карбонатів (карбонатно-кальцієва система) контролюють багато хімічних та фізичних-хімічних властивостей чорноземів (Навва, 2014).

В даний час питання розподілу карбонатів кальцію за генетичними горизонтами ґрунтового профілю чорнозему звичайного, а також масштаб прояву цього процесу потребує подальших досліджень, що є досить актуальним, оскільки в літературних джерелах відомості про вміст карбонатів кальцію в групах насаджень полезахисних лісосмуг (лісових культурбіогеоценозах) майже відсутні, що свідчить про недостатнє вивчення даного питання.

Карбонати кальцію відіграють значну роль в основних ґрунтових процесах, зокрема вони впливають на концентрацію та активність іонів кальцію в ґрунтовому розчині, на мікоморфологію, на склад ґрунтового-поглинального комплексу, на рН ґрунтового розчину, сприяють формуванню міцних коагуляційних структур, підвищують рухливість ряду хімічних елементів, покращують водно-фізичні характеристики ґрунту: щільність, водопроникність, пористість тощо (Goncharova, 1983).

Метою нашої роботи було дослідити вміст карбонатів кальцію в ґрунтовому профілі під акацієвими насадженнями лісового культурбіогеоценозу та визначити характер їх розподілу за генетичними горизонтами.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Пробна ділянка 201–Л – це ділянка лісосмуги на незначному схилі (1–2 градуси) північно-східної експозиції. Ґрунт – чорнозем звичайний лісопокрашений карбонатний малогумусний середньо-суглинистий на лесових відкладеннях. Скипання ґрунту із 30 см. Материнська підстилаюча порода – лес. Ґрунтовий розріз закладено в лісосмузі з білої акації на водороздільній частині плакора р. Самара. Ґрунтові води залягають на глибині нижче 40 м, зволоження атмосферне (Belova, 1997).

Лісотипологічна формула лісосмуги : $\frac{\text{СГ}_1 \text{ ЧЗЛ}}{\text{напівосвіт.} - \text{III}}$ 10 Ак.б.

Тип лісорослинних умов – суглинок сухуватий (СГ_1). Тип світлової структури – напівосвітлена. Тип деревостану – 10 Ак. б., III ступень розвитку (Belgard, 1971, Belova, 1997). Тип деревостану – біла акація (*Robinia pseudoacacia* L.) 60-річного віку, висотою до 15 м, зімкнутість крони 0,7–0,8. В підліску переважає бузина чорна (*Sambucus nigra* L.), терен (слива колюча – *Prunus insititia* L.). Трав'яний покрив суцільний, складається з чистотілу великого (*Chelidonium majus* L.), підмаренника чіпкого (*Galium aparine* L.), пирію повзучого (*Elytrigia repens* L.), тонконогу вузьколистого (*Poa angustifolia* L.) та ін. Природне відновлення деревостану представлене одиничними паростками білої акації.

Проби ґрунту відбирали за загальноприйнятою методикою за генетичними горизонтами ґрунтового профілю в трикратній повторності. Визначення відсоткового вмісту карбонатів у ґрунті проводили ваговим методом, який базується на обліку втрати ваги ґрунту за рахунок виділення CO_2 під час руйнування карбонатів кислотою. Слід зазначити, що метод можна застосовувати в разі вмісту карбонатів до 70 % (Travleev et al., 2009).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Одними з найголовніших процесів в ґрунтах степової зони є розподіл, накопичення, міграції та трансформації карбонатів. Карбонати присутні в профілі ґрунтів аридних регіонів як у вигляді карбонатних акумуляцій або новоутворень (KNO), так і у вигляді несегрегованої, розсіяної в ґрунті маси. Формування

педогенних карбонатів пов'язано з генезисом ґрунту та його еволюцією, в морфологічному профілі ґрунту КНО відображають особливості гідротермічного і повітряного режимів, властивості ґрунтоутворюючого субстрату (Khokhlova, 2008).

Вивчення показників карбонатного профілю чорнозему звичайного лісопокрашеного було проведено влітку, оскільки саме в цей час показники вмісту карбонатів кальцію в генетичних горизонтах ґрунтового профілю найбільш стабільні (Tortik, 2014).

Карбонати кальцію (CaCO_3) мають білий колір, зустрічаються в різноманітних формах у товщі ґрунтового профілю (Nazarenko et al., 2004.) Кальцієві новоутворення надзвичайно різноманітні за формами, кожна із яких зумовлена певними умовами середовища, в якому здійснюється міграція бікарбонатних розчинів (Parfomenova, Yarylova, 1997).

Міграція карбонатів у профілі чорноземів забезпечує високий рівень насиченості колоїдів кальцієм, формування гуматно-кальцієвого гумусу, нейтральну і слаболужну реакцію ґрунтового профілю, наявність карбонатного горизонту – в цілому стабільність ґрунтової маси чорнозему. Міграція карбонатів визначається характером водного, теплового і газового режимів чорноземів (Afanasyeva, 1996).

Специфіка перерозподілу карбонатів кальцію в ґрунтовому профілі чорнозему звичайного лісопокрашеного викликана особливістю наявної деревної рослинності лісового культурбіогеоценозу. Деревні породи мають більш глибоке коріння порівняно із степовими злаками та вегетативна маса в них превалює в надземній частині на противагу рослинності степових фітоценозів. Деревний полог та лісова підстилка захищає ґрунтову поверхню від надмірного нагрівання сонцем, внаслідок чого зменшується інтенсивність випаровування ґрунтової вологи, утворюється власний мікроклімат, що безпосередньо впливає на формування та перерозподіл карбонатів в ґрунті.

*Макроморфологічний опис ґрунтового розрізу
(лісовий культурбіогеоценоз із білої акації)*

H	0–30 см	Верхній гумусо-аккумулятивний горизонт, темно-сірий, сухуватий, суглинистий, дрібнозернистої структури, насичений кореневими системами дерев, кущів та трав, пухкого складення.
H _p	30–70 см	Перехідний горизонт, сірий, вологуватий, суглинистий, зернистої структури, перехід за кольором та щільністю, менш корененасичений порівняно з попереднім горизонтом. Скипання бурне – із глибини 30 см.
Ph _k	70–90 см	Палевий, вологий, суглинистий, зернисто-грудкуватої структури, перехід за кольором та щільністю, більш щільний за попередній горизонт.
Phk	90–120 см	Світло-палевий, суглинистий, грудкуватий, із включеннями білозірки – лісова материнська порода.

Лісовий культурбіогеоценоз із насаджень білої акації формує напівосвітлений тип світлової структури. При нормальному світловому стані ползахисні насадження з напівважурнокронних порід характеризуються високою освітленістю (8,4 %) і різнобарвністю світлого поля, що пов'язано з нещільним складанням пологів. Внаслідок цього внутрішній світло- і фітоклімат мало відрізняється від незалісених територій (температура повітря знижена на 0,9 °С, верхнього ґрунтового горизонту на 3,1 °С, відносна вологість повітря збільшена на 2,3 %), що сприяє вторгненню під полог насаджень геліофітних степових, рудеральних і бур'яно-лукових видів (Ivanko, 2002).

Особливості впливу світлової структури лісового культурбіогеоценозу із акації білої відображаються на температурі, газообміні (виділення CO_2 внаслідок дихання підземних частин рослин) на вологості ґрунту, на формуванні лісової підстилки, на її

товщі та характеру розкладення. Як відомо, рослини здійснюють вагомий вплив на ґрунтовий профіль.

Карбонатність досліджуваного ґрунтового профілю чорнозему звичайного лісопокрашеного є типовою для чорноземного типу ґрунтоутворення, а саме малий вміст CaCO_3 у верхніх горизонтах, поступове збільшення кількості карбонатів до ілювіально-десуктивного горизонту і потім зменшення їх кількості в материнській породі.

Вміст карбонатів кальцію в генетичних горизонтах ґрунтового профілю лісового культурбіогеоценозу пробної ділянки 201 – Л

Середній вміст CaCO_3 , %	Стандартна похибка (σ)	Коефіцієнт. варіації (V), %	$X_{\text{іст}}$, при $p=0,95$ $a=0,05$
Н (0–30 см)			
1,47	0,26	17,80	$1,47 \pm 0,3$
Нр (30–70 см)			
5,07	0,34	6,68	$5,07 \pm 0,3$
Ph (70–90 см)			
16,07	0,12	0,75	$16,07 \pm 0,1$
Ph _k (90–120 см)			
15,58	0,20	1,31	$15,58 \pm 0,2$

В таблиці наведено результати дослідження вмісту карбонатів кальцію та їх статистичну обробку. Середній коефіцієнт варіації вмісту карбонатів кальцію за генетичними горизонтами ґрунтового профілю становить 77,5 %. Це досить великий показник, оскільки загально прийнято вважати, що якщо значення коефіцієнта варіації менше 33 %, то сукупність вважається однорідною, якщо більше 33 % – неоднорідною. Виходячи з цього положення, встановлено, що карбонати кальцію мають неоднорідний розподіл за генетичними горизонтами ґрунтового профілю. Стандартна похибка розрахунків за кожним з горизонтів не перевищує 0,34, що, в свою чергу, підтверджує достовірність отриманих даних. Згідно розрахунків, найменший вміст карбонатів кальцію становить 1,47 %, а найбільший – 16,07 %.

У процесі ґрунтоутворення виникають кислі гумусові речовини, які повністю нейтралізуються кальцієм та магнієм, що визначає нерухомість гумусу в ґрунтовому профілі та забезпечує нейтральну та слабо лужну реакцію ґрунтового розчину. Однак залишається кальцій, який не поглинається гумусом. Цей кальцій зв'язується з продуктами дихання рослин та розкладання їх залишків – CO_2 . Вуглекислий газ розчиняється у ґрунтових водах, утворюючи іон HCO_3^- ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$), який сприяє знаходженню Ca^{++} в розчині. Таким чином утворюються бікарбонатно-ґрунтові розчини, які, якщо в ґрунтовому повітрі знаходиться багато CO_2 , містять значну кількість Ca^{++} . Ці розчини проникають у нижні горизонти ґрунту, де міститься менше гумусу, коренів, а отже і CO_2 . Тому в нижніх горизонтах ґрунту створюються умови для осадження CaCO_3 : $\text{Ca}^{++} + 2\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (Belova, Travleev, 1999). Отримані результати досліджень підтверджують це положення. Оскільки саме в нижніх горизонтах досліджуваного нами ґрунтового профілю спостерігається підвищення вмісту карбонатів кальцію.

ВИСНОВКИ

В результаті польових та лабораторних досліджень виявлено, що з глибиною залягання відсотковий вміст карбонатів кальцію статистично достовірно збільшується, а коефіцієнт варіації – зменшується. Карбонатність досліджуваного

грунтового профілю чорнозему звичайного лісопокращеного є типовою для чорноземного типу ґрунтоутворення, а саме малий вміст CaCO_3 у верхніх горизонтах, поступове збільшення кількості карбонатів до ілювіально-десуктивного горизонту і потім зменшення їх кількості в материнській породі.

Отримані результати розширюють існуючі уявлення про процеси формування і розподілу карбонатів кальцію за генетичними горизонтами ґрунтового профілю чорнозему звичайного лісопокращеного. Відсотковий вміст карбонатів кальцію може бути використаний при вирішенні питання генезису, еволюції та класифікації ґрунтів аридних регіонів та отримані дані можуть свідчити про змінення умов ґрунтоутворення під впливом природних кліматичних коливань і антропогенних чинників.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Afanasyeva, E. A., 1996.** Chernozemy of the Central vozvyshennosti [The chernozems of the Central Russian upland], Moscow (in Russian).
- Belgard, A. L., 1971.** Stepnoe lesovedeniye [Steppe Forestry], Moscow (in Russian).
- Belova, N. A., 1997.** Ekolohiya, mikromorfologiya, antropogenez lesnykh pochv stepnoi zony Ukrainy [Ecology, micromorphology, antropogenesis of forest soil in the steppe zone of Ukraine], Dnipropetrovsk (in Russian).
- Belova, N. A., Travleev, A. P., 1999.** Estestvennye lesa i stepnye pochvy [Natural forest and steppe soil], Dnipropetrovsk (in Russian).
- Goncharova, T. N., 1983.** Vzglad na migratsiu karbonatov v chornozemakh. Zadachi i metody issledovaniya [A look at the migration of carbonates in chernozems. Objectives and methods], Abstract of soil science in the specialty: 06.01.03, Kishinev, 71 (in Russian).
- Khokhlova, O. S. 2008.** Karbonatnoe sostoyanie stepnykh pochv kak indikator i pamat ikh prostranstvenno-vremenoy izmenchivosti [Steppe soils carbonate status as an indicator and memory of their spatial and temporal variability], Abstract of science in the specialty: 25 00 23, Moscow (in Russian).
- Havva, D. V., 2014.** Denamika kislотно-основных характеристик i karbonatov kaltsiu v chornozemi tipovomoy vazhko suhlinkovomu pid riznymy phitozenozamy psvidenno shidnoho lisostepu Ukrainy [Dynamics of acid-base characteristics and carbonates of calcium in wakeup interval typical Chernozem under different phytocoenosis of the South-Eastern forest-steppe of Ukraine], Interdepartmental thematic research collection – Agricultural chemistry and soil science, Kharkov, 108–110 (in Ukrainian).
- Ivanko, I. A., 2002.** Ekolohichna rol svitlovoi struktury u formuvanni lisovykh kultur-biogeotsenoziv v stepy (seredovysheperetvorennya, sylvatyzatsiya, stikist) [The role of environmental light in shaping the structure of forest plantations in ecosystems of the steppe (the conversion environment, silvatica, sustainability)], Abstract Ecology on specialty: 03.00.16, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Nazarenko, I. I., Polchyna, S. M., Nikorych, S. M., 2004.** Gruntoznavstvo [Soil Science], Chernovtsy (in Ukrainian).
- Parfomenova, E. I., Yarylova, E. A., 1997.** Rukovodstvo k mikromorfologicheskim issledovaniyam v pochvovedenii [Guide to Micromorphological research in soil science], Moscow (in Russian).
- Tortik, M. Th., 2014.** Osoblyvosti karbonatnoho profilu chornozemiv basynu nyzhnyeho Dnipra [Features of the carbonate profile of chernozems of the lower Dnieper], Interdepartmental thematic research collection – Agricultural chemistry and soil science, Kharkov, 89–90 (in Ukrainian).
- Travleev, A. P., Yakovenko, V. M., Yakuba, M. S., 2009.** Praktykum z kursu «Gruntoznavstvo» [Workshop for the course «Soil Science»], Dnipropetrovsk (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 14.11.2015

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

FOREST SOIL SCIENCE



Ye. I. Maltsev ✉

UDK 631.427:
630*22.872(477.7)

*B. Khmelniyskiy Melitopol State Pedagogical University,
Lenin str., 20, Melitopol, Zaporizhzhya region,
Ukraine, 72312*

BIOLOGICAL ACTIVITY IN THE FOREST FLOOR OF ARTIFICIAL FORESTS IN THE STEPPE ZONE

Abstract. A special role in the biological cycle in forest biogeocoenoses plays forest floor, which connects the abiotic and biotic components in an integral system, affects the genesis of forest soils and productivity of forest plantations. The most informative indicators of biological activity of the soil and the forest floor are the activity of enzymes, the intensity of carbon dioxide emissions, the number and qualitative composition of the main groups of microorganisms. Particular specificity of these indicators acquire in artificial forest plantations in the steppe zone, due to the geographical, ecological and often a mismatch in habitat conditions for forest.

The aim of this work was to study the biological activity of the forest floor in artificial forest plantations in the steppe zone of Ukraine (on the example of Staro-Berdyansk forest).

Staro-Berdyansk forest (Zaporizhia region, Ukraine), founded in 1846 on the left bank of the Molochnaya river. Studies of the biological activity the forest floor carried out on stationary plots in stands of *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L. and *Pinus pallasiana* D. Don during 2013 year seasonally.

Analysis of the data series using correlation method showed that the increase in the forest floor the magnitude of algae, micromycete and oligotrophic microorganisms is accompanied by an increase in catalase activity (correlation coefficients: 0,80; 0,91; 0,95), at the same time micromycete and oligotrophs positively associated with thermolabile component of catalase activity (correlation coefficients: 0,75; 0,95). In periods of reduction of catalase activity increases the number of actinomycetes ($r = -0,67$). Polyphenol oxidase activity is positively correlated with the magnitude of micromycete in the forest floor ($r = +0,68$) and negatively with the population of actinomycetes ($r = -0,86$) and bacteria, that use mineral nitrogen compounds ($r = -0,69$). In periods of activation of phosphatase the magnitude of algae and micromycete decreases ($r = -0,92$ and $r = -0,80$; respectively) and cellulolytic microorganisms increases ($r = +0,75$).

Integral indicator of biological activity of the forest floor is the amount of carbon dioxide emitted, indicating the intensity of the processes of transformation of organic matter. The greatest intensity of carbon dioxide emissions recorded in autumn samples of locust bean and pine plantations. The oak stands a high level of carbon dioxide emissions occur in summer and autumn.

The magnitude of microorganisms and algae, enzyme activity and the intensity of carbon dioxide emissions in the forest floor changed by seasonal, which corresponds to the dynamics of the overall progress of biological processes occurring in the forest floor. On the biological activity of the forest floor is significantly affected by the composition of plant residues, which generally corresponds to the views of various researchers who have noted a correlation of enzyme activity in the soil with

✉ Tel.: +38067-696-00-62, e-mail: mz_5@ukr.net

DOI: 10.15421/041515

ISSN 1684-9094. Gruntoznavstvo. 2015. Vol. 16, no. 3-4

31

the magnitude of microorganisms, as well as biochemical and chemical composition of forest floor and the stages of its destruction.

Key words: forest floor, algae, microorganisms, enzymatic activity, carbon dioxide emissions, the steppe zone.

УДК 631.427:
630*22.872(477.7)

Є. І. Мальцев

*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького,
вул. Леніна, 20, м. Мелітополь, Запорізька обл., Україна, 72312,
тел.: +38067-696-00-62, e-mail: mz_5@ukr.net*

БИОЛОГИЧНА АКТИВНІСТЬ ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ ШТУЧНИХ ЛІСІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ

Анотація. Стаття присвячена вивченню біологічної активності підстилки штучних лісових насаджень в степовій зоні України. Досліджено посезонні зміни чисельності водоростей і різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, ферментативної активності та інтенсивності виділення вуглекислого газу в лісовій підстилці. Показано, що збільшення в підстилці чисельності водоростей, мікроміцетів і оліготрофних мікроорганізмів супроводжується збільшенням каталазної активності. У періоди зменшення каталазної активності збільшується чисельність актиноміцетів. Активність поліфенолоксидаз позитивно корелює з чисельністю в підстилці мікроміцетів і негативно з заселеністю підстилки актиноміцетами і бактеріями, що здатні засвоювати мінеральні сполуки азоту. У періоди активізації фосфатази чисельність водоростей і мікроміцетів зменшується, а целюлозоруйнівних - мікроорганізмів збільшується.

Ключові слова: лісова підстилка, водорості, мікроорганізми, ферментативна активність, виділення вуглекислого газу, степова зона.

УДК 631.427:
630*22.872(477.7)

Е. И. Мальцев

*Мелитопольский государственный педагогический университет им. Б. Хмельницкого,
ул. Ленина, 20, г. Мелитополь, Запорожская обл., Украина, 72312,
тел.: +38067-696-00-62, e-mail: mz_5@ukr.net*

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ

Аннотация. Статья посвящена изучению биологической активности подстилки искусственных лесных насаждений в степной зоне Украины. Исследованы посезонные изменения численности водорослей и различных эколого-трофических групп микроорганизмов, ферментативной активности и интенсивности выделения углекислого газа в лесной подстилке. Показано, что увеличение в подстилке численности водорослей, микромицетов и олиготрофных микроорганизмов сопровождается увеличением каталазной активности. В периоды уменьшения каталазной активности увеличивается численность актиномицетов. Активность полифенолоксидаз положительно коррелирует с численностью в подстилке микромицетов и отрицательно с заселенностью подстилки актиномицетами и бактериями, усваивающими минеральные соединения азота. В периоды активизации фосфатазы численность водорослей и микромицетов уменьшается, а целлюлозоразрушающих микроорганизмов увеличивается.

Ключевые слова: лесная подстилка, водоросли, микроорганизмы, ферментативная активность, выделение углекислого газа, степная зона.

ВСТУП

Особую роль в процессах биологического круговорота в лесных биогеоценозах играет лесная подстилка, связывая абиотические и биотические компоненты в

целостную систему и во многом определяя не только генезис лесных почв, но и продуктивность лесных насаждений (Zonn, 1954; Dobrovolskiy, 1998). В связи с этим становится очевидным интерес к изучению биологической активности подстилки, которую с позиции системного подхода следует рассматривать как результирующую взаимодействия комплекса абиотических, биотических и антропогенных факторов, применяемым в целом для оценки биологической активности почвы (Volkogon et al., 2010). К наиболее информативным показателям биологической активности почвы и, соответственно, подстилки, можно отнести активность ферментов, интенсивность выделения углекислого газа, численность и качественный состав основных групп микроорганизмов и некоторые др. Подстилка характеризуется высокой численностью и разнообразием различных групп организмов: бактерий, грибов, актиномицетов, водорослей, беспозвоночных, а также активностью ферментов (Zvyagintsev et al., 2005; Kovalenko, 2004; Shebalova, 2009; Scherbakov, 2011 и др.). Ферменты лесной подстилки, как подчеркивает Н. М. Шебалова (Shebalova, 2009), имеют двойственную природу и представлены остатками ферментов растений и эпифитной микрофлоры в свежем опаде, а также ферментами микроорганизмов, которые развиваются в подстилке в процессе ее разложения. В результате иммобилизации с помощью различных механизмов связывания с минеральными и органическими компонентами обеспечивается высокая активность ферментов в почве и подстилке на протяжении длительного времени (Galstyan, 1982; Vorobeva, Gviniashvili, 1992).

Структурно-динамические параметры ферментативных комплексов, а также состав и численность различных групп микроорганизмов подстилки различных лесных биогеоценозов имеет свои особенности и отражают напряженность и направленность биохимических процессов, происходящих в них. Особую специфику они приобретают в искусственных лесных насаждениях в степной зоне, что обусловлено географическим, а часто и экологическим несоответствием леса условиям обитания (Belgard, 1971).

Целью настоящей работы было изучение биологической активности подстилки искусственных лесных насаждений в степной зоне Украины (на примере Старо-Бердянского леса).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В пределах распространения темно-каштановых почв явления аридизации проявляются достаточно резко и усложняют создание лесных насаждений. Частично лесопригодные и лесопригодные почвы располагаются в долинах рек (Belgard, 1971). Старо-Бердянский лесной массив (Запорожская обл., Украина) заложен в 1846 году на левом берегу р. Молочная. Исследования биологической активности лесной подстилки проводили на стационарных пробных площадях в насаждениях *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Pinus pallasiana* D. Don на протяжении 2013 г. посезонно.

Насаждение дуба обыкновенного находится в пойме реки. Средний возраст деревьев – 70 лет. Во втором ярусе встречалась *Tilia cordata* Mill. Основными доминантами живого напочвенного покрытия были *Galium aparine* L. и *Torilis japonica* (Houtt.) DC. В насаждении сосны крымской на второй песчаной террасе в подлеске встречался *Celtis occidentalis* L. Живой напочвенный покров формировали *Galium aparine*, *Torilis japonica*, *Stellaria media* (L.) Vill., *Taraxacum officinale* Webb. Ex Wigg. Насаждение белой акации располагалось в месте перехода к третьей суглинистой террасе. Среди исследованных насаждений, белоакациевое было самым молодым. Средний возраст деревьев – 45 лет. В травянистом покрове наиболее часто встречались *Cardaria draba* (L.) Desv. и *Elytrigia repens* (L.) Nevski.

Отбирали подстилку посезонно с использованием прямоугольного шаблона 20 × 20 см на пробных площадях в каждом насаждении в пятикратной повторности.

Микробиологические анализы и определение ферментативной активности выполнены в свежих образцах подстилки на следующий день после отбора на базе отдела микробиологии Института сельского хозяйства Крыма. Каталазную активность определяли газометрическим методом, пероксидазную – колориметрированием тетрагваякохинона с зеленым светофильтром, полифенолоксидазную – титрованием остатка аскорбиновой кислоты йодометрическим методом, фосфатазную – через учет фосфора (P_2O_5 на 100 г подстилки) колориметрическим методом, инвертазную – по количеству глюкозы, которая образуется при ферментативном гидролизе сахарозы (Gritsaenko, 2003; Naziev, 2005). Интенсивность выделения углекислого газа – определяли адсорбционным методом. Численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп определяли методом посева на плотные селективные питательные среды (МПА – мясо-пептонный агар, ГА – голодный агар, КАА – крахмало-аммиачный агар, среда Гетчинсона, Муромцева, Виноградского, Чапека) (Voznyakovskaya, 1982; Popova et al., 1987; Borovikova, 2003; Volkogon et al., 2010) и представляли в колониеобразующих единицах (КОЕ) на 1 г абсолютно сухой подстилки; численность клеток водорослей определяли методом прямого счета (Gollerbach, Shtina, 1969) в свежееотобранных образцах подстилки.

При экспериментальных исследованиях использовалась 3–6 кратная повторность, обеспечивающая p не более 0,05. Достоверность различия полученных величин оценивали по критерию Стьюдента (t). В работе применялся метод корреляционного анализа. Статистическая обработка результатов проведена с использованием Statistica – 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В лиственной и хвойной подстилке изученных искусственных насаждений численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп и микроскопических фотосинтезирующих водорослей, а также интенсивность выделения углекислого газа и активность ферментов изменяются по сезонам и имеют особые черты в зависимости от состава лесобразующей породы.

Численность аминотрофов наибольших значений достигает в подстилке весной – до $945 \pm 75,4 \cdot 10^5$ КОЕ/г, при этом, лиственная подстилка в сравнении с хвойной характеризовалась более интенсивным развитием аминотрофов. Аммонификаторы особенно многочисленны в хвойной подстилке осенью, а в лиственных – летом. Количество олиготрофных микроорганизмов возрастает осенью и особенно высоких показателей (до $1008 \pm 52 \cdot 10^4$ КОЕ/г абсолютно сухой подстилки) достигает в дубовом насаждении. В летний период в подстилке соснового и дубового насаждений значительно (на один порядок) возрастает количество целлюлозоразрушающих организмов. Для белоакациевого насаждения летние и весенние показатели численности целлюлозоразрушающих бактерий достоверно не отличались и изменялись в диапазоне $1316–1460 \cdot 10^2$ КОЕ/г абсолютно сухой подстилки. Микромицеты во всех исследованных насаждениях наиболее многочисленными были в осенних образцах подстилки. Несколько выше их численность отмечена в лиственной подстилке ($43–49 \cdot 10^2$ КОЕ/г) в сравнении с хвойной ($26 \pm 0,8 \cdot 10^2$ КОЕ/г абсолютно сухой подстилки). Напротив, актиномицеты осенью были в минимальном количестве и высокой численностью характеризовались в весенне-летних образцах подстилки, достигая в различных насаждениях от $(22 \pm 3,2) \cdot 10^5$ до $51 \pm 5,7 \cdot 10^5$ КОЕ на г абсолютно сухой подстилки. Количество водорослей максимальных значений достигало в весенне-осенний период. При этом их численность весной изменялась в диапазоне $151,9–233,9 \cdot 10^3$ а осенью – $201,2–434,1 \cdot 10^3$ клеток на г абсолютно сухой подстилки.

Изученная подстилка также отличается активностью ферментов и характером изменения их активности по сезонам (*таблица*).

Интенсивность дыхания подстилки и ее ферментативная активность в различных насаждениях по сезонам

Сезон	Интенсивность выделения CO ₂ , мг/г за 24 час.	Каталазная активность, мл O ₂ /мин.		Активность фосфатаз, мг Р ₂ O ₅ на 100 г подстилки / 48 час.	Инвертазная активность, мл глюкозы/г подстилки / 24 час.	Активность пероксидаз, мкмоль гваякола/г подстилки / 30 мин.	Активность полифенол-оксидаз, мл КЮ ₃ /100 г подстилки / 30 мин.
		общая	термолabileльная				
Дубовое насаждение							
Весна	13,0±0,2	8,8±0,4	7,5±0,3	8,9±0,8	40,90±8,2	71,9±30,9	0,521±0,068
Лето	30,7±0,3	6,8±1,4	5,7±1,3	21,2±0,4	37,65±0,01	90,3±0,01	2,400±0,029
Осень	30,0±0,2	31,3±0,3	30±0,6	1,9±0,01	7,7±0,01	78,9±0,01	3,259±0,209
Сосновое насаждение							
Весна	6,1±0,8	4,3±0,1	2,9±0,3	12,3±0,2	22,45±2,0	28,9±12,4	0,441±0,064
Лето	9,1±3,3	4,9±0,1	3,6±0,2	23,7±0,01	31,6±1,0	51,8±3,8	1,940±0,56
Осень	43,2±1,4	12,0±0,4	10,7±0,3	2,9±0,01	6,8±0,01	63,4±0,01	5,368±0,060
Белокашиевое насаждение							
Весна	11,5±0,06	9,9±0,1	8,3±0,3	8,6±1,4	32,65±0,01	58,5±26,5	0,594±0,091
Лето	2,3±1,2	7,7±0,1	6,3±0,1	24,2±0,01	30,7±1,9	62,9±9,6	1,211±0,280
Осень	25,8±2,2	21,8±0,8	11,5±0,5	1,4±0,01	5,40±0,2	67,3±2,0	3,850±0,272

*Данные достоверны при p=0,05

Каталаза – фермент класса оксидоредуктаз, катализирует реакцию разложения перекиси водорода на воду и молекулярный кислород и в подстилке образуется в результате биохимического окисления органических веществ. По каталазной активности судят о скорости окислительных процессов. Более высокая каталазная активность отмечена в лесной подстилке лиственных насаждений, а среди них – в дубовом. Во всех вариантах преобладает ее термолабильная составляющая (*таблица*). Активность каталаз значительно (в 2,2–4,6 раз) возрастает в осенних образцах подстилки, когда в нее поступает в больших количествах свежий растительный опад, в том числе, в сосновом насаждении за счет опада лиственных пород подлеска и отмирающих частей травянистых растений.

Активность инвертаз, напротив, в осенний период резко уменьшается как в хвойной, так и лиственной подстилке. Максимальные значения активности энзима соответствуют весенне-летнему периоду, чему очевидно способствует обогащение подстилки легко гидролизуемыми углеводными соединениями вследствие абиотической трансформации растительного опада (оттаивание-промораживание (Vogatyirev, 1996), а также в результате его микробной трансформации. Высокая активность инвертаз сохраняется и в летний период.

Окислительно-восстановительные ферменты имеют огромную роль в процессах почвообразования и служат индикатором напряженности процессов окисления и гумификации органических веществ. Полифенолоксидаза катализирует окисление полифенолов в хиноны в присутствии свободного кислорода воздуха, участвуя в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса (Galstyan, 1982; Naziev, 2005). Пероксидаза же катализирует окисление полифенолов в присутствии перекиси водорода или органических перекисей. При этом ее роль состоит в активировании перекисей, поскольку они обладают слабым окисляющим действием на фенолы. Далее может происходить конденсация хинонов с аминокислотами и пептидами с образованием первичной молекулы гуминовой кислоты, которая в дальнейшем способна усложняться за счет повторных конденсаций (Копонова, 1963). Активность полифенолоксидаз постепенно увеличивается от весны к осени во всех исследованных насаждениях. Разница между минимальными и максимальными показателями составляет в лиственных насаждениях 84,0–84,6 %, в хвойном – 91,8 %.

Активность пероксидаз по сезонам варьирует незначительно. В целом в пределах лиственных насаждений она изменяется в пределах 13,1–20,4 %, а в хвойном – на 54,4 %. Минимальные значения во всех случаях отмечены весной. Для белоакациевого и соснового насаждений максимальная активность пероксидаз характерна для осеннего периода, а для дубового – летом.

Активность фосфатазы имеет иные закономерности: максимальные показатели фиксируются летом, весной они на 48,1–64,5 %, а осенью на 87,8–94,2 % меньше летних. Существенной разницы между лиственной и хвойной подстилками по активности фосфатазы не отмечено. Учитывая, что активность фосфатаз находится в обратной зависимости от обеспеченности растений подвижным фосфором, повышение фосфатазной активности в летний период имеет большое значение для мобилизации в ней фосфора.

Интегральным показателем биологической активности подстилки является количество выделяемого углекислого газа, свидетельствующее об интенсивности процессов трансформации органического вещества. Наибольшая интенсивность выделения углекислого газа отмечена в осенних образцах в белоакациевом и сосновом насаждении. В дубовом насаждении высокий уровень выделения углекислого газа происходит в летне-осенний период.

Активность ферментативного комплекса лиственных подстилок и хвойной отличается. В лиственных насаждениях на протяжении вегетационного периода в среднем выше активность каталаз и пероксидаз, в сосновом – полифенолоксидаз,

обеспечивающих разложение полифенольных соединений, которые в большом количестве содержатся в опаде хвойных растений (Kovalenko, 2004).

Независимо от происхождения растительного опада в осенний период наблюдается увеличение активности каталаз, полифенолоксидаз и интенсивности выделения углекислого газа; активность фосфатаз максимума достигала летом; инвертаз – в весенне-летний период. Сезонная динамика активности различных групп ферментов, несмотря на наличие общих закономерностей проявляет зональные особенности и связь с характером почвообразовательных процессов и фитоценозом (Volkogon et al., 2010). Например, в черноземе обыкновенном целинных участков под степной растительностью (Ростовская обл.), как следует из работы Л. Ю. Гончаровой и др. (Goncharova et al., 1990), максимум активности инвертаз соответствовал весенне-осеннему периоду, а летнему периоду соответствовал минимум активности фосфатаз.

Анализ рядов данных с применением корреляционного метода показал, что увеличение в подстилке численности водорослей, микромицетов и олиготрофных микроорганизмов сопровождается увеличением каталазной активности (коэффициенты корреляции соответственно: +0,80; +0,91; +0,95), при этом микромицеты и олиготрофы положительно связаны и с термолabileй каталазой (коэффициенты корреляции соответственно: +0,75; +0,95). В периоды уменьшения каталазной активности увеличивается численность актиномицетов ($r=-0,67$). Активность полифенолоксидаз положительно коррелирует с численностью в подстилке микромицетов ($r=+0,68$) и отрицательно с заселенностью подстилки актиномицетами ($r=-0,86$) и бактериями, усваивающими минеральные соединения азота ($r=-0,69$). В периоды активизации фосфатазы численность водорослей и микромицетов уменьшается ($r=-0,92$ и $r=-0,80$ соответственно), а целлюлозоразрушающих микроорганизмов увеличивается ($r=+0,75$).

На наличие тесных корреляционных связей между численностью различных групп микроорганизмов, а также между численностью микроорганизмов и ферментативной активностью почв указывали и ранее (Moskalevska, Patika, 2014).

ВЫВОДЫ

Численность микроорганизмов и водорослей, активность ферментов и интенсивность выделения углекислого газа в подстилке изменяется по сезонам, что соответствует динамике общего хода биологических процессов, происходящих в подстилке. На биологическую активность лесной подстилки существенное влияние оказывает состав растительного опада, что в целом соответствует взглядам различных исследователей, которые отмечали корреляционную связь активности ферментов в почве с количеством микроорганизмов, а также с биохимическим и химическим составом опада и подстилки и этапами его деструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

Belgard, A. L., 1971. Steпноe lesovedenie [Steppe silvics], Forest industry, Moscow (in Russian).

Bogatyrev, L. G., 1996. Obrazovanie podstilok – odin iz vazhneyshih protsessov v lesnyih ekosistemah [Formation of forest floor – one of the most important processes in forest ecosystems], Eurasian Soil Science, 4, 501–511 (in Russian).

Borovikova, T. P., 2003. Metodicheskoe posobie po pochvennoy mikrobiologii [Methodical manual for the soil microbiology], Krivoy Rog (in Russian).

Dobrovolskiy, V. V., 1998. Osnovy biogeohimii [Fundamentals of biogeochemistry], Higher School, Moscow (in Russian).

Galstyan, A. Sh., 1982. Ob ustoychivosti fermentov pochvyi [On the stability of the soil enzymes], Eurasian Soil Science, 4, 108–110 (in Russian).

Gollerbakh, M. M., Shtina, E. A., 1969. Pochvennyie vodorosli [Soil algae], Nauka, Leningrad (in Russian).

Goncharova, L. Yu., Bezuglova, O. S., Valkov, V. F., 1990. Sezonnaya dinamika soderzhaniya gumusa i fermentativnoy aktivnosti chernozema obyknovennogo karbonatnogo

[Seasonal dynamics of humus content and enzymatic activity of ordinary black humus earth carbonate], Eurasian Soil Science, 10, 86–93 (in Russian).

Gritsaenko, Z. M., Gritsaenko, A. O., Karpenko, V. P., 2003. Metodi biologichnih ta agrohimiichnih doslidzen roslin i gruntiv [Methods of biological and agrochemical research of soils and plants], Nichlava, Kyiv (in Ukrainian).

Haziev, F. H., 2005. Metodyi pochvennoy enzimologii [Methods of soil enzymology], Sciences, Moscow (in Russian).

Kovalenko, L. A., 2004. Otsenka sostoyaniya pochvennykh ekosistem lesnykh biogeotsenozov na tehnogennykh territoriyah promyshlennyykh rayonov [Assessment of the state soil ecosystems, forest ecosystems in the areas of man-made industrial areas], Forest Journal, 5, 43–46 (in Russian).

Kononova, M. M., 1963. Organicheskoe veschestvo pochvy: ego priroda, svoystva i metody izucheniya [Soil organic matter: its nature, properties and methods of the study], Publishing house of the Moscow Academy of Sciences of the USSR, Moscow (in Russian).

Moskalevska, Yu. P., Patika, M. V., 2014. Bioogichna aktivnist ta mikrobna transformatsiya organichnoyi rechovin chornozemu tipovogo za riznykh umov zemlerobstva [Biological activity and microbial transformation of organic matter typical black soil under different farmin], Ohorona navkolishnogo seredovischa, 2, 68–72 (in Ukrainian).

Popova, Zh. P., Gersh, N. B., Gamova, M. V. et al., 1987. Osnovnyie mikrobiologicheskie i biohimicheskie metody issledovaniya pochvyi (Metodicheskie rekomendatsii) [Basic microbiological and biochemical research

methods of soil (Guidelines)], Leningrad (in Russian).

Shebalova, N. M., 2009. Aktivnost fermentov kak pokazatel sostoyaniya lesorastitelnykh svoystv pochv, raspolozhennykh v zonah tehnogennoho zagryazneniya [The enzyme activity as an indicator of the state of silvicultural properties of soils located in the areas of technogenic pollution], Agrarnyy vestnik Urala, 3(57), 92–94 (in Russian).

Scherbakov, I. V., 2011. Aktivnost katalazyi v podgorizontah lesnoy podstilki i verhnem gorizonte pochvyi [The activity of catalase in subhorizon forest litter and upper soil horizon], Agrarnyy vestnik Urala, 6(85), 49–51 (in Russian).

Volkogon, V. V., Nadkernichna, O. V., Tokmakova, L. M. et al., 2010. Eksperimentalna gruntova mikrobiologiya [Experimental soil microbiology], Agricultural science, Kyiv (in Ukrainian).

Vorobeva, E. A., Gviniashvili, E. B., 1992. Uroven stabilizatsii proteaz i invertaz v pochve kak funktsiya varirovaniya temperatury i pH [The stabilization level of proteases and invertase in soil as a function of temperature and varying pH], Eurasian Soil Science, 2, 82–90 (in Russian).

Voznyakovskaya, Yu. M., 1982. Nekotoryie novyye metodyi kolichestvennogo ucheta pochvennykh mikroorganizmov i izucheniya ih svoystv (Metodicheskie rekomendatsii) [Some new methods of quantitative estimation of soil microorganisms and study their properties (Guidelines)], Leningrad (in Russian).

Zonn, S. V., 1954. Vliyanie lesa na pochvyi [Influence of forests on soil], Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow (in Russian).

Zvyagintsev, D. G., Babeva, I. P., Zenova, G. M., 2005. Biologiya pochv [Soil Biology], Moscow State University Press, Moscow (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 05.11.2015

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

MONITORING AND REMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS



V. L. Samokhvalova¹✉ Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.
A. I. Fateev¹ Dr. Sci. (Agri.), Professor
P. A. Samokhvalova²
O. V. Mandryka¹
V. D. Bublyk¹
O. Kutz¹

UDK 574.(076.1); 631.45;
631.67; 662.106.33.02;
502.4:662.24

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

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

DETERMINATION OF OIL AND OIL PRODUCTS TOTAL CONTENT IN SOILS FOR MONITORING OF CONTAMINATION AND EFFECTIVENESS OF REMEDIATION

Abstract. The method of determining the content of oil and petroleum products in the soils is substantiated through the use established by thermogravimetric curves optimum temperatures and time intervals thermal sample of contaminated soil, determination of total losses its weight on the appropriate formula which ensures the quantitative determination of total content level of hydrocarbons of oil and oil products in the soil with increased accuracy and quick testing of the method. In the methodical approach by combining individual components of the known methods thermogravimetry and gas chromatography, the distribution regularities of changes in the sample mass under the influence of thermal effects on a new class of objects with simultaneous production of a rapid method for determination of total content of petroleum hydrocarbons in soils, provided simplification soil samples algorithm analyzing for pollution monitoring and the remediation effectiveness of obtaining the economic use of resources.

The invention belongs to the field of environmental protection, soil quality, namely to the ways of determine the content of oil and petroleum products (diesel, kerosene, fuel oil, etc.) in contaminated soils while of soils lands plot monitoring.

The method can be used in the field of conservancy in the oil industrial complex in determining the degree of contamination of soil for rapid analysis of soil samples; in agroecology, soil ecological management for environmental monitoring of technologically contaminated soils of lands plots for various purposes and their using; in research practice - to investigate the thermal processes and properties of soils; elaboration of scientific and methodical bases of contaminated soils monitoring (diagnosis, assessment, forecast ecological state), environmental regulation of organic nature contaminants in soils; regulation of the using and soil remediation processes to improve quality.

Based on the analysis of the scientific literature data and results of long-term experiments it was determined the optimal temperature range of 280–500 °C with different temperature ranges of

✉ Tel.: + 38057-704-16-69, e-mail: v.samokhvalova@mail.ru

DOI: 10.15421/041516

thermal evaporation the fractions of petroleum hydrocarbons. Series conducted modeling experiments with varying temperature, time, sample the soils and the changing quantitative and qualitative composition of hydrocarbons in contaminated soils, the total petroleum hydrocarbons thermogravimetric method has been found that the thermal degradation of contaminated soils samples formed various fractions of hydrocarbons, which leads to increased losses mass Δm contaminated soil sample to obtain thermogravimetric curves. By the method of gas chromatography, in the range of 100–200 °C it is set the selective extraction of lighter fractions of petroleum and petroleum products in the soil; in the range of 280–350 °C – it is noted a sharp increase in the rate of decomposition of oil saturated hydrocarbons (C_{10} – C_{40}) with intensive gas evolution, the formation of a mixture of reaction products is a significant amount of unsaturated hydrocarbons. Thus, the use of established ranges of determining the optimum temperature desorption fractions of petroleum hydrocarbons and their thermal degradation of soil samples for thermolysis with simultaneous identification of the total content of oil and petroleum products in the soil, it is possible to determine the total amount of oil hydrocarbons fractions in soil as the amount of oil hydrocarbons. The proposed algorithm method is suitable for the soils of different genesis.

It is determined that the consistent increase in temperature is a necessary procedure for the identification of pollution if soil sample analysis of the expected low concentrations of oil and petroleum products and water content in soils of different types and different size distribution of more than 5 % of oil production zones. By evaluating the flow of thermal processes in the surveyed contaminated and uncontaminated soil samples the temperature ranges degradation of petroleum hydrocarbons is determined. Their using, as an indicator, significantly reduced the timing of selection of optimal technological parameters of thermal oils in the soils for determining the total content of oil and petroleum products in the soils, pollution monitoring and remediation efficiency control.

Key words: soil, oil and oil products, monitoring, pollution, the effectiveness of remediation.

УДК 574.(076.1); 631.45;
631.67; 662.106.33.02;
502.4:662.24

В. Л. Самохвалова¹ канд. с.-х. наук, стар. науч. сотр.
А. И. Фатеев¹ д-р с.-х. наук, проф.
П. А. Самохвалова²
О. В. Мандрыка¹
В. Д. Бублик¹
О. Куц¹

¹Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии
им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024,
тел.: +38057-704-16-69, e-mail: v.samokhvalova@mail.ru

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВАХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМЕДИАЦИИ

Аннотация. Обоснован способ определения содержания нефти и нефтепродуктов в почвах, за счет использования установленных по термогравиметрическим кривым оптимальных температур и интервалов времени термодеструкции образца загрязненной почвы, определения общих потерь его массы по соответствующей формуле, чем обеспечивается количественное определение общего уровня содержания углеводородов нефти и нефтепродуктов в почве с повышением точности и экспрессности метода. В разработанном методическом подходе путем сочетания отдельных составляющих известных методов термогравиметрии и газовой хроматографии, экстраполяции закономерности изменения массы образца под действием тепловых эффектов на новый класс объектов с одновременным получением экспрессного метода определения общего содержания углеводородов нефти в почвах, обеспечивается упрощение алгоритма анализа образцов почвы для мониторинга загрязнения и эффективности ремедиации с получением экономии в использовании ресурсов.

Ключевые слова: почва, нефть и нефтепродукты, мониторинг, загрязнение, эффективность ремедиации.

УДК 574.(076.1); 631.45;
631.67; 662.106.33.02;
502.4:662.24

В. Л. Самохвалова¹ канд. с.-г. наук, стар. наук. співр.
А. І. Фатєєв¹ д-р с.-г. наук, проф.
П. А. Самохвалова²
О. В. Мандрика¹
В. Д. Бублик¹
О. Куц¹

¹Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024,
тел.: +38057-704-16-69, e-mail: v.samokhvalova@mail.ru

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

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ВМІСТУ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ У ҐРУНТАХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМЕДІАЦІЇ

Анотація. Обґрунтовано спосіб визначення вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунтах за рахунок використання встановлених за термогравіметричними кривими оптимальних температур та інтервалів часу термодеструкції зразку забрудненого ґрунту, визначання загальних втрат його маси за відповідною формулою, чим забезпечується кількісне визначення загального рівня вмісту вуглеводнів нафти та нафтопродуктів у ґрунті з підвищенням точності та експресності методу. У розробленому методичному підході шляхом поєднання окремих складових відомих методів термогравіметрії й газової хроматографії та поширення закономірності зміни маси зразка під дією теплових ефектів на новий клас об'єктів з одночасним отриманням експресного методу визначення загального вмісту вуглеводнів нафти у ґрунтах, забезпечується спрощення алгоритму аналізування зразків ґрунту для моніторингу забруднення та ефективності ремедіації з отриманням економії у використанні ресурсів.

Ключові слова: ґрунт, нафта та нафтопродукти, моніторинг, забруднення, ефективність ремедіації.

ВСТУП

Ґрунт, як біокосна система, має важливе екологічне значення, як для функціонування окремих наземних екосистем, так і для існування біосфери в цілому, що обумовлено різноманітністю його екологічних функцій.

Підприємства нафтогазовидобувного комплексу України є потенційними джерелами забруднення довкілля за порушення технологічних режимів роботи устаткування чи аварійної ситуації. Ураховуючи, що нафта є сумішшю декількох тисяч різних сполук – від простих, наприклад CH_4 (метан), до складних, наприклад порфірини ($\text{C}_{90}\text{H}_{23}\text{N}_4$) та складається в основному із аліфатичних вуглеводнів, у деяких випадках (в залежності від її походження) в ній можуть міститися аліциклічні та ароматичні вуглеводні, кисневмісні сполуки, як, наприклад, альдегіди, кетони і карбонові кислоти, сірко- і азотовмісні (Davydova, Tagasov, 2004; Kurta et al., 2012), то, безумовно, що деякі промислові об'єкти забруднюють довкілля і за стаціонарних умов роботи, що зумовлено технологічними процесами переробки нафти та отримання нафтопродуктів (Klimova, 2006).

За ранжування нафтопродуктів ураховують два аспекти – технічний та аналітичний. У технічному розумінні нафтопродукти – це товарні сирі нафти, які пройшли первинну підготовку на промислі, та продукти перероблення нафти, що використовують у різних видах – авіаційні та автомобільні бензини, розчинники, мастила та ін. В аналітичному розумінні до нафтопродуктів відносять неполярні та малополярні сполуки, розчинні у гексані, тобто усі палива, розчинники та оливи, крім важких смол та асфальтенів нафт і бітумів, а також речовин, що утворюються з нафтопродуктів при тривалому перебуванні їх у ґрунтах або водах, як результат мікробіологічного та фізико-хімічного розкладання (Petrov, 1984). Тому актуальними

питаннями є комплексне оцінювання екологічного стану ґрунтів різного генезису та, відповідно, різної буферної здатності і системи ґрунт-рослина у відношенні комплексного впливу забруднення нафтою і нафтопродуктами (Zylberman et al., 2004). Комплексна оцінка екологічного стану ґрунтів має включати покомпонентне вивчення ґрунтової системи (ґрунту як біокосної системи, ґрунтового розчину, ґрунтового повітря, основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів тощо), рослин з дослідженням сукупного впливу забруднення різної природи (нафти та нафтопродуктів; радіаційного впливу та вмісту важких металів (ВМ), як складової нафти та нафтопродуктів). Так, токсичні елементи забруднених нафтою та нафтопродуктами ґрунтів здатні акумулюватися та мігрувати в суміжні середовища, в залежності від кліматичних умов, рН середовища, властивостей ґрунтів. Нафти різного походження містять близько 30 ВМ. Серед окремих металів, вміст яких у нафті перевищує частки відсотків, домінують: V – 10^{-3} – 10^{-2} %; Ni – 10^{-3} – 10^{-2} %; Fe – 10^{-4} – 10^{-3} %; Zn – 10^{-5} – 10^{-3} %; Hg – близько 10^{-5} %; Na, K, Ca, Mg – 10^{-3} – 10^{-4} %. Сумарний вміст у нафті металів у середньому складає 0,04 % (мас) (Davydova, Tagasov, 2004).

Також відсутні уніфіковані методичні підходи до оцінки забруднення ґрунтів нафтопродуктами, що пов'язано з відсутністю уніфікованих діагностичних критеріїв, параметрів показників ґрунтових властивостей та індексів, які необхідні для оцінки екологічного стану ґрунтів за впливу забруднювачів органічної природи, що ускладнює співставлення результатів та одержання коректних висновків для прийняття відповідних управлінських рішень.

Особливо актуальною є проблема екологічного нормування вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунтах внаслідок по суті відсутності нормативної бази щодо оцінювання екологічного стану нафтозабрудненого ґрунту певного типу. Граничнодопустимі концентрації (ГДК), орієнтовно-допустимі концентрації (ОДК) нафтопродуктів у ґрунтах не розроблено в Україні. Подальшої розробки потребують екосистемний, ландшафтно-геохімічний і функціонально-екологічний підходи в картографії ґрунтів і алгоритми їх реалізації за умов забруднення ґрунтів для генералізації інформації.

Таким чином, комплексне дослідження і оцінювання впливу нафтового забруднення та ВМ, як складової його частини, на екологічний стан ґрунтів, сприятиме вирішенню питань моніторингу (діагностика, оцінка, прогноз) забруднення ґрунтів за визначення в досліджуваних зразках вмісту неспецифічних і специфічних сполук, стимулюванню подальшого вивчення процесів трансформації забруднювачів у ґрунтовій системі, особливостей впливу нафти і нафтопродуктів на функціонування і властивості ґрунтів різних типів, що, в свою чергу, є важливою ланкою у практиці розробки та реалізації нових технічних рішень щодо експресної ідентифікації джерел забруднення органічної природи для ефективного моніторингу та ремедіації забруднених ґрунтів з поліпшенням їх якості.

Мета даної роботи – розробити методичний підхід щодо визначення загального вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунтах для моніторингу забруднення та ефективності ремедіації шляхом розширення можливості використання закономірності зміни маси зразку ґрунту від температури і часу з одночасним отриманням експресного методу визначення загального вмісту вуглеводнів нафти, підвищенням його точності і селективності, спрощення алгоритму аналізування зразків ґрунту за одночасного поєднання на стадії пробопідготовки у єдиному аналітичному циклі процесів трансформації вуглеводнів нафти і кількісного їх визначення у ґрунтових зразках з отриманням економії у використанні ресурсів.

Розробку способу спрямовано на: 1) спрощення алгоритму визначення загального вмісту вуглеводнів нафти ґрунту, з якими пов'язані найбільші екологічні ризики зважаючи на їх високу рухомість у довкіллі та токсичність для живих організмів; 2) прискорення визначення загального вмісту нафти та нафтопродуктів у

грунтах з низькими концентраціями нафти і нафтопродуктів та значним вмістом води у грунтах із зон нафтовидобутку за скорочення періоду урахування деградації вуглеводнів у ґрунті, вилучення з аналізу токсичних розчинників та інтеграції процесів на стадії пробопідготовки; 3) можливість реалізації алгоритму способу без використання вартісного обладнання та спеціального методу для визначення забруднювальної речовини і за відсутності незабрудненого аналогу; 4) забезпечення ефективної ідентифікації джерела забруднення та діагностування ефективності проведення ремедіації нафтозабрудненого ґрунту.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Методика ґрунтово-геохімічного обстеження передбачала відбір об'єднаних проб ґрунтів згідно з чинних стандартів (DSTU 4287:2004, DSTU ISO 10381-1, DSTU ISO 10381-2:2004, DSTU ISO 10381-5); їх пробопідготовку (MVV 31-497058-017-2003) з висушуванням до постійної ваги при температурі $(150 \pm 50)^\circ\text{C}$ з використанням шафи сушильної.

Для реалізації алгоритму способу використано термогравіметричну установку: 1) піч муфельна горизонтальної конструкції с термопарою, у яку поміщають зразок ґрунту наважкою не менше 10 г у платиновій посуді (ГОСТ 6563-75) з метою реєстрації температури та забезпечення її регуляції за максимальної швидкості нагріву і при зміні температури печі в часі (при постійній швидкості нагрівання) з можливістю нагріву до температури $(1100 \pm 50)^\circ\text{C}$; 2) ваги аналітичні лабораторні (ГОСТ 24104) для реєстрації зміни маси зразка ґрунту (РД 39-014098-015-90); 3) прилади, що реєструють температуру (термопар з самописцями) та забезпечують її регуляцію за максимальної швидкості нагріву і при постійній швидкості нагрівання.

Об'єкти дослідження – забруднені ґрунти зон нафтовидобутку та незабруднені їх аналоги (ґрунти того ж типу та гранулометричного складу).

Для підтвердження ідеї за розробки нового технічного рішення було використано цифрові матеріали звітів лабораторії охорони ґрунтів від техногенного забруднення ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» з виконання НТР за договором № 3/12 від 29.02.2012 р. «Лабораторне моделювання процесу біоремедіації нафтозабруднених ґрунтів та розробка технологічного процесу їх біоремедіації у ґрунтово-кліматичних умовах Кувейту» з ТОВ «МАН ОІЛ ГРУП УКРАЇНА» та фондові матеріали лабораторії щодо обстеження, визначення й узагальнення існуючих даних щодо ремедіації нафтозабруднених ґрунтів з відновленням їх функцій.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналізуванням науково-методичної літератури щодо оцінювання екологічного стану ґрунтів, а також нормативних, охоронних документів і довідкових матеріалів щодо методів визначення як загального, так покомпонентного вмісту нафти і нафтопродуктів в грунтах встановлено, що для визначення вмісту нафти та нафтопродуктів використовують різні методи та технічні рішення. Так, відомо спосіб, що включає використання інфрачервоної спектроскопії (ІЧС-методу) за забруднення ґрунту екзогенними речовинами органічної природи (Pat. на *korysnu model 51113 UA*, 2002). Спосіб включає виготовлення контрольних зразків різних генетичних типів ґрунту із вмістом гумусу від 1 до 5 %, з виявленням забруднювача за спектральними характеристиками і урахуванням періодів деградації вуглеводнів та побудову градувальних графіків, як результат досліджень вмісту забруднювача у ґрунті у інфрачервоній частині спектра при довжині хвилі $2\text{--}50\text{ мкм}^{-1}$. Одержані дані використовують для порівняння з грунтами, які обстежують.

Недоліками цього способу є неможливість одночасного запису спектру із зразком порівняння на інфрачервоному аналізаторі, тому не вдається компенсувати «атмосферні» перешкоди (наявність вуглекислого газу і води), що потребує відповідно додаткового часу на усунення цього недоліку шляхом неодноразового послідовного

запису спектрів як аналізованого зразка, так і зразку порівняння, що значно утруднює отримання результатуючих тестових характеристик забрудненого нафтою та нафтопродуктами ґрунту та знижує їх точність, підвищує рівень суб'єктивності. Окрім того, обов'язковою вимогою для проведення аналізів забруднених нафтою і нафтопродуктами ґрунтів з використанням ІЧС методу, є зберігання їх зразків протягом 1 року до моменту їх аналізування (MVV 31-497058-009-2002) для підвищення надійності встановлення ступеня забруднення ґрунту нафтою в інтервалі 1–10 % за масою із забезпеченням виконання вимірювань з відносною похибкою, яка не перевищує 11 %. Таким чином, унеможлиблюється масовість аналізу зразків ґрунту і знижується експресність отримання результатів аналізування забруднених зразків ґрунту, актуалізується потреба створення відповідних спеціальних умов для зберігання забруднених зразків ґрунту, що значно підвищує витратність реалізації запропонованого технічного рішення.

Інші відомі методи визначення вмісту специфічних та неспецифічних сполук нафти та нафтопродуктів у ґрунті також мають суттєві недоліки. Так, за використання методу газової хроматографії (DSTU ISO 15009:2005, DSTU ISO/TR 11046-2001), що дозволяє експресно з достатньою точністю визначити вміст вуглеводнів у ґрунті, спостерігається значне зменшення концентрації речовин після вимивання їх з колонки, внаслідок розведення компонентів суміші газом-носієм, тому необхідним є обов'язкове застосування високочутливих детекторів. Недоліком є також неможливість автоматичної ідентифікації піків на кривій елюювання. У випадку якщо час утримування компонента невідомий, то цей компонент збирають по мірі виходу його з колонки й ідентифікують, наприклад, за інфрачервоним спектром або для ідентифікації речовину виводять з колонки безпосередньо в ІЧС або мас-спектрометр, що значно ускладнює процедуру визначення вмісту вуглеводнів нафти та підвищує ресурсовитратність. Окрім того, метод дозволяє визначати тільки газову складову нафтопродуктів (метан, етан, етилен, пропан, пропілен, ізо- та н-бутан).

Відомі методики визначення сумарного вмісту нафтопродуктів у ґрунтах, що базуються на флуоресцентному (люмінесцентному) методі аналізу, який є високо чутливим, що досягається розміщенням зовнішнього джерела під прямим кутом до оптичної осі монохроматору. Метод базується на вимірюванні сумарної флуоресценції поліциклічних ароматичних вуглеводнів за довжини хвилі 360 нм з калібруванням по хризену (у країнах ЄС) або вимірюванні люмінесценції алкілбензолів (у Росії). Даним методом визначають також вміст смолисто-асфальтенових компонентів нафтопродуктів. Проте флуоресцентний (люмінесцентний) метод не є арбітражним. Його застосування не дозволяє визначати всю суму нафтопродуктів, оскільки він нечутливий до парафіно-нафтоєвих вуглеводнів, що не люмінесціюють, але складають переважну частину нафти (Okolelova, Zheltobryuhov, 2013). Використання методу є доцільним за незначних концентрацій нафти і нафтопродуктів у ґрунтах та у випадку переважання у складі вуглеводнів легкокорозійних фракцій (у пароподібному і рідинному легко рухомому стані або у вільній та розчинній водній або водно-емульсійній фазі) (Okolelova et al., 2011). Окрім того, метод, в якості оціночного, має рекомендаційний характер за умови проведення періодичного калібрування шляхом паралельного аналізу одним з арбітражних методів. До того ж для вирішення задач моніторингу забруднених вуглеводнями нафти ґрунтів немає необхідності у визначанні якісного складу нафти і нафтопродуктів (класів бензинової та дизельної фракції, ароматичних вуглеводнів, летких органічних сполук тощо) ґрунту і його фракціонування, достатнім є визначення загального вмісту вуглеводнів у ґрунті.

Отже, реалізація методик визначення вмісту нафти і нафтопродуктів у ґрунтах вище переліченими методами потребує високоякісного обладнання, спеціалістів відповідної кваліфікації, що відповідно збільшує ресурсовитратність їх реалізації.

Нами встановлено, що найбільш близьким аналогом за технічною суттю та результатом, що досягається є арбітражний гравіметричний метод визначення вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунті (MVV 31-497058-017-2003). Недоліками методу є такі: 1) відсутність метрологічної оцінки результатів вимірювань (норми похибки вимірювань), що актуалізує його переатестацію та унеможливлює використання; 2) обмеженість кількісного визначення вмісту нафти і нафтопродуктів за регламентований поріг температури кипіння понад 80 °C з обов'язковою процедурою екстракції та концентрування, очищення екстракту від полярних сполук, що заважають визначенню масової частки нафтопродуктів у ґрунті; 3) залежність екстрагування вуглеводнів з ґрунту від ряду параметрів – типу екстрагенту та температурного режиму екстракції, вологості зразка, варіювання природного вмісту гумусоподібних речовин у незабруднених ґрунтах (70–200 мг/кг) (Ernestova et al., 1978), які розчиняються неполярними екстрагентами; 4) довготривалість, дороговартісність визначення і шкідливість для здоров'я аналітиків за використання холодної екстракції органічними розчинниками (н-гексан, тетрахлорметан або хлороформ) та сумарної помилки екстракційного методу близько 20 % (Gruzdkova, 1993); 5) збільшення похибки вимірювань у результаті втрат летких компонентів за гравіметричного методу аналізу нафти та нафтопродуктів ґрунту; 6) гравіметричний метод доцільно використовувати для аналізування сильно забруднених вуглеводнями нафти ґрунтів (Orlov, 1994).

Все вище перелічене обумовлює непридатність екстракційного визначення нафти у ґрунті та реалізації повного алгоритму гравіметричного методу для експрес-аналізу при обстеженні великих площ забруднених ґрунтів земельних ділянок. Отже, необхідним є розробити спосіб у якому можливо уникнути даних недоліків.

Відомі у світі методики визначання загального вмісту нафтопродуктів у ґрунтах містять алгоритми вимірювань лише легких фракцій нафтопродуктів (Roberts and Khalaf, 1984; Schmid George, 1996). Окрім того, за результатами аналізування отриманих даних з наукової літератури та тривалих дослідів нами було обрано оптимальний температурний інтервал 280–500 °C, що обумовлено різними температурними діапазонами випаровування та термодеструкції фракцій вуглеводнів нафти: найбільш токсичні легкі фракції – за 280 °C (Angehrn, 1998); фракції залишкових вуглеводнів, що представлені розгалуженими та циклічними аліфатичними і алкіловими ароматичними сполуками, довголанцюговими алканами, алкановими спиртами і кислотами характеризуються температурою кипіння понад 300 °C і дуже низькою рухомістю (Lompart et al., 1999; Malley et al., 1999). Нафта та нафтопродукти характеризуються температурними межами початку і кінця кипіння (Petrov, 1984), а основною реакцією термолізу є термодеструкція вуглеводнів нафти.

Серією лабораторних модельних дослідів з варіюванням температури, часу, наванжки ґрунту та урахуванням зміни кількісного і якісного складу вуглеводнів нафти забрудненого ґрунту, загальної кількості вуглеводнів нафти термогравіметричним методом нами було встановлено, що як результат термодеструкції забруднених ґрунтів утворюються різні фракції вуглеводнів нафти, що призводить до збільшення втрат маси Δm зразку забрудненого ґрунту у діапазоні температур 250–500 °C (рис. 1, а, б) з отриманням термогравіметричних кривих. В той же час, методом газової хроматографії, у діапазоні 100–200 °C встановлено селективне екстрагування більш легких фракцій нафти та нафтопродуктів у ґрунтах; у діапазоні 280–350 °C – відмічено різке збільшення швидкості розкладу насичених вуглеводнів нафти (C₁₀–C₄₀) з інтенсивним газовиділенням, утворенням суміші продуктів реакції значної кількості ненасичених вуглеводнів (олефіни, циклоолефіни).

Аналізом фракційного складу вуглеводнів нафти у діапазоні 200–400 °C встановлено, що утворюються бензинова (до 200 °C), гасова та дизельна фракції (до 350 °C), а також фракція мастильних масел і парафінів. За більш високих

температур утворюються циклоалкани, нафтові смоли і асфальтени. Отже, можливим є використання встановлених діапазонів з визначенням оптимальних температур десорбції фракцій вуглеводнів нафти і термодеструкції їх з ґрунту за термолізу проб з одночасною ідентифікацією загального вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунтах. Як результат, загальну кількість вуглеводнів нафти ґрунту можливо визначати як суму фракцій асфальтенів і нафтових смол, насичених і циклічних вуглеводнів, ненасичених вуглеводнів олефінів, поліароматичних вуглеводнів нафти.

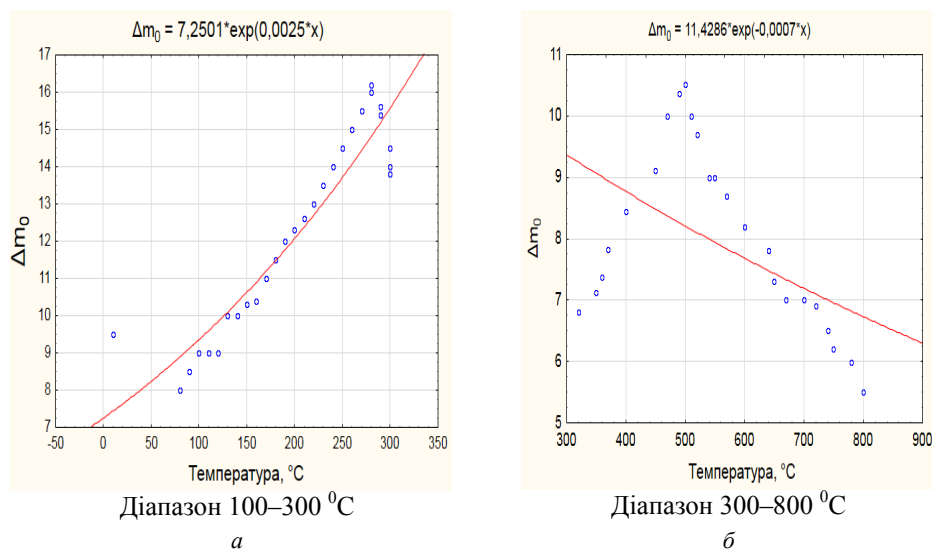


Рис. 1. Зміна втрат маси Δm зразку забрудненого ґрунту у результаті термодеструкції у двох діапазонах температури

Співставленням даних, отриманих запропонованим способом та гравіметричним методом, доведено його ефективність для визначення забруднення ґрунту. При цьому, проби ґрунту не потребують контролю за вологістю внаслідок їх підготовки до аналізу для попередження похибок визначання рівнів загального вмісту вуглеводнів нафти у ґрунті. Встановлено, що послідовне збільшення температури є необхідною процедурою для ідентифікації забруднення у разі аналізу проб ґрунту з очікуваними низькими концентраціями нафти і нафтопродуктів та вмістом води у ґрунтах різних типів і різного гранулометричного складу більше 5 % із зон нафтовидобутку. Окрім того, встановлено, що термодеструкція органічної речовини ґрунту відбувається в діапазоні температур – до 900 $^{\circ}\text{C}$ (DSTU 4289: 2004), що потребує урахування вмісту органічної речовини ґрунту для більш точного визначання його забруднення нафтою та нафтопродуктами. Отже, за оцінювання протікання термічних процесів у досліджених забруднених та незабруднених зразках ґрунту встановлено оптимальні температурні інтервали термодеструкції зразку ґрунту згідно з діапазонами деструкції фракцій вуглеводнів нафти. Їх використання в якості індикаторних значно скоротило терміни підбору оптимальних технологічних параметрів процесу термодеструкції нафтопродуктів у ґрунтах різного генезису.

Також нами експериментально встановлено, що наважка ґрунту більша ніж 10 г є достатньою для термодеструкції, що позитивно впливає на підвищення відтворюваності термогравіметричних кривих, які характеризують зміни маси зразка ґрунту від температури і часу. У наслідок того, що термодеструкція є ланцюговою реакцією, у випадку коли наважка ґрунту менша 10 г тепла виділяється менше, отже й реакція термодеструкції зразка буде повільною, що може вплинути як на інтенсивність теплового потоку, так і на теплові ефекти термодеструкції. За

термодеструкції нафти та нафтопродуктів ґрунтових зразків відмінності теплових потоків виникають як результат поглинання або вивільнення теплоти у зразках ґрунту з відповідними тепловими ефектами (випаровування, термохімічні реакції тощо). Зміни теплового потоку проходять в результаті змін фізичних або хімічних властивостей зразків ґрунту, як функція температури та часу. Тобто у запропонованому способі використано теплові ефекти, що є індикаторами процесів деструкції та визначають за допомогою термодеструкції ґрунтових проб з вилученням забруднювачів із твердої матриці ґрунту за послідовного кількісного визначання втрати маси зразка ґрунту. Саме такий підхід забезпечує експресну ідентифікацію джерела забруднення, визначання загального рівня вмісту забруднювачів органічної природи у ґрунті.

Таким чином, суть запропонованого технічного рішення щодо визначення загального вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунтах, з використанням лабораторної установки або термогравіметричного аналізатора, полягає у відборі та пробопідготовці зразків ґрунту, визначання масової частки нафти і нафтопродуктів у ґрунті за додаткового попереднього доведення зразків забрудненого ґрунту до повітряно-сухого стану у сушильній шафі після компостування протягом місяця при температурі 24 °С. Для реєстрації температури та забезпечення її регуляції за максимальної швидкості нагріву і при зміні температури печі в часі (при постійній швидкості нагрівання) з можливістю нагріву до температури (1100 ± 50) °С використовують піч муфельну горизонтальної конструкції с термопарою, у яку поміщають зразок ґрунту наважкою не менше 10 г у платиновій посуді. Під час нагрівання і термодеструкції повітряно-сухих зразків забрудненого ґрунту та зразку порівняння, проводять вилучення забруднювачів із твердої матриці ґрунту поєднуючи з подальшим визначанням масової частки нафти і нафтопродуктів у ґрунті, як результат реєстрації зміни маси зразка ґрунту, в оптимальних умовах термодеструкції вуглеводнів нафти ґрунту за визначених температур згоряння їх різних фракцій (280 °С та 500 °С) та, відповідно, за певного інтервалу часу (30 хвилин і 2 години). Через 30 хвилин роботи досягається температура 280 °С, за якої проводиться зважування зразку ґрунту. Далі продовжують термодеструкцію зразка ґрунту за 500 °С протягом 2 годин, після чого проводять зважування зразка ґрунту. Результати (середнє арифметичне значення двох паралельних визначань) змін маси зразку ґрунту за 280 °С та 500 °С статистично обробляють та фіксують у таблиці 1.

Розрахунок загального вмісту вуглеводнів нафти у ґрунті (X, %) проводять за формулою:

$$X = \left(\frac{A_1}{B} \times 100 + \frac{A_2}{B} \times 100 \right) - C_{\text{орг. ґрунту}} \quad (1)$$

де A_1 – втрати маси повітряно-сухого ґрунту після термодеструкції при 280 °С, г;
 A_2 – втрати маси повітряно-сухого ґрунту після термодеструкції при 500 °С, г;
 B – маса повітряно-сухого ґрунту, взятого до аналізування, г; 100 – перерахунок у %;
 $C_{\text{орг. ґрунту}}$ – загальний вміст органічної речовини незабрудненого ґрунту (довідкова величина), %;

Так, використовуючи отримані дані та формулу (1) розраховано загальний вмісту вуглеводнів нафти дерново-підзолистого ґрунту:

$$X = \left(\frac{0,37}{10} \times 100 + \frac{0,15}{10} \times 100 \right) - 1 \% = 4,17\% \quad (2)$$

де 0,37 – втрата маси повітряно-сухого ґрунту після термодеструкції при 280 °С, г;
0,15 – втрата маси повітряно-сухого ґрунту після термодеструкції при 500 °С, г;
10 – маса повітряно-сухого ґрунту, взятого до аналізування, г; 100 – перерахунок у %;
1 – загальний вміст органічної речовини досліджуваного незабрудненого зразка (довідкова величина), %.

В якості зразку порівняння використовують незабруднений аналог ґрунту того ж типу та гранулометричного складу.

При цьому, з метою уникнення похибок щодо оцінки вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунті обов'язковим є використання довідкових даних загального вмісту органічної речовини незабрудненого ґрунту того ж типу і гранулометричного складу. Отже, вміст забруднювача у зразку ґрунту складає 4,17 % (табл. 1), що відповідає 42000 мг/кг ґрунту та у 10,5 разів перевищує орієнтовно допустимий рівень загального вмісту нафтопродуктів у ґрунтах України, який складає згідно з ГСТУ 41-00032626-00-007 – 4000 мг/кг.

Таблиця 1

Результати розрахунку загального вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунтах (на прикладі дерново-підзолистого ґрунту)

Варіант	Втрати маси ґрунту за:				Вміст вуглеводнів нафти у ґрунті, %
	280 °C, г	280 °C, %	500 °C, г	500 °C, %	
Забруднений нафтою та нафтопродуктами ґрунт	0,37	3,67	0,15	1,5	4,17
Незабруднений аналог ґрунту	Загальний вміст органічної речовини ґрунту – 1% (довідкова величина)				

За результатами апробації запропонованого способу у дослідженнях на забруднених ґрунтах різного гранулометричного складу (піщаного, суглинкового і глинистого, рис. 2), отриманими даними було доведено, що спосіб є універсальним та доцільним до використання на всіх типах ґрунтів. Таким чином, підтверджено доцільність і ефективність запропонованого алгоритму способу, що складає основу винаходу, а саме: визначення загального вмісту вуглеводнів нафти дозволяє зробити висновок про забруднення ґрунту нафтою та нафтопродуктами, забезпечує спрощення процедури встановлення їх наявності.

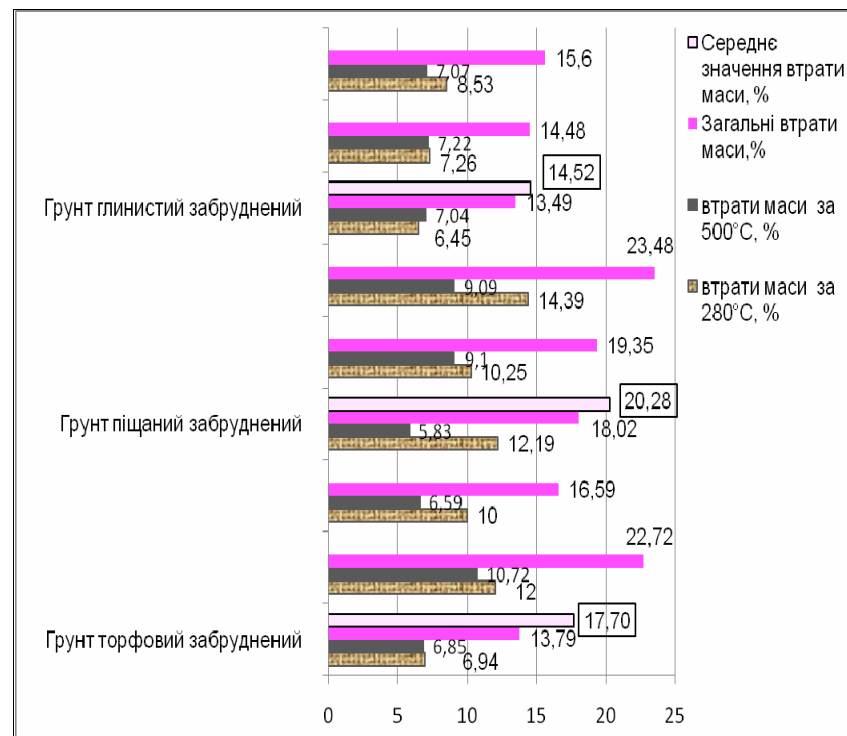


Рис. 2. Втрати маси забруднених нафтою та нафтопродуктами ґрунтів різного гранулометричного складу

Окрім того, результатами досліджень також підтверджено доцільність використання запропонованого алгоритму способу і для індикації ефективності проведення ремедіації нафтозабрудненого ґрунту (табл. 2).

Таким чином, розроблений спосіб належить до сфери охорони довкілля, оцінювання якості ґрунтів, відноситься до способів визначення загального вмісту у ґрунті сполук екзогенних речовин, зокрема нафти та нафтопродуктів (дизельне паливо, гас, мазут тощо) та встановлення ступеню забруднення ґрунту за експрес-аналізу ґрунтових проб при обстеженні великих площ земель.

Таблиця 2

**Діагностування ефективності ремедіації нафтозабрудненого ґрунту
відповідно до алгоритму способу**

Варіант	Втрати маси за:		Загальний вміст вуглеводнів нафти у ґрунті, %
	280 °C, %	500 °C, %	
Забруднений нафтою та нафтопродуктами ґрунт до ремедіації	27,41	10,55	37,96
Забруднений нафтою та нафтопродуктами ґрунт після ремедіації	10,16	5,15	15,31

Науково-технічну розробку апробовано (Mandryka and Samohvalova, 2015) та захищено охоронним документом (патент на корисну модель №103978 UA від 12.01.2016). Розробка може знайти застосування у сфері охорони природи в нафтогазопромисловому комплексі при встановленні ступеню забруднення ґрунту за експрес-аналізу ґрунтових проб; в агроекології, екоменеджменті ґрунтів за екологічного контролю техногенно забруднених ґрунтів земельних ділянок різного призначення та їх використання; у науково-дослідній практиці – для вивчення теплових процесів та властивостей ґрунтів; розробки науково-методичних основ моніторингу забруднених ґрунтів, екологічного нормування вмісту забруднювачів органічної природи у ґрунтах; регламентації використання і поліпшення якості ґрунтів та її контролю.

ВИСНОВКИ

Відмітними ознаками та перевагами запропонованого способу є такі:

- реалізація способу не потребує вартісних приборів, використання спеціального методу для визначення забруднювальної речовини (нафти та нафтопродуктів);
- алгоритм способу можливо реалізувати при відсутності незабрудненого аналогу (обстеження по трасі нафтопроводу, або в умовах строкатості ґрунтового покриву), на зразках забрудненого нафтою та нафтопродуктами ґрунту при їх масовій частці менше за 1 % та з різним вмістом гумусу і гранулометричним складом;
- дозволяє ідентифікувати як кількісні значення легких фракцій нафти, так і залишкових вуглеводнів, що характеризуються низькою рухомістю;
- забезпечує спрощення алгоритму визначення загального вмісту вуглеводнів нафти ґрунту з якими пов'язані найбільші екологічні ризики, зважаючи на їх високу рухомість у довкіллі та токсичність для живих організмів, прискорення визначення загального вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунтах з низькими концентраціями даних вуглеводнів та значним вмістом води у ґрунтах із зон нафтовидобутку за скорочення періоду урахування деградації органічних поллютантів у ґрунті до 1 місяця, вилучення з аналізу токсичних розчинників та інтеграції процесів на стадії пробопідготовки з отриманням економії у використанні ресурсів;
- забезпечує ефективну ідентифікацію джерела забруднення та діагностування ефективності проведення ремедіації нафтозабрудненого ґрунту.

* * *

Розробку здійснено в лабораторії охорони ґрунтів від техногенного забруднення ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» НААНУ. Роботу підтримано ТОВ «МАН ОІЛ ГРУП УКРАЇНА» за виконання науково-технічної роботи «Лабораторне моделювання процесу біоремедіації нафтозабруднених ґрунтів».

Автори висловлюють щиру подяку патентному повіреному ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського» науковому співробітнику Горякіній В. М. за сприяння та дієву допомогу в підготовці документації щодо розроблення нового технічного рішення та його інформаційно-аналітичного супроводження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Angehrn, D., Galli, R., Zeyer, J., 1998.** Physicochemical characterization of residual oil contaminants in bioremediated soil, *Environment Toxicology and Chemistry*, 17, 11, 2168–2175.
- Davydova, S. L., Tagasov, V. I., 2004.** Нефть і нафтопродукты в окружающей среде [Petroleum and petroleum products in the environment], Publishing House of the Peoples' Friendship University, Moscow (in Russian).
- DSTU 4287: 2004.** Yakist ґruntu. Vidbyrannia prob [DSTU (State Standard of Ukraine) 4287: 2004. The quality of the soil. Sampling] (in Ukrainian).
- DSTU 4289: 2004.** Yakist ґruntu. Metody vyznachannia orhanichnoi rechovyny [DSTU (State Standard of Ukraine) 4287: 2004. The quality of the soil. Methods for determination of organic matter] (in Ukrainian).
- DSTU ISO 10381-1:2004.** Yakist ґruntu. Vidbyrannia prob. Chastyna 1. Nastanovy shchodo skladannia prohram vidbyrannia prob [DSTU (State Standard of Ukraine) ISO 10381-1:2004. The quality of the soil. Sampling. Part 1. Guidance on sampling programming] (in Ukrainian).
- DSTU ISO 10381-2:2004.** Yakist ґruntu. Chastyna 2. Nastanovy z metodiv vidbyrannia prob [DSTU (State Standard of Ukraine) ISO 10381-2:2004. The quality of the soil. Part 2. Guidelines for sampling methods] (in Ukrainian).
- DSTU ISO 10381-5:2009.** Yakist ґruntu. Chastyna 5. Nastanovy z protsedury doslidzhennia miskykh i promyslovykh dilianok shchodo zabrudnenosti ґruntu [DSTU (State Standard of Ukraine) ISO 10381-5:2009. The quality of the soil. Part 5. Guidelines on procedures for the investigation of urban and industrial sites on soil contamination] (in Ukrainian).
- DSTU ISO 15009:2005.** Yakist ґruntu. Hazovo-khromatohrafichne vyznachennia vmistu letkykh aromatychnykh vuhlevodniv, naftalinu ta letkykh halohen vuhlevodniv [DSTU (State Standard of Ukraine) ISO 15009:2005. The quality of the soil. Gas chromatographic determination of the content of volatile aromatic hydrocarbons, naphthalene and volatile halogen hydrocarbons] (in Ukrainian).
- DSTU ISO/TR 11046-2001.** Yakist ґruntu. Vyznachannia vmistu olyv. Metod infrachervonoj spektrometrii i metod hazovoi khromatohrafi [DSTU (State Standard of Ukraine) ISO TR 11046-2001. The quality of the soil. Determination of oil. The method of infrared spectrometry and gas chromatography] (in Ukrainian).
- Ernestova, L. S., Vozzhennikova, V. I., Tarasova, L. A., 1978.** Vlianie vlazhnosti obrazca i temperatury jekstrakcii na izvlechenie nefteproduktov iz pochv [Influence of humidity and temperature of the sample extraction to extract oil from the soil], *Air and soil pollution. Proceedings of IEM. Moscow*, 9(82), 96–99 (in Russian).
- Gruzdskova, R. A., 1993.** Spektrofotometricheskoe opredelenie nefteproduktov v probah pochvy [Spectrophotometric determination of petroleum products in the soil samples], *Gigiena i sanitarija*, 3, 73–74 (in Russian).
- Klimova, N., 2006.** Deiaki pytannia metodyky otsinky stanu zabrudnennia ґruntiv unaslidok naftohazovydobutku [Some questions assessment methods of soil contamination due to oil and gas production], *Bulletin of Lviv. Univ. Geographical Series*, 33, 144–151. (in Ukrainian).
- Kurta, S. A., Luchkevych, Ye. R., Matkivskyi, M. P., 2012.** Khimiia orhanichnykh spolk [Chemistry of organic compounds], *Stefanik Prykarp. Nat. University, Ivano-Frankivsk* (in Ukrainian).
- Lompart, M., Li, K., Fingas, M., 1999.** Headspace solid phase microextraction (HS-SPME) for the determination of volatile and semivolatile pollutants in soils, *Talanta*, 48, 2, 451–459.
- Malley, D. F., Hunter, K. N., Webster, B. G., 1999.** Analysis of diesel fuel contamination in soils by near-infrared reflectance spectrometry and solid phase microextraction, *Gas Chromatography Journal of Soil Contamination*, 8(4), 481–489.
- Mandryka, O. V., Samohvalova, V. L., 2015.** Nekotorye aspekty ocenivaniia jekologicheskogo sostojaniia pochv v rezul'tate zagrizneniia nef'tju ili nefteproduktami [Some aspects of the evaluation of soil contamination ecological state due to oil or oil products], *Materials of All-*

Russian scientific-practical conference. dedicated to the N. M. Sibirtseva 155th anniversary and 120 anniversary of Aksenovskiy agricultural school (Ufa, RIO RUNMTS MO RB, 2015), 1, 80–85 (in Russian).

MVV 31-497058-009-2002. Grunty. Vyznachennia masovoi chastky naftoproduktiv v grunti metodom infrachervonoj spektroskopii [Soils. Determination of the mass fraction of oil in the soil by infrared spectroscopy] Methods of composition and properties of soil. Kharkov, 2004, 155–164. (in Ukrainian).

MVV 31-497058-017-2003. Grunty. Vyznachennia masovoi chastky naftoproduktiv u grunti za metodom hravimetrii [MVV 31-497058-017-2003. Soils. Determination of the mass fraction of oil in the soil by gravity method] Methods of composition and properties of soil. Kharkov, 2004, 165–174 (in Ukrainian).

Okolelova, A. A., Karaseva, A. S., Kunicyna, I. A., 2011. Metody opredelenija i rascheta organicheskikh polljutantov v neftezagrjaznennyh pochvah [Methods for determination and calculation of organic pollutants in contaminated soils], Basic Research, 3, 8, 687–689 (in Russian).

Okolelova, A. A., Zheltobryuhov, V. F., 2013. Nefteprodukty v pochvah i metody ih analiza [Petroleum products in the soil and methods of analysis], Volgograd State Technical University, Volgograd (in Russian).

Orlov, D. S., 1994. Pochvenno-jekologicheskij monitoring i ohrana pochv [Soil and environmental monitoring and protection of soil], MGU, Moscow (in Russian).

Pat. na korysnu model 51113 UA, 2002. Sposib vyznachennia ravnja zabrudnennia gruntu naftoiu ta naftoproduktamy [Pat. for useful model 51113 UA, 2002. The method of determining the level of soil oil contamination and oil products / Miroshnychenko M. M., Fatieiev A. I., Yakushko V. I., Myroshnychenko L. M., Nazarenko O. I., Kozhyna V. H., Pashchenko Ya. V. № 2002010143; publ. 15.11.2002; bul. № 11/2002. 3p.] (in Ukrainian).

Petrov, A. A., 1984. Uglevodorody nefi [Petroleum hydrocarbons], Nauka, Moscow (in Russian).

Roberts, R. M., Khalaf, A. A., 1984. Friedel Crafts Alkylation Chemistry: A Century of Discovery, Marcel Dekker. Inc. NY, 750 p.

Schmid George, H., 1996. Organic Chemistry. Mosby-Yearbook. Inc., 935 p.

Zylberman, M. V., Poroshina, E. A., Zyrjanova, E. V., 2004. Kompleksnaja otsenka vozdeystvija nefljanogo zagrjaznenija pochvy na ekologicheskoe sostojanie territorij [A comprehensive assessment of the impact of oil pollution on soil ecological condition of territories], Uspehi sovremennogo estestvoznaniya, 11, 42–43 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 04.07.2015

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

MONITORING AND REMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS



S. O. Gunko ✉

UDK 631.416.8:502.53

*Dniprodzerzhinsk State Technical University,
Str. Dniprobudivska, 2, Dneprodzerzhinsk,
Dnipropetrovsk region, Ukraine, 51918*

ECOLOGICAL PECULIARITIES OF CADMIUM DISPERSAL AT THE URBANIZED TERRAIN EDAPHOTOPES OF THE STEPPE DNEPER REGION (SHOWN BY DNIPRODZERZHINSK AS AN EXAMPLE)

Abstract. The objective of this research is the clarification of ecological peculiarities of cadmium dispersal at the urbanized terrain edaphotopes of Dniprodzerzhinsk. Heavy metals have been widely discussed in a huge number of researches. Special attention should be paid to cadmium as one of the most hazardous environmental toxic agents. There exist multiple data on cadmium content in various soil types of Ukraine, but until the present time there's no full information as for the accurate geochemical behavior of cadmium in the soils, as well as for the priority impact of one or another soil property upon its concentration in certain soil types – natural ones or anthropogenically modified ones. The applicability of such researches is first of all determined by the necessity to decrease the hazardous environmental consequences of soil contamination with cadmium, as well as to improve the living conditions of the population. Evaluation of the technology-related impact upon the city soil layer is of current concern in terms of monitoring that is corresponding to the modern tasks for the environmental condition control.

The article highlights the issue of ecological peculiarities of cadmium dispersal at the urbanized terrain edaphotopes of Dniprodzerzhinsk: variety of cadmium concentration being formed under the natural and anthropogenous influence in the soils of Dniprodzerzhinsk makes difficult to solve the problem of soil contamination with such chemical element. Soils with various content of cadmium can be found within the limits of the city, underneath the steppe vegetation. Content differentiation is attributed to rather diverse set of processes in the soil and to various properties of the soils. Edaphotopes of all studied right-bank urbanized terrains are cadmium contaminated to any extent. Cadmium content in the soil layer of the administrative districts of Dniprodzerzhinsk is ascending as follows: Dniprovsky district (0.6–9.9 mg/kg) – Baglii district (1.0–10.5 mg/kg) – Zavodsky district (1.5–10.8 mg/kg).

Evaluation of intensity of the technology-related geochemical abnormalities in the city soils has been provided by the abnormality level factor. The lowest (weak) soil contamination level can be observed within the edaphotopes of the left-bank area of Dniprovsky district of the city. High and very high soil contamination levels can be observed within the urbanized terrains of the right-bank part of the city at Baglii and Zavodsky districts (eastern, central and western areas).

✉ Tel.: +38067-259-66-79, e-mail: goonko@mail.ru

DOI: 10.15421/041517

Results of the statistical processing of the experimental material show the ratios of correlation of cadmium content and mechanical composition of the soil and humus. Absence of cadmium correlation with physical clay-fraction of soil, as well as close significant relation with humus enable us to associate its presence in the soils with biogenous accumulation, being also the evidence of the anthropogenous impact upon cadmium content in the soil layer.

Keywords: *cadmium, edaphotope, dispersal, geochemical abnormalities, urbanized terrains.*

УДК 631.416.8:502.53

С. А. Гунько

*Днепродзержинский государственный технический университет,
ул. Днепропетровская, 2, г. Днепродзержинск, Днепропетровская обл., Украина, 51918,
тел.: +38067-259-66-79, e-mail: goonko@mail.ru*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КАДМИЯ В ЭДАФОТОПАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СТЕПНОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ (НА ПРИМЕРЕ г. ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКА)

Аннотация. В глобальном масштабе происходит уменьшение загрязненности биосферы тяжелыми металлами, что обусловлено закрытием предприятий с застарелыми технологиями и строительством экологически чистых заводов. Сейчас наибольшую опасность представляет локальное загрязнение почв, которое в ряде случаев формирует техногенную геохимическую аномалию. Особого внимания заслуживает кадмий, как один из наиболее опасных токсикантов среды. Существуют многочисленные данные о содержании кадмия в разных типах почв Украины, но до сих пор нет полной информации о достоверном геохимическом поведении кадмия в них и о приоритетном влиянии того или иного почвенного свойства на его концентрацию в конкретных почвах – природных и антропогенно преобразованных. Актуальность подобных исследований обусловлена, прежде всего, необходимостью снижения угрожающих экологических последствий загрязнения почв кадмием и оптимизации условий жизни населения. Оценка техногенного действия на почвенный покров города актуальна в плане мониторинга, что отвечает современным задачам слежения за состоянием окружающей среды. Целью данной работы является выяснение экологических особенностей распределения кадмия в эдафотопях урбанизированных территорий г. Днепродзержинска – одного из промышленных центров Украины.

Ключевые слова: *кадмий, эдафотоп, распространение, геохимические аномалии, урбанизированные территории.*

УДК 631.416.8:502.53

С. О. Гунько

*Дніпродзержинський державний технічний університет,
вул. Дніпробудівська, 2, Дніпродзержинськ, Дніпропетровська область, Україна, 51918,
тел.: +38067-259-66-79, e-mail: goonko@mail.ru*

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ КАДМІЮ В ЕДАФОТОПАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я (НА ПРИКЛАДІ м. ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКА)

Анотація. В глобальному масштабі відбувається зменшення забрудненості біосфери важкими металами, що обумовлено закриттям підприємств із застарілими технологіями та будівництвом екологічно чистих заводів. Зараз найбільшу небезпеку становить локальне забруднення ґрунтів, яке в ряді випадків формує техногенну геохімічну аномалію. Особливої уваги заслуговує кадмій, як один з найнебезпечніших токсикантів середовища. Існують численні дані про вміст кадмію у різних типах ґрунтів України, але дотепер немає повної інформації про достовірну геохімічну поведінку кадмію в них і про пріоритетний вплив тої чи іншої ґрунтової властивості на його концентрацію в конкретних ґрунтах – природних і антропогенно перетворених. Актуальність подібних досліджень обумовлена, насамперед, необхідністю зниження загрозливих екологічних наслідків забруднення ґрунтів кадмієм та оптимізації умов життя населення. Оцінка техногенної дії на ґрунтовий покрив міста актуальна в плані моніторингу, що відповідає сучасним задачам слідкування за станом навколишнього

середовища. Метою даної роботи є з'ясування екологічних особливостей розподілу кадмію в едафотопі урбанізованих територій м. Дніпродзержинськ – промислового центру України.

Ключові слова: кадмій, едафотоп, розповсюдження, геохімічні аномалії, урбанізовані території.

ВСТУП

До сфери екологічного ґрунтознавства потрапляють найрізноманітніші проблеми, в тому числі забруднення ґрунтів важкими металами та металоїдами.

У Західній Європі та США проблема важких металів виникла з початком технічної революції, хоча її масштаби довго не усвідомлювались громадськістю. В 50–60 рр. XX ст. парламенти цих країн приймають жорсткі закони, які скеровані на підвищення якості життя, включаючи заходи з очищення повітря, води та ґрунту. В США Федеральний закон про державну політику в області навколишнього середовища був прийнятий в 1970 р. На базі цього комплексного закону в наступні роки з'явилися інші: про чисту воду, повітря, ґрунт. З їх прийняттям екологічна ситуація в країні різко змінилась на краще, викид нових поллютантів різко скоротився.

Заходи, що застосовуються в промислово розвинених країнах, сприятливо віддзеркалюються на екології планети. Але залишились місця, сильно забруднені в результаті попередньої нерозумної діяльності людини.

Таким чином, потрібно розрізняти глобальне, регіональне та локальне забруднення важкими металами.

Глобальне забруднення не є постійним, воно помітно змінюється з часом. Динаміку глобального забруднення вивчають по-різному.

В першій програмі глобального моніторингу в 1973 р. серед найбільш небезпечних елементів фігурувало три метали: ртуть, свинець і кадмій (Karpachevskij, 1993).

Після активного обговорення науковими колами проблеми росту забруднення навколишнього середовища важкими металами в Стокгольмі в 1982 р. сесія ООН прийняла підсумкові матеріали, що сприяло загальному зниженню забрудненості біосфери. В 1991 р. в журналі *Nature* опубліковано статтю «Зменшення антропогенних Pb, Cd і Zn у снігах Гренландії після 1960 років» (Boutron et al., 1991). В глобальному масштабі почалося зменшення забрудненості біосфери важкими металами, що обумовлено закриттям підприємств із застарілими технологіями та будівництвом екологічно чистих заводів.

Регіональне забруднення аналізують за зміною складу річкових, озерних і морських відкладень, які формуються за рахунок змиву дощовими і талими водами тонких ґрунтових частинок. В донних відкладеннях річок, озер і прибережних частин морів визначають уміст важких металів. Згідно з аналізом металів у мулах Рейну, який протікає через промислові райони Західної Європи, з кінця XVII ст. по 1975 р., концентрація хрому збільшилась в 9, купруму та плюмбуму – в 13, цинку – в 19, гідраргірису – 50 та кадмію – в 100 раз. Результатом стало введення більш жорстких екологічних законів. Вже на початку 80-років високі рівні вмісту металів у донних відкладеннях річок і озер суттєво знизились (Karpachevskij, 1993).

Зараз найбільшу небезпеку становить локальне забруднення ґрунтів, яке в ряді випадків формує техногенну геохімічну аномалію. З точки зору впливу на здоров'я людини та культуру ландшафту А. І. Перельман (Perelman, 1975) розрізняє три основних види техногенних аномалій: 1) корисні техногенні аномалії, які відіграють позитивну роль у культурному ландшафті; 2) нейтральні техногенні аномалії; 3) шкідливі техногенні аномалії, які обумовлюють негативні явища в культурному ландшафті. Останні аномалії потребують найбільшої уваги.

В Україні до числа найбільш забруднених регіонів відноситься Дніпропетровщина. До міст з несприятливим санітарним станом за рахунок забруднення важкими металами належить Дніпродзержинськ (Gunko, 2011). Місто є одним з промислових центрів України. Взаємодія потенційно небезпечних виробництв (підприємства металургійної, хімічної, машинобудівної, енергетики

та ін.) з природним середовищем і населенням утворює небезпечні локальні структурно-екологічні зони, які потребують відповідного регулювання.

Багаторічне надходження до компонентів міського середовища великих обсягів забруднень призвело до створення вкрай несприятливої екологічної ситуації, яка наразі набула масштабів екологічної кризи, в зв'язку з чим в 1997 році було видано Розпорядження Президента України № 235 / 97-рп від 11 червня 1997 року «Про еколого-економічний експеримент у містах Кривий Ріг, Дніпродзержинськ, Маріуполь і Запоріжжя», а також Постанова Кабінету Міністрів України від 28 квітня 1999 року № 715 з цього питання, згідно з якими було прийнято «Програму виходу з екологічної кризи міста Дніпродзержинська на 2000–2005 рр.». В рамках Стратегії розвитку Дніпропетровської області на період до 2020 року, затвердженої рішенням обласної ради від 26.10.2014 року № 561-27/VI, Стратегії розвитку міста Дніпродзержинськ міської ради на період до 2020 року, затвердженої рішенням Дніпродзержинської міської ради від 26.12.2014 року № 1162-58/VI, відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 06.08.2014 року № 358 «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2020 року» було розроблено програму «Екологічна програма міста Дніпродзержинськ на 2016–2020 роки».

Вивченню важких металів присвячено багато робіт. Докладно вивчені техногенні джерела важких металів Особливої уваги заслуговує кадмій, як один з найнебезпечніших токсикантів середовища. Існують численні дані про вміст кадмію у різних типах ґрунтів України, але дотепер немає повної інформації про достовірну геохімічну поведінку кадмію, про пріоритетний вплив тої чи іншої ґрунтової властивості на його концентрацію в конкретних ґрунтах індустріального міста – природних і антропогенно перетворених. Актуальність подібних досліджень обумовлена, насамперед, необхідністю зниження загрозливих екологічних наслідків забруднення ґрунтів кадмієм та оптимізації умов життя населення. Оцінка техногенної дії на ґрунтовий покрив міста актуальна в плані моніторингу, що відповідає сучасним задачам слідкування за станом навколишнього середовища.

Метою даної роботи є з'ясування екологічних особливостей розподілу кадмію в едафотопіях урбанізованих територій м. Дніпродзержинськ.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Як об'єкт використано едафотопі урбанізованих територій м. Дніпродзержинська. Територія міста історично поділена на дві частини: правий та лівий берег р. Дніпро. Для більш повної характеристики вмісту кадмію в ґрунтовому покриві правобережна частина міста умовно розділена на зони: східну, центральну та західну, лівобережжя розділенню не підлягало. У межах м. Дніпродзержинськ проведено ретельне ґрунтове обстеження, виділено 55 пробних площ, які дають найбільш повну характеристику урбанізованих територій за вмістом кадмію. Крім того, наведено екологічні особливості розподілу кадмію по адміністративним районам міста (Дніпровському, Баглійському, Заводському).

Теоретичні характеристики виконані за допомогою системного підходу до вирішення сучасних екологічних проблем у техногенно напружених районах, спрямовані на цілісне охоплення явищ забруднення едафотопів кадмієм. Експериментальні дослідження передбачали проведення польових дослідів за геоботанічними методиками, хімічний аналіз ґрунтів у лабораторії проводили за атестованими методиками з наступною математичною обробкою даних (Statistica 7.0). Валові форми важких металів визначали атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С–115 з атомізацією в повітряно-ацетиленовому полум'ї.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проблема забруднення компонентів навколишнього середовища, зокрема ґрунтів, кадмієм наразі набула виключної значимості у зв'язку з високою токсичністю цього важкого металу.

За вмістом кадмію в ґрунтовому покриві адміністративні райони міста Дніпродзержинська утворюють висхідний ряд: Дніпровський (0,6–9,9 мг/кг) – Баглійський (1,0 – 10,5 мг/кг) – Заводський (1,5 – 10,8 мг/кг) (рис. 1).

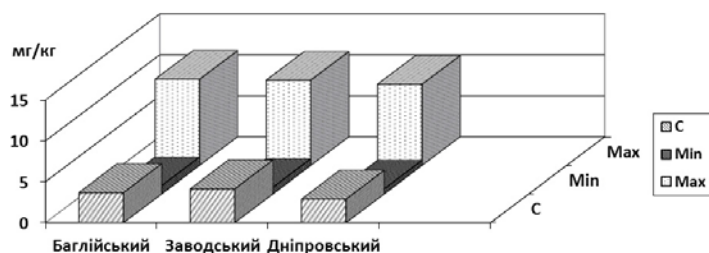


Рис. 1. Уміст кадмію в ґрунтах адміністративних районів м. Дніпродзержинська

Кадмій міститься у викидах деяких виробництв, а також автотранспорту (Tsvetkova and Klimenko, 2005). Ґрунти всіх досліджуваних нами правобережних урбосистем у тій чи іншій мірі забруднені кадмієм. Максимальна його кількість (10,8 мг/кг) виявлена в ґрунтах на території поблизу металургійного комбінату (Заводський район), мінімальна – 0,6 мг/кг – у ґрунтах селитебної зони Лівобережної частини міста. Досить високим вмістом кадмію характеризуються ґрунти міського звалища – 10,5 мг/кг (Баглійський район).

Різноманіття концентрації кадмію, яке формується під впливом природних та антропогенних факторів у ґрунтах Дніпродзержинську ускладнює вирішення проблеми забруднення ґрунтів таким хімічним елементом.

У межах одного міста під степовою рослинністю можуть траплятися ґрунти з різним умістом кадмію. Диференціація вмісту пов'язана з досить відмінним набором процесів у ґрунті та різноманітними властивостями ґрунтів.

Варіювання вмісту кадмію у ґрунтах міста сягає великих значень (табл. 1), що прогнозовано, адже великий розмах у значеннях його вмісту – типове явище для ґрунтів урбанізованих територій і пояснюється переважно нерівномірним випаданням елементу-забруднювачу з техногенними викидами і подальшим його перерозподілом під впливом природних чинників. Варіабельність вмісту у ґрунтах кадмію складає 69,8 %.

Таблиця 1

Статистичні характеристики вмісту валових форм кадмію в едафотонах м. Дніпродзержинська

Параметр	Cd
Середнє, мг/кг	1,787
Медіана, мг/кг	1,239
Стандартне відхилення, мг/кг	1,23
Максимум, мг/кг	10,5
Мінімум, мг/кг	0,652
Коефіцієнт асиметрії	2,17
Коефіцієнт ексцесу	5,62
Коефіцієнт варіації, %	69,8

Частотний розподіл вмісту кадмію характеризується сильно вираженою правосторонньою асиметрією, ексцесивність – сильна. Однією з причин асиметричності розподілу може бути неоднорідність сукупності, яка аналізується: вона може складатися з суміші двох або більше підсукупностей з відмінними статистичними характеристиками. Таким чином, можна зробити висновок, що під дією потужного техногенезу вихідна природна неоднорідність ґрунтів нівелюється через те, що природні ґрунти в місті набувають істотних перетворень. Отримані дані дозволяють зробити висновок, що в дослідженнях особливостей розподілу кадмію у ґрунтах, в тому числі і міських, слід обов'язково враховувати їхнє ландшафтне положення.

Ґрунти, завдяки своїй високій поглинальній здатності, є депонуючим середовищем. В урбанізованих територіях вони виконують важливу роль біогеохімічних бар'єрів на шляху техногенних потоків. В ґрунтово-хімічному моніторингу важливою складовою є виявлення геохімічних аномалій – ділянок, в межах яких фіксуються відмінні від фонових параметри розподілу важких металів (Tsvetkova and Klimentko, 2005).

Геохімічні аномалії кадмію, які були виявлені в ґрунтах м. Дніпродзержинська, за походженням є змішаними. В якості базових фонових величин, для визначення техногенних аномалій нами використовувався його середній вміст у ґрунтах Дніпропетровської області, який за літературними даними становить 1 мг/кг (Fatieiev and Pashchenko, 2003). Оцінка інтенсивності техногенних геохімічних аномалій в ґрунтах міста проводилась за показником рівня аномальності – коефіцієнтом концентрації K_c , який розраховувався як відношення вмісту кадмію в едафотопі досліджуваних урбанізованих територій (C_i) до його фонового вмісту (C_f).

Одним із завдань ґрунтово-хімічного моніторингу урбанізованих територій є визначення техногенних асоціацій металів, тобто елементів, вміст яких відрізняється від природного (фонові). В якості кількісної міри техногенних геохімічних аномалій в роботі використовувався запропонований (Muha and Sulima, 1998) показник забруднення (концентрації) ґрунтів (СПЗ/СПК) Z_c , який визначається як перевищення коефіцієнту концентрації кадмію над фоновим рівнем.

Таблиця 2

Коефіцієнти концентрації кадмію і сумарний показник забруднення в едафотопі урбанізованих територій м. Дніпродзержинська

Адміністративний район міста	Коефіцієнт концентрації кадмію (K_c)
Баглійський	3,67
Заводський	2,92
Дніпровський	2,87

Висока концентрація промислових підприємств у Центральній і Східній зонах міста (Баглійський та Заводський адміністративні райони) спричиняє високий рівень антропогенних навантажень на всі природні компоненти в них. Саме в цих зонах було зафіксовано аномально високий вміст кадмію, надходження якого пов'язане з викидами як промислових підприємств, так і високою концентрацією транспортних потоків. Ґрунти лівобережної частини Дніпровського району, навпроти, характеризуються невисоким вмістом важких металів.

Для оцінки ступеня забруднення ґрунтів важкими металами було розроблено оціночну шкалу за значенням СПЗ (Pasichnij and Serdjuk, 2002). Результати оцінки забруднення ґрунтів м. Дніпродзержинська кадмієм представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Оцінка ступеня забруднення Кадмієм ґрунтів урбанізованих територій м. Дніпродзержинська

Ступінь забруднення	Z_c	Адміністративний район
дуже слабкий	< 0,85	не виявлено
слабкий	0,85–1,7	Дніпровський (лівобережжя)
помірний	1,7–3,4	Заводський (правобережжя)
сильний	3,4–6,8	Заводський (правобережжя)
дуже сильний	40–80	Баглійський (правобережжя), Дніпровський (правобережжя)

Отже, найменшим рівнем забруднення ґрунтів (слабким) характеризувалися едафотопи Лівобережної зони Дніпровського району міста.

Сильним і дуже сильним рівнем забруднення ґрунтів характеризувалися урбанізовані території правобережної частини міста Баглійського і Заводського районів (східна, центральна та західна зони). Для більш чіткого уявлення екологічних особливостей розподілу кадмію в місті представлено карту коефіцієнтів концентрації кадмію в едафотопах урбанізованих територій (рис. 2).

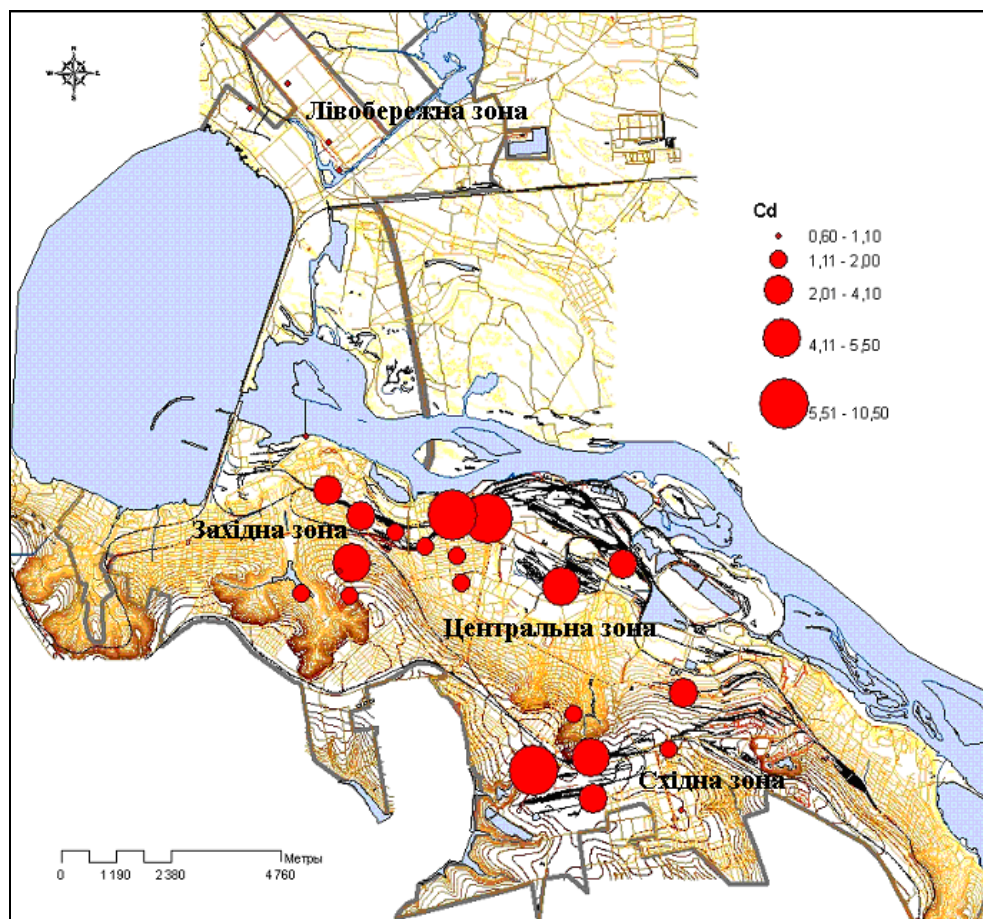


Рис. 2. Коефіцієнти концентрації кадмію в едафотопах урбанізованих територій м. Дніпродзержинська

Результати статистичної обробки експериментального матеріалу демонструють кореляційний зв'язок вмісту кадмію із гумусом. Знайдена кількісна залежність представлена рівнянням регресії. За незалежну змінну x прийнято вміст загального гумусу за y – вміст кадмію (мг/кг абсолютно сухого ґрунту). Встановлена величина коефіцієнту кореляції показала наявність математично доведеного зв'язку вмісту кадмію з гумусом ґрунту (показники кореляції: $r = 0,75$, рівняння регресії $y = 78x + 70$). Наявність тісного достовірного зв'язку кадмію з гумусом дають можливість пов'язати його знаходження у ґрунтах з антропогенним внеском.

ВИСНОВКИ

З'ясовано екологічні особливості розподілу кадмію в едафотопах урбанізованих територій м. Дніпродзержинська. Різноманіття концентрації кадмію, яке формується

під впливом природних та антропогенних факторів у ґрунтах Дніпродзержинську ускладнює вирішення проблеми забруднення ґрунтів таким хімічним елементом. У межах однієї території під степовою рослинністю можуть траплятися ґрунти з різним вмістом кадмію. Диференціація вмісту пов'язана з досить відмінним набором процесів у ґрунті та різноманітними властивостями ґрунтів. Едафотопи всіх досліджуваних нами правобережних урбанізованих територій у тій чи іншій мірі забруднені кадмієм. За вмістом кадмію в ґрунтового покриві адміністративні райони міста Дніпродзержинськ утворюють висхідний ряд: Дніпровський (0,6–9,9 мг/кг) – Баглійський (1,0–10,5 мг/кг) – Заводський (1,5–10,8 мг/кг).

Оцінка інтенсивності техногенних геохімічних аномалій в ґрунтах міста проводилась за показником рівня аномальності. Найменшим рівнем забруднення ґрунтів (слабким) характеризувалися едафотопи Лівобережної зони Дніпровського району міста. Сильним і дуже сильним рівнем забруднення ґрунтів характеризувалися урбанізовані території правобережної частини міста Баглійського і Заводського районів (східна, центральна та західна зони).

Результати статистичної обробки експериментального матеріалу демонструє коефіцієнт кореляції вмісту кадмію з гумусом. Наявність тісного достовірного зв'язку кадмію з гумусом дають можливість пов'язати його знаходження у ґрунтах з антропогенним внеском.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Boutron, C. F., Gorlasch, U. (ed.), 1991.** Decrease in anthropogenic lead, cadmium and zinc in Greenland snows since late 1960s, *Nature*, 353, 153–156.
- Fatieiev, A. I., Pashchenko, Y. V. (ed.), 2003.** Fonovyi vmist mikroelementiv u gruntakh Ukrainy [Background content of microelements in the soils of Ukraine], NNC «Instytut gruntoznavstva ta ahrokhimii im. O. N. Sokolovskoho», Kharkiv (in Ukrainian).
- Gunko, S. O., 2011.** Kadmij u gruntah m. Dniprodzerzhins'k [Cadmium in soils of Dniprodzerzhinsk], *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ecol.*, 2(1), 24–30 (in Ukrainian).
- Muha, V. D., Sulima, A. F., 1998.** Sootno-shenie sodержaniya tjazhelykh metallov v pochve i pochvoobrazujushhej porode kak kriterij ocenki zagriznennosti pochv [The ratio of heavy metals in the soil and the soil-rock as a criterion for evaluation of soil contamination], *Eurasian Soil Science*, 10, 1265–1270 (in Russian).
- Pasichnij, G. V., Serdjuk, S. M., 2002.** Geoeologichni monitoringovi doslidzhennja vmistu vazhkih metaliv u grutah tehnogenno zminenih landshaftiv (na prikladi m. Dniprodzerzhins'ka) [Environmental monitoring studies of heavy metals in soils technologically altered landscapes (for example, m. Dniprodzerzhyn'sk)], *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Geol. Geog.*, 4, 161–166 (in Ukrainian).
- Perelman, A. I., 2000.** Geohimija landshafta [Landscape geochemistry], Astereja, Moscow (in Russian).
- Tsvetkova, N. M., Klimenko, T. K., 2005.** Tehnogeni anomalii vazhkih metaliv u gruntah urbolandshaftiv stepovogo Pridniprova (na prikladi m. Dniprodzerzhins'ka) [Technogenic anomalies of heavy metals in soils urban landscape steppe Dnieper (for example, Dniprodzerzhynsk)], *Gruntoznavstvo*, 6, 1-2, 45–52 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 14.10.2015

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

LAND RECLAMATION



I. Kh. Uzbek ✉

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.618; 581.144.2;
631.461

*Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University,
Voroshilov str., 25, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49600*

SOME PROPERTIES OF MAN-MADE DNEIPER STEPPE ECOSYSTEMS

Abstract. Physico-chemical and hydrogeological properties of technogenic ecotope landscapes are unique in the world. Their development has created a new, completely unexplored problem of recultivation of disturbed lands. The ecological and biological evaluation of ecotypes is the leading place because it is the basis of targeted restoration of fertility of such anthropogenic tumors.

As tests for the development of waste quarry sectors in the long-term stationary trials there were tested 23 species of higher plants. In the steppe of Ukraine the greatest ecological and biological according to technogenic ecotopes showed alfalfa and sainfoin. They are plant-dominants, accumulate large quantities of biomass, creating pockets of concentrations of elements in soil fertility, improve the sanitary conditions of the surrounding area.

The nature translocational process in higher plants was identified. It completely depends on their biological features and is the creation of their root systems with the same structure and therefore their distribution in the thickness of elafotopos who are able to provide plants with nutrients and to produce the maximum possible efficiency in data soil-ecological conditions.

Alfalfa and sainfoin showed great ecological plasticity of root systems. On the poverty of ecotopes batteries they reacted by increasing the surface and length of roots. It is established that the saturation of ecotopes roots is directly proportional to their mass, and the surface root system and its length are values associated with root mass. With the depth of the absorbing working surface root systems increases.

The mathematical model of calculation of the ecological and biological characteristics of root systems of plants and progressive framework method of selection of soil monoliths with roots. After washing, the roots are reported to air-dry state and are distributed through the thickness of 4 factions: more than 5 mm, 5–1, 1–0,5 and less than 0.5 mm. This allows you to get an idea about the structure of the root system and its distribution in the thickness of ecotopes, as well as to determine the portion of the roots through which the greatest absorption of water and food items.

The features of the development of the underground part of plants that is the basis for the development of practical methods of influence on ecotopia. For example, alfalfa is useful for sodding slope plots dump pits or eroded fields, and sainfoin – to create water-stable structural units.

It is shown that the qualitative indicators of ecotopes strictly determine the morphology and aboveground and underground parts, as well as the number and weight of nodules in legumes.

In the thickness of ecotopes man-made landscapes is the basis for the creation of primary consorting relations are root systems of perennial leguminous grasses. They determine the structure of microbial cenosis and regulate the number of microorganisms. Adaptation of perennial legumes and soil microorganisms to the variability of environmental conditions in the deep ecotypes reflects their close interaction with the factors of this unique environment.

✉ Tel.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek_ivan@mail.ru

DOI: 10.15421/041518

Overburden, the unconsolidated rocks have a high stimulatory effect on the development of microorganisms. In 10–15 years after the removal of the "day" the surface sets up a pool of microorganisms and is manifested microbiological profile, the pattern of which reflects the diversity of ecotopia.

There was determined the intensity of decomposition of roots in a layer of technogenic ecotopes landscapes. It falls in the direction from the zonal soil to gray-green clay. For the year transformed to 80 % of the roots of alfalfa and to 66 % in winter wheat. First of all the thin roots of the legumes were destroyed in the spring.

It was shown increased sidorovskaya role of kulturpflanzen, especially species of alfalfa and sainfoin. They are plant-dominants and create pockets of concentration of the soil platoro-Diya. Soil formation begins with the surface, gradually spreading to the lower layers of ecotopes.

Key words: *technogenic landscape, reclamation, disturbed lands ecotope, microorganisms, roots of plants.*

УДК 631.618; 581.144.2; 631.461

И. Х. Узбек

д-р биол. наук, проф.

*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. Ворошилова, 25, г. Днепропетровск, Украина, 49600,
тел.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek_ivan@mail.ru*

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ СТЕПНОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ

Аннотация. Показано, что экотопы техногенных ландшафтов имеют высокий стимулирующий эффект для развития микроорганизмов. Культурфитоценозы способствуют увеличению их численности и стабилизации конструкции микробного сообщества на уровне, который соответствует физико-химическим свойствам экотопа.

Установлено, что основой создания первичных консортивных связей являются корневые системы доминантных растений, которые становятся очагами концентрации элементов почвенного плодородия.

Ключевые слова: *техногенный ландшафт, рекультивация, экотоп, микроорганизмы, корни растений.*

УДК 631.618; 581.144.2; 631.461

І. Х. Узбек

д-р біол. наук, проф.

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Ворошилова, 25, м. Дніпропетровськ, 49600, Україна,
тел.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek_ivan@mail.ru*

ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕХНОГЕННИХ ЕКОСИСТЕМ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я

Анотація. Показано, що екотопи техногенних ландшафтів мають високий стимулюючий ефект для розвитку мікроорганізмів. Культурфітоценози сприяють збільшенню їхньої чисельності та стабілізації конструкції микробного співтовариства на рівні, що відповідає фізико-хімічним властивостям екотопу.

Встановлено, що основою створення первинних консортивних зв'язків є кореневі системи доміантних рослин, які стають осередками концентрації елементів ґрунтової родючості.

Ключові слова: *техногенний ландшафт, рекультивація, екотоп, мікроорганізми, корені рослин.*

ВСТУП

Виробнича діяльність людини у гірничодобувній промисловості значно розширила площі порушених земель, ареал котрих, на жаль, вже давно охоплює сільськогосподарські угіддя. Такі роботи супроводжуються різким зменшенням кількості орних земель, на території яких утворюються техногенні ландшафти, що

представляють реальну загрозу здоров'ю місцевому населенню. Тому порушені землі потребують відновлення і повернення у подальше використання на благо людям.

У переважній своїй частині такі рекультивовані землі – це своєрідний, специфічний продукт сучасної виробничої діяльності людини. За великим рахунком – це *terra incognita* – невідома земля, що визначає необхідність її еколого-біологічного дослідження з урахуванням різних форм її використання.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Предметом наших досліджень були гірські породи Нікопольського марганцеворудного басейну: леси, лесоподібні суглинки, суміш лесоподібних суглинків і древньоалювіальних пісків, червоно-бура та сіро-зелена глини. У схему дослідів були введені й екотопи з лесоподібних суглинків, які покривались шарами родючої маси чорнозему різної потужності.

Досліди були крупноділяночними, закладеними методами, що враховують неоднорідність ґрунтового покриву.

За контроль прийнято староорне поле чорнозему південного, розташоване поруч з кар'єрами.

Дослідженнями охоплено понад 130 варіантів та їх похідних комбінацій, які у сукупності достатньо повно віддзеркалювали екологічну різноманітність техногенних ландшафтів степової зони України.

Як тести на швидкість ґрунтоутворювальних процесів в умовах рекультивованих земель випробувались 23 види вищих культурних рослин.

Для аналізу зразків порід, ґрунтів і коренів використовувалися апробовані, загальноприйняті фізико-хімічні (Arinushkina, 1970), мікробіологічні (Babeva and Agre, 1971) та біохімічні методи аналізу (Galstyan, 1978). Масу коренів визначали за вдосконаленою нами методикою (Uzbek, 2002).

Отримані дані досліджень піддавали математичній обробці, результати якої дозволяють вважати їх вірогідними.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Багаторічні спостереження науковців свідчать про те, що природа сама намагається залікувати нанесену людиною їй рани і відновлює ці порушені землі шляхом створення біоценозів.

Як показали наші дослідження (Uzbek, 1977), першими в товщі відвальної маси поселяються мікроорганізми. Переробляючи залишки рослин і тварин, мікроорганізми змінюють склад рідкої і газоподібної фаз ґрунту та сприяють акумуляції елементів ґрунтової родючості, яка обумовлена своєрідними відносинами, що виникають у системі екотоп-мікроорганізми-коріння.

Характерним для умов, в яких протікає життєдіяльність мікроорганізмів у товщі екотопів, є різноманіття поєднань різних екологічних факторів. Насамперед, специфічність накопичення та розподілу рослинних решток у товщі екотопів, що робить вивчення ґрунтових мікроорганізмів і динаміки їх чисельності ще більш важливим. Саме тому можна вважати, що чим більше мікроорганізмів в тому чи іншому шарі екотопу, тим інтенсивніше іде процес формування біогеоценотичних горизонтів і накопичення елементів ґрунтової родючості. При цьому величина чисельності мікроорганізмів є одним з найважливіших елементів еколого-біологічної оцінки створених на відвалах ґрунтів.

Характерно, що в усіх зразках найпоширеніших гірських порід у степовому Придніпров'ї (лесоподібні суглинки, червоно-бура і сіро-зелена глини), відібраних відповідно з глибини 4, 5, 12 і 33 м, загальна кількість мікроорганізмів складала у лесоподібному суглинкові 3, а у червоно-бурій глині 2 тис. на 1 г абсолютно сухої наважки. У зразках із сіро-зеленої глини вони відсутні. Отже, в процесі виїмки і укладання на «денну» поверхню гірських порід вони практично стерильні. Цей

проміжок часу цілком можна прийняти за нуль-момент формування мікробного ценозу. Його структура і чисельність в цей час визначаються аборигенними штамми мікроорганізмів, які присутні в процесі проведення гірничотехнічного етапу рекультивації

Надалі інокуляція порід спорами і клітинами мікроорганізмів відбувається інфікованим матеріалом еолового походження і розчинними органічними речовинами з дощовою водою до рівня надлишкового пулу. Цей процес закінчується вже через 5–7 років після планування поверхні відпрацьованої території кар'єру. Причому, найбільш інтенсивна інокуляція екотопів мікроорганізмами відбувається навесні і восени, тобто в період проведення сільськогосподарських робіт на сусідніх староорних землях.

На підтвердження цього нами протягом декількох років проводилися спеціальні дослідження, які показали, що в умовах Запорізької навчально-дослідної біоекологічної станції моніторингу техногенних ландшафтів (Нікопольський район Дніпропетровської області) всього за 30 хвилин з повітря потрапляє у чашки Петрі з живильним середовищем і проростає в середньому за рік 270 спор і клітин мікробів.

Саме через це вже через 7 років в товщі екотопу (без рослинності і добрив) нараховується певна кількість мікроорганізмів, представлених неспоривими формами. Їх чисельність залежить від фізико-хімічних властивостей екотопу і піддана значним коливанням у зв'язку із сезонними змінами екологічних умов. Як правило, в шарі 0–20 см завжди нараховувалось більше мікроорганізмів, ніж у шарі 20–40 см.

Розчинення мікроорганізмами мінералів гірських порід, а також гідротермічні умови сприяють тому, що в товщі екотопу кількість мікроорганізмів навесні різко збільшується і досягає свого максимуму наприкінці травня-на початку червня, з подальшим стрибкоподібним зниженням до осені.

Вже через 7 років після планування поверхні відвалу, у верхньому 20-сантиметровому шарі лесоподібних суглинків нараховувалося 21 млн. мікроорганізмів, що виявлені на МПА, а у червоно-бурих, сіро-зелених глинах і у нанесеному на лесоподібний суглинок шарі чорнозему відповідно 35, 64 і 367 млн. на 1 г абсолютно сухої наважки.

Отже, чисельність мікроорганізмів залежить від якісних показників екотопу і його реакції на атмосферні явища (дощ, град, вітер, посуха тощо). Підтвердженням цьому є збіг періодів підйому і спаду чисельності мікроорганізмів у різних за якісними показниками екотопах.

Одночасно із мікроорганізмами на поверхню відвалів кар'єрів поселяється і насіння аборигенних видів рослин. Приживаються, насамперед, бобові (Gorobets, 1975). Не випадково в зоні розташування кореневих систем, наприклад, люцерни і еспарцету мікроорганізмів у десятки разів більше, ніж у породах без рослин. Це пояснюється тим, що на поверхні коренів бобових трав виділяються органічні речовини, які і сприяють розширенню видового складу мікроорганізмів. Саме ця обставина забезпечує взаємозв'язок усіх компонентів екосистеми, при якій найбільш ефективно використовуються ресурси екотопу.

У всякому випадку, техногенне середовище практично не обмежує розвинення мікроорганізмів і створює умови для їх розмноження у великих кількостях. Причому в ризосфері рослин відбуваються постійні зміни та поповнення складу ґрунтових мікроорганізмів, тобто біологічна активність екотопів дуже динамічна.

При всьому при цьому, слід зазначити, що в товщі екотопів безліч незаселених мікрозон з притаманними тільки їм екологічними умовами, часто цілком придатними для заселення мікрофлорою. Проникаючи в такі мікрозони, ґрунтові мікроорганізми руйнують мінерали гірських порід до створення елементів живлення рослинам. На цю обставину звертав увагу ще В. Л. Омелянський (Omelyanskij, 1925). Він стверджував, що мікроорганізми володіють засобами незмірно більш енергійними для руйнування мінералів, ніж реакції, на яких базується суто хімічне вивітрювання.

Окрім цього, рівновага, яка встановлюється між мікроорганізмами і середовищем, постійно порушується внаслідок добових і сезонних змін гідротермічного режиму, вмісту органічної речовини, значення рН і т.д. Це особливо відчутно на ділянках рекультивації, де екосистеми тільки починають формуватися, і їх розвиток багато в чому залежить від якісних показників екотопу. Тому еволюція системи екотоп - мікроорганізми – коріння рослин відбувається в напрямку збільшення щільності живої речовини та посилення її впливу, насамперед, на мінеральну частину екотопу. Отже, екосистема буде тим стійкішою, чим більше функціонально різномірних організмів увійде до її складу.

Як свідчать багаторічні дослідження (Masuk, 1968; Uzbek, 1969), реальним засобом інтенсифікації цього процесу є впровадження культурфітоценозів (агрофітоценозів, лісових насаджень і т.д.), які спроможні стабілізувати рухляк кар'єрних відвалів та відродити розвиток ґрунтоутворення. В цьому надзвичайно складному процесі починають формуватися мікробо-рослинні асоціації через зараження екотопів клітинами мікробів і насінням рослин.

Цікаво, що трав'янисті угруповання представлені рослинністю з більш-менш зімкнутим травостоєм (Bekarevich et al., 1971), утвореним в основному багаторічними мезофільними (середнього рівня водоспоживання) рослинами, а іноді і гігрофільними травами, які мають зимову перерву або різке зниження вегетації узимку.

Веgetаційний період рослин, які здатні пристосуватися до техногенного середовища степового Придніпров'я, проходить нормально без літньої депресії. Навіть на породах різного зволоження (від сухих до сирих), різного багатства (від бідних до багатих) і з неоднаковим вмістом легкорозчинних солей (від прісних до середньозасолених).

Такі різні умови екотопів створюють і різні біокосні системи (біогеоценози), які складаються з декількох угруповань організмів (біоценозів) і властивого їм косного середовища (екотопу). У свою чергу екотоп складається з наземного середовища (аеротопу) і з ґрунтових умов (едафотопу). При цьому у біоценози входять дві групи організмів: автотрофи (зазвичай, це фототрофи) і гетеротрофи. Фототрофи – це зелені рослини, які через фотосинтез поглинають та акумулюють у своїй масі сонячну енергію. Цю органічну масу поїдають гетеротрофи і, тим самим, отримують енергію сонячного променя. Отже гетеротрофи енергетично залежать від фототрофів і не здатні існувати без них. Завдяки саме цієї енергії гетеротрофи здійснюють мінералізацію органічних речовин до утворення елементів мінерального живлення, якими і користуються автотрофи.

Отже, в умовах техногенного середовища автотрофи і гетеротрофи приречені на спільне існування, яке згодом стає рушійною силою виникнення й інтенсивного розвитку ґрунтоутворення. Цей складний і довготривалий процес здійснюється завдяки, так званих, консортивних зв'язків між автотрофами і гетеротрофами, які налагоджуються в екотопі. Отже, консорції це сполучення самостійно існуючих популяцій рослин і зв'язаних з ними живильними і іншими відносинами гетеротрофів.

Окрім останніх в консорцію входять організми, які використовують автотроф для прикріплення (епіфіти), або як джерело для живлення (автотрофні полупаразити). Отже, консорція складається з автотрофної рослини (детермінант консорції) і пов'язаних з ним консортів (гетеротрофів, епіфітів і т.д.).

В товщі екотопу роль кожного консорту є істотним чинником навколишнього середовища. Саме рештки рослин-домінантів створюють осередки концентрації мікроорганізмів. Тому так багато їх і налічується в зоні кореневих систем. Спроможність мікроорганізмів жити на поверхні коренів, живитися їхніми виділеннями, трансформувати органічні речовини і є основними чинниками для виникнення саме в ризосфері рослин численних консортивних зв'язків.

В умовах техногенного середовища степового Придніпров'я спочатку формуються первинні консорції, в яких детермінантами, зазвичай, служать багаторічні бобові трави (люцерна та еспарцет). В подальшому система консортивних зв'язків стає різноманітною і дуже складною. Саме вона сприяє нормальному розвитку рослин, накопиченню великої кількості фітомаси і інтенсивній біологізації екотопів. Тому багаторічні бобові трави і стають опорними осередками концентрації елементів ґрунтової родючості.

Характер консортивних зв'язків визначається біологічними особливостями рослин і екологічними можливостями екотопу. Це і відбивається в загальному процесі перетворення самого середовища. Внаслідок диференційованого розташування і впливу коренів та мікроорганізмів екотоп здобуває властиву тільки йому специфічну будову профілю.

Проте головна функціональна роль консорцій полягає в тому, що вони сприяють створенню в товщі екотопів біогеоценотичних горизонтів, які є складовими частинами біогеоценозів. Між біогеоценозами встановлюються взаємозв'язки шляхом обміну живими організмами, енергією, органічними і мінеральними речовинами і т. ін. Це і є першопричиною початку ґрунтоутворення з поверхні екотопів, де міжбіогеоценозна міграція речовин особливо прогресує, бо пов'язана з рухом води та повітря, отже й елементів живлення.

Багаторічні дослідження науковців Дніпропетровського аграрно-економічного університету (Masuk, 1968; Uzbek, 1969; Gorobets, 1975; Voloh, 1985) свідчать про те, що в умовах техногенного середовища найбільшу фітомеліоративну роль виконують бобові трав'янисті угруповання, які перетворюють середовище не тільки свого місцеперебування, але і ландшафтно-сполучених з ними біогеоценозів. Тут особливого значення набуває інпульверизаційний процес.

Стерньові рештки рослин затримують зимою більше снігу порівняно з ділянками без стерні. Наприклад, стерня люцерни і еспарцету затримує взимку на 5–7 см більше снігу, чим ділянки без стерні. Тут за осінньо-зимовий і весняний періоди накопичується 600–800 м³/га вологи, що сприяє опрісненню (особливо третинних глинистих відкладень) і обводненню не тільки ділянок, де зростають люцерна і еспарцет, але й деякої частини суміжної території.

У весняно-літній період, коли можливі сухоті і курна буря, стерньові рештки створюють захисну зону, що затримує багаті живильними речовинами наноси із сусідніх сільськогосподарських угідь.

Окрім цього, стержневе коріння рослин сприяє стабілізації екотопів, тобто закріпленню пухких гірських порід, що легко піддаються водній і вітровій ерозії. У такий спосіб посіви люцерни і еспарцету забезпечують собі стійке існування, навіть в несприятливих екологічних умовах техногенного середовища.

Однак найважливішим є те, що люцерна і еспарцет вже на 3-му році життя накопичують у метровому шарі екотопів близько 11 т/га коренів (повітряно-суха маса), з яких 74–87 % зосереджується в шарі 0–40 см. Отже, корені рослин густо пронизують верхній пухкий шар екотопів і тісно контактують з твердою фазою. Кожен грам таких коренів (наприклад, еспарцету) відповідає довжині 11–19 м і площі у 85–147 см².

Інтенсивний ріст кореневої системи рослин люцерни і еспарцету, посилене їх розгалуження та формування великої кількості тонких корінців неминуче призводять до збільшення загальної довжини коренів. Так, на площі в 1 га тільки у верхньому 40-сантиметровому шарі неудобрених червоно-бурих глин довжина коренів еспарцету перевищувала 100000 км. (2,5 довжин екватору). Причому, частка найтонших корінців діаметром менше 0,5 мм становила 95–99 % загальної довжини. Це дуже суттєвий показник розвитку підземної частини багаторічних бобових трав, оскільки процес поглинання води і поживних речовин кореневою системою відбувається за рахунок поверхневої адсорбції.

Як показали наші дослідження (Uzbek, 1977), розкладання мікроорганізмами органічного матеріалу бобових рослин сприяє інтенсивному накопиченню елементів ґрунтової родючості. Разом з бульбочковими бактеріями та вільноіснуючими азотфіксаторами корені, скажімо, люцерни накопичують, наприклад, у шарі 0–20 см у середньому 350 кг/га азоту, 45 кг фосфору, 110 кг калію і 290 кг/га кальцію.

До всього вище сказаного необхідно додати і те що культурфітоценози з бобових рослин інтенсивно сприяють накопиченню ферментів, які за активністю розташовуються в такий ряд: а) гідролітичні: фосфатаза – інвертаза – уреаза; б) окисно-відновні: дегідрогеназа – каталаза.

Спрямованість біохімічних процесів у товщі техногенних екотопів відбувається так само, як і у зональному непорушеному чорноземі: превалюють реакції гідролізу органічних сполук. Процеси синтезу гумусових речовин здійснюються повільно.

ВИСНОВКИ

1. Формування екотопів техногенних ландшафтів неминуче супроводжується утворенням в їх товщі численних мікророзон, які тут же інтенсивно заселяються аборигенними штамми мікроорганізмів і насінням рослин. Саме вони беруть безпосередню участь у формуванні і регулюванні практично всіх властивостей екотопів.

2. Динаміка загальної чисельності мікроорганізмів обумовлена складним характером взаємин, що складаються між мікроорганізмами, корінням рослин і фізико-хімічними властивостями екотопів, які піддаються постійному впливу виробничою діяльністю людини і атмосферних чинників

3. Пізнання особливостей розвитку мікроорганізмів і коренів рослин в товщі екотопів дозволяє визначити направленість ґрунтоутворення, оскільки вони входять до його складу як абсолютно невід'ємна і разом з тим найменш вивчена частина.

4. Експериментально доведено, що еколого-біологічні характеристики кореневих систем рослин, чисельність ґрунтових мікроорганізмів та рівень ферментативної активності екотопів є реальними природними діагностичними тестами для об'єктивного контролю за станом верхньої товщі рекультивованих земель.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Arinushkina, E. V., 1970. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guidance on chemical analysis of soils], Moscow State University, Moscow (in Russian).

Babeva, I. P., Agre, N. S., 1971. Prakticheskoe rukovodstvo po biologii pochv [Practical guidance on soil biology], Moscow State University, Moscow (in Russian).

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

Galstyan, A. Sh., 1978. Opredelenie aktivnosti fermentov pochv [Determination of soil enzyme activities], Yerevan (in Russian).

Gorobets, N. D., 1975. Issledovaniia po selskokhoziajstvennoj rekultivatsii territorij, narushennykh otkrytymi razrabotkami margantsa v Nikopolskom margantserudnom bassejne [Studies on the agricultural reclamation areas, broken open manganese

developments in the Nikopol manganese ore basin], Abstract of dis. ... Cand. Agricultural Sciences, Dnepropetrovsk (in Russian).

Masuk, M. T., 1968. Izuchenie rastitelnosti, porod i obrazhuishchikhsia pochv na uchastkakh otkrytykh razrabotok v Nikopolskom margantserudnom bassejne (materialy k biologicheskoy recultivatsii) [The study of vegetation, rocks and soils formed in the areas of public development in the Nikopol manganese ore basin (materials to biological reclamation)], Abstract of dis. ... Cand. Biol. Sciences, Dnepropetrovsk.

Omelyanskij, V. L., 1925. Puti razvitiia mikrobiologii v Rossii [Ways of development of microbiology in Russia], Microbiology, Materials of 8 Congress bacteriologists, 13–24 (in Russian).

Uzbek, I. Kh., 1977. Opredelenie chislenosti mikroorganizmov na rekultiviruemykh uchastkakh [Determination of the number of microorganisms on the recultivated areas], New

in biology, breeding and farming techniques of field and horticultural crops, DSKhI, 36, 104–110 (in Russian).

Uzbek, I. Kh., 2002. Metod vyvchennia korenykh system roslyn [The method of studying root systems of plants], Visnyk of Agrarian science, 10, 27–30 (in Ukrainian).

Uzbek, I. Kh., 1969. Vozdelyvanie nekotorykh selskokhoziajstvennykh kultur na porodakh otkrytykh razrabotok margantsa v Nikopolskom rajone Dnepropetrovskoj oblasti [The cultivation of certain crops on rocks

opencast manganese centuries in Nikopol district of Dnepropetrovsk region], Abstract of dis. ... Cand. Biol. Sciences, Dnepropetrovsk (in Russian).

Voloh, P. V., 1985. Rekultivatsiia otrabotannykh karerov Malyshevskogo mestorozhdeniia polimetallicheskich rud s vzdelyvaniem na nikh selskokhoziajstvennykh kultur [Reclamation of waste pits Malyshevskoe deposits of polymetallic ores with the cultivation of crops to them], Abstract of dis. ... Cand. Agricultural Sciences, Kamenetz-Podolsk (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 08.10.2015

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

LAND RECLAMATION



V. M. Zverkovsky  Dr. Sci. (Biol.), Professor
O. S. Zubkova

UDK 581.5(477.56)

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

DYNAMICS OF MINE ROCKS AND ARTIFICIAL SOILS PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS UNDER THE IMPACT OF LONG-TERM RECLAMATION

Abstract. The physicochemical characteristics of mine rocks and artificial soils of forest recultivation plot № 1 of «Pavlogradska» main were studied. The absorbed moisture, maximal absorbed moisture, volume weight, unit weight, porosity of soils, content of water-soluble elements, pH of soils' solutions, salinity and wilting point of plants were described. The dynamics of mine rocks and artificial soils physicochemical characteristics, which have an influence on forests suitability and silvicultural effect, gradually changing due to long-term reclamation, were ascertained.

Variants of artificial soils, created on the experimental forest recultivation plot, have qualitative differences from natural etalon soils, disturbed destructive soils and differences between themselves.

During the creation of various soil constructions at the technical stage of recultivation it is often not taken into account the possible distant consequences that arise in connection with the dynamic features of the climate, topography, lithology, hydrology and other indicators of technogenic landscapes. Due to the functioning of these soil constructions on the biological stage of recultivation there are significant changes in physical properties and processes, occurring in the remediation root layer, therefore the monitoring of pedogenesis and evolution of these structures becomes relevant. Tehnozems, formed during reclamation process, are significantly different from zonal soils in the level of fertility (trophicity), physical, water-physical, agrochemical and other important ecosystem indicators. Spatial variability of artificial soils properties leads to a diversity of ecological conditions of mikrobocenosis, phytocenosis and zoocenosis functioning on the recultivation plots.

The most important properties for evaluation of the prospects of ways and methods of mine dumps forest reclamation are the following physico-chemical parameters of mine rock and artificial soils as the actual acidity, content of water-soluble salts and humus, fraction composition of the clay fraction, mechanical (granulometric) composition, water-physical properties within a recultivation layer.

The aim of the research is investigation of the dynamics of physico-chemical properties and forests suitability of bulk substrates on the forest recultivation plot № 1 of «Pavlogradska» main, with area of 3.2 hectares, where different constructions of forest plantations are being tested since 1976 on the different versions of artificial soils. The novelty of the work is that the findings substantiate the environmental assessment of artificial soils properties dynamics under influence of the long-term biological remediation.

Over a long period of reclamation an acidity of main rock remains exceeding because of high sulphates content (up to 3,1 %). Salinity of substrates, contacting with main rock, decreased by 14–22 %

 Tel.: +38095-330-84-92, e-mail: zverkovsky@yahoo.com

DOI: 10.15421/041519

in comparison with an initial salinity due to water-soluble salts migration and reclamation influence of experimental forest cultures.

Bulk soil constructions on mine dumps of the forest recultivation plot in the steppe conditions can be attributed to humus-accumulative *tehnozems* with gradually increasing silvicultural effect.

Key words: *reclamation, recultivation, main rock, artificial soils, physicochemical characteristics.*

УДК 581.5(477.56)

В. Н. Зверковський д-р біол. наук, проф.
Е. С. Зубкова

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Дніпропетровськ, Україна, 49010,
тел.: +38095-330-84-92, e-mail: zverkovsky@yahoo.com*

ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШАХТНОЙ ПОРОДЫ И ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Аннотация. Исследованы физические и химические свойства шахтной породы и искусственных почв участка лесной рекультивации № 1 шахты «Павлоградская»: гигроскопическая влага почвы, максимальная гигроскопическая влага, влажность завядания растений, объемный вес почвы, удельный вес почвы, пористость, pH почвенного раствора, содержание водорастворимых элементов и степень засоления.

Определена динамика физических и химических свойств шахтных пород и искусственных почво-грунтов, влияющая на их лесопригодность и лесорастительный эффект, которые постепенно изменяются вследствие длительных рекультивационных мероприятий.

Ключевые слова: *рекультивация, шахтная порода, искусственные почво-грунты, физико-химические свойства.*

УДК 581.5(477.56)

В. М. Зверковський д-р біол. наук, проф.
О. С. Зубкова

*¹Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010,
тел.: +38095-330-84-92, e-mail: zverkovsky@yahoo.com*

ЗМІНИ ФІЗИЧНИХ І ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШАХТНИХ ПОРІД ТА ШТУЧНИХ ҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ДОВГОТРИВАЛОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

Анотація. Досліджено фізичні та хімічні властивості шахтних порід і штучних ґрунтів ділянки лісової рекультивації № 1 шахти «Павлоградська». Охарактеризовано гігроскопічну вологу ґрунту, максимальну гігроскопічну вологу, вологість в'янення рослин, об'ємну масу ґрунту, питому масу, порізність, pH ґрунтового розчину, вміст водорозчинних елементів та засоленість.

Встановлено зміни фізичних та хімічних властивостей шахтних порід і штучних ґрунтів, що впливають на лісопридатність і лісорослинний ефект, які проявляються внаслідок довготривалих рекультиваційних заходів.

Ключові слова: *рекультивация, шахтна порода, штучні ґрунти, фізико-хімічні властивості.*

ВСТУП

При освоєнні порушених земель виникає проблема забезпечення прогресивного розвитку штучних біогеоценозів, до важливих компонентів яких відносять ґрунти.

При створенні різних ґрунтових конструкцій на технічному етапі рекультивації земель часто не враховуються можливі віддалені наслідки, які виникають у зв'язку з особливостями клімату, рельєфу, літології, гідрології та інших показників

техногенних ландшафтів (Travleev et al., 1984; Grytsan, 2000). У результаті функціонування цих конструкцій на біологічному етапі рекультивації до фізичного вивітрювання шахтних порід додається потужний біогенний фактор первинного ґрунтоутворення, відбуваються значні зміни фізичних властивостей та процесів, які протікають у рекультиваційному кореновому шарі, тому набуває актуальності моніторинг процесів розвитку та еволюції таких конструкцій (Zverkovskiy, 1977; Didukh et al., 2008). Техноземи, які сформовані в процесі рекультивації, значно відрізняються від зональних ґрунтів рівнем родючості (трофністю), фізичними, водно-фізичними, агрохімічними та іншими екосистемно важливими показниками (Travleev et al., 1984; Androchanov et al., 2000). Просторова мінливість штучних ґрунтів призводить до строкатості екологічних умов функціонування мікробо-, фіто- і зооценозу на ділянках рекультивації (Eterevskaia, 1989).

Незважаючи на наявність багатьох публікацій, присвячених техноземам, їх водно-фізичні та фізико-хімічні властивості ще недостатньо вивчені, адже саме вони є критерієм розвитку штучних ґрунтів, їх еволюційних змін. Тому виникає нагальна потреба в дослідженні водно-фізичних та фізико-хімічних показників, в аналізі їх сучасного стану, просторової і часової динаміки на стаціонарних ділянках рекультивації, що важливо для прогнозування їх подальшого еволюційного розвитку (Travleev et al., 2005).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились на ділянці лісової рекультивації № 1 породного відвалу вугільної шахти «Павлоградська» (рисунк), де з 1976 року випробовуються різні варіанти рекультиваційного шару та конструкції деревних і чагарникових насаджень. Проби для досліджень відбиралися в липні 2015 р. в 4 розрізах на варіантах штучних ґрунтів в насадженні клена гостролистого.

Для з'ясування фізичних та хімічних властивостей штучних ґрунтів визначали: гігроскопічну вологу, максимальну гігроскопічну вологу, об'ємну вагу, питому вагу, порізність, вміст водорозчинних елементів, засоленість та рН ґрунтового розчину.

Максимальну гігроскопічність ґрунту визначали адсорбційним методом (Vadjunina, Korchagina, 1986), вологість в'янення розраховували, приймаючи перевідний коефіцієнт 1,50; об'ємну масу (щільність) – методом парафінування, оцінку щільності – за класифікацією Н. А. Качинського (Kachinskiy, 1970). Щільність твердої фази ґрунту визначали за допомогою пікнометричного методу, величину загальної пористості – за даними загальної щільності та щільності твердої фази ґрунту.

Визначення вмісту водорозчинних елементів ґрунтової витяжки проводили за Є. В. Аринушкіною (Arinushkina, 1970): сульфат-іони – за допомогою метода фотоколориметрування водної витяжки ґрунту, хлорид-іони – за аргентометричним методом Мора, карбонат-іони, Ca^{2+} і Mg^{2+} – методом титрування, Na^{+} і K^{+} – за полум'яно-фотометричним методом. Водна витяжка ґрунту була отримана за допомогою центрифугування, вимірювання рН здійснювалося на потенціометрі «рН-340».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЮВАННЯ

Ґрунту властиві об'ємні та поверхневі переміщення води. Одні пов'язані з транзитною системою капілярних пор, інші – з гігроскопічністю твердої фази, яка зумовлює товщину водних плівок та їхню щільність. Товщина гідратних оболонок залежить від гранулометричного складу, відносної вологості повітря та мінералогічного складу ґрунту (Rode, 1965; Dragan, 2012).

На різних варіантах штучних ґрунтів ділянки лісової рекультивації вміст гігроскопічної вологи по профілю ґрунту неоднаковий і коливається у значних межах: чорноземні ґрунти – від $4,02 \pm 0,05$ до $4,99 \pm 0,07$ %, суглинки – від $3,25 \pm 0,06$ до $3,52 \pm 0,11$ %, пісок – від $0,85 \pm 0,05$ до $1,49 \pm 0,08$ %, шахтна порода – від $3,74 \pm 0,12$ до $4,05 \pm 0,13$ %.

На відміну від гігроскопічної вологи, на яку впливає варіація зовнішніх факторів, максимальна гігроскопічна волога є більш сталим показником, який залежить від дисперсності, гранулометричного складу та питомої поверхні механічних елементів ґрунту (Kachinskiy, 1970). З максимальною гігроскопічною вологою ґрунту тісно корелюють міцелярна пористість первинних елементів (Didukh, 2008), його глинистість, волога в'янення рослин та інші гідрологічні властивості ґрунту. Встановлено, що значення максимальної гігроскопічної вологи коливається в межах: чорноземні ґрунти – від $6,19 \pm 0,06$ до $7,54 \pm 0,06$ %, суглинок – від $5,96 \pm 0,05$ до $6,07 \pm 0,010$ %, пісок – від $1,76 \pm 0,06$ до $2,75 \pm 0,10$ %, шахтна порода – від $5,62 \pm 0,02$ до $5,99 \pm 0,08$ %.

Різні за природою фізичні явища та процеси впливають на гігроскопічну вологу та максимальну гігроскопічну вологу ґрунтів. Ці категорії води недоступні для рослин, оскільки їхнє переміщення в ґрунті відбувається у вигляді пари. За величиною максимальної гігроскопічної вологи обчислюють величину вологості в'янення рослин (Rode, 1965; Dragan, 2012) – це вологість ґрунту, при якій рослинні організми починають виявляти ознаки зів'янення, які не зникають навіть тоді, коли рослину переміщують в атмосферу, насичену водяною парою. Величина вологості в'янення залежить від гранулометричного складу ґрунту. Встановлено, що порушені ґрунти мають високі значення вологості в'янення, що значно зменшує діапазон активної вологи ґрунту. Так, значення вологості в'янення у шахтній породі коливається від $8,43 \pm 0,03$ до $8,97 \pm 0,10$ %, у суглинистих ґрунтах – $8,95 \pm 0,07$ до $9,12 \pm 0,09$ %, у чорноземах – від $9,29 \pm 0,08$ до $11,61 \pm 0,11$ %, у піщаних від $2,64 \pm 0,08$ до $4,31 \pm 0,14$ % (табл. 1).

Питома маса ґрунту (щільність твердої фази) — це маса в грамах 1 cm^3 сухого ґрунту, тобто ґрунту без пор, води і повітря. Питома вага ґрунту залежить від мінерального складу ґрунту та кількості в ньому органічної речовини і коливається в межах від 2,3 до 2,9.

Значення питомої маси для насипних ґрунтів: чорнозем – від $2,30 \pm 0,01$ до $2,46 \pm 0,01 \text{ г/см}^3$, суглинок – від $2,34 \pm 0,01$ до $2,74 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$, пісок – від $2,57 \pm 0,04$ до $2,86 \pm 0,04 \text{ г/см}^3$, шахтна порода – від $2,29 \pm 0,02$ до $2,48 \pm 0,02 \text{ г/см}^3$.

На відміну від щільності твердої фази, при визначенні об'ємної маси ґрунту враховують об'єм з усіма порами, тому показники об'ємної маси будуть завжди менші від показників щільності твердої фази одного й того ж ґрунту. На величину об'ємної маси впливає мінералогічний та гранулометричний склад ґрунту, вміст органічної речовини, структурність, а також складення (Dragan, 2012).

Величина об'ємної маси змінюється у штучних ґрунтах у межах: чорноземи – від $1,25 \pm 0,02$ до $1,66 \pm 0,04 \text{ г/см}^3$, суглинок – від $1,83 \pm 0,04$ до $1,9 \pm 0,03 \text{ г/см}^3$, пісок – від $1,33 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$ до $1,87 \pm 0,04 \text{ г/см}^3$, шахтна порода – від $1,48 \pm 0,03$ до $1,77 \pm 0,07 \text{ г/см}^3$.

Величина питомої і об'ємної маси ґрунту необхідна для обчислення пористості ґрунту. Пористість (шпаруватість) ґрунту – це сумарний об'єм усіх пор між частинками твердої фази ґрунту. Пористість залежить від гранулометричного складу, структурності, вмісту органічної речовини. Пористість ґрунту забезпечує пересування води в ґрунті, водопроникність і водопідйомну здатність, вологостійкість і вміст газової фази. За загальною пористістю можна судити про ступінь ущільнення орного шару ґрунту. Від пористості в значній мірі залежить родючість ґрунтів.

Пористість штучних ґрунтів ділянки рекультивації: чорнозем – від $28,00 \pm 2,78$ до $45,82 \pm 2,27$ %, суглинок – від $18,63 \pm 1,11$ до $33,05 \pm 2,57$ %, пісок – від $27,40 \pm 2,50$ до $50,39 \pm 0,57$ %, шахтна порода – від $28,67 \pm 3,06$ до $35,60 \pm 0,53$ %. Більшими показниками пористості відзначаються III і IV варіант, меншими II і I варіант.

Аналіз вмісту водорозчинних сполук шахтних порід і штучних ґрунтів (табл. 2) свідчить, що найбільшим показником засоленості характеризуються шахтні породи – від 0,80 до 0,82 %. Для суглинистого ґрунту засолення коливається від 0,20 до 0,24 %, для чорнозему від 0,22 до 0,40 %, для піску від 0,13 до 0,44 %. Пісок на II і III варіанті, як видно з таблиці, не засолений, засолення піску на IV варіанті можна пояснити вертикальною міграцією солей по профілю.

Таблиця 1

Фізичні властивості шахтної породи і штучних ґрунтів ділянки лісової рекультивації (відвал шахти Павлоградська)

Варіант та глибина профілю, см	Варіант 1			Варіант 2			Варіант 3			Варіант 4				
	P ₁ 0–20 см	P ₂ 20–60 см	P ₁ 0–12 см	P ₂ 12–62 см	P ₃ 62–110 см	H ₁ 0–17 см	H ₂ 17–55 см	P ₁ 55–105 см	H ₁ 0–17 см	H ₂ 17–43 см	H ₃ 42–61 см	P ₁ 61–110 см	P ₂ 110–150 см	
Об'ємна маса, г/см ³	1,48±0,03	1,77±0,07	1,9±0,03	1,83±0,04	1,33±0,05	1,25±0,02	1,62±0,03	1,87±0,04	1,53±0,04	1,51±0,05	1,66±0,04	1,62±0,04	1,74±0,01	
Питома маса, г/см ³	2,29±0,02	2,48±0,02	2,34±0,01	2,74±0,05	2,67±0,06	2,30±0,05	2,46±0,01	2,57±0,04	2,30±0,01	2,36±0,02	2,31±0,04	2,86±0,04	2,61±0,04	
Пористість, %	35,60±0,53	28,67±3,06	18,63±1,11	33,05±2,57	50,39±0,57	45,82±2,27	34,35±1,29	27,40±2,50	33,56±1,09	36,24±1,37	28,00±2,78	43,33±2,20	33,38±0,96	
Вологість в'янення рослин, %	8,43±0,03	8,97±0,10	8,95±0,07	9,12±0,09	3,59±0,05	9,29±0,08	10,95±0,05	2,64±0,08	11,31±0,08	11,61±0,11	11,22±0,08	4,13±0,14	3,21±0,13	
МГВ, %	5,62±0,02	5,99±0,08	5,96±0,05	6,07±0,10	2,39±0,04	6,19±0,06	7,3±0,04	1,76±0,06	7,54±0,06	7,73±0,08	7,48±0,07	2,75±0,10	2,14±0,10	
ГВ, %	4,05±0,13	3,74±0,12	3,52±0,11	3,25±0,06	1,27±0,06	4,02±0,05	4,98±0,08	0,85±0,05	4,88±0,06	4,99±0,07	4,66±0,06	1,49±0,08	1,37±0,05	
Гранулометричний склад	шахтна порода	шахтна порода	сутлинок	сутлинок	пісок	сутлинистий чорнозем	сутлинистий чорнозем	пісок	сутлинистий чорнозем	сутлинистий чорнозем	сутлинистий чорнозем	пісок	пісок	

Примітка: ГВ – гігроскопічна волога; МГВ – максимальна гігроскопічна волога.

Таблиця 2

Водорозчинні елементи шахтної породи і штучних ґрунтів рекультивованого відвалу шахти «Павлоградська»

№ проби	Горизонт	% / мг-екв							Сухий залишок, %	pH
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
1	Варіант 1 P ₁ 0–20 см	–	0,022 0,06	0,460 9,55	0,002 0,08	0,012 0,31	0,196 8,80	0,061 0,50	0,80	3,4
2	Варіант 1 P ₂ 20–60 см	–	0,004 0,10	0,540 11,2	0,002 0,08	0,015 0,40	0,215 9,50	0,012 1,00	0,82	3,6
3	Варіант 2 P ₁ 0–12 см	0,019 0,32	0,006 0,16	0,085 1,80	0,002 0,08	0,018 0,45	0,028 1,40	0,007 0,65	0,20	7,26
4	Варіант 2 P ₂ 12–62 см	0,050 0,80	0,005 0,15	0,100 2,01	0,002 0,08	0,010 0,25	0,035 1,75	0,006 0,53	0,24	7,8
5	Варіант 2 P ₃ 62–110 см	0,018 0,30	0,006 0,16	0,055 1,15	0,002 0,08	0,004 0,10	0,024 1,20	0,004 0,35	0,13	6,15
6	Варіант 3 H ₁ 0–17 см	0,051 0,85	0,007 0,21	0,071 1,47	0,009 0,37	0,008 0,20	0,036 1,80	0,007 0,60	0,22	6,34
7	Варіант 3 H ₂ 17–55 см	0,020 0,33	0,008 0,23	0,200 4,1	0,020 0,87	0,018 0,30	0,048 2,30	0,019 1,50	0,38	7,5
8	Варіант 3 P ₁ 55–105 см	0,018 0,3	0,003 0,08	0,105 2,20	0,017 0,75	0,006 0,15	0,030 1,50	0,006 0,50	0,21	6,4
9	Варіант 4 H ₁ 0–17 см	0,027 0,44	0,042 1,2	0,085 1,8	0,009 0,37	0,009 0,22	0,037 1,85	0,004 0,30	0,25	7,2
10	Варіант 4 H ₂ 17–43 см	0,043 0,70	0,059 1,7	0,183 3,81	0,067 2,90	0,016 0,40	0,036 1,80	0,007 0,55	0,40	7,4
11	Варіант 4 H ₃ 42–61 см	0,024 0,40	0,049 1,4	0,158 3,30	0,060 2,60	0,020 0,50	0,030 1,50	0,006 0,50	0,37	7,2
12	Варіант 4 P ₁ 61–110 см	0,011 0,18	0,046 1,3	0,202 4,2	0,062 2,70	0,012 0,30	0,032 1,60	0,005 0,4	0,44	8,6
13	Варіант 4 P ₂ 110–150 см	0,012 0,20	0,049 1,40	0,134 2,80	0,058 2,50	0,008 0,20	0,024 1,20	0,004 0,30	0,30	7,9

За якісним складом аніонів (Rukovodstvo..., 1973) на I, II, III варіантах присутнє сульфатне засолення, на IV – хлоридно-сульфатне, за якісним складом катіонів на I, II, III варіантах присутнє кальцієво-магнієве засолення, для IV варіанту характерне: для H_1 – кальцієво-магнієве, для H_2 , H_3 , P_1 , P_2 – кальцієво-натрієве засолення.

За ступенем засоленості (Rukovodstvo..., 1973): I варіант – середньозасолений (0,6–1,0 мг-екв./100 г), II варіант – незасолений (<0,3 мг-екв./100 г), III варіант: H_1 – незасолений (<0,3 мг-екв./100 г), H_2 – слабозасолений (0,3–0,6 мг-екв./100 г), P_1 – незасолений (<0,3 мг-екв./100 г), IV варіант – верхній горизонт H_1 – незасолений (<0,3 мг-екв./100 г), усі інші горизонти слабозасолені (0,3–0,6 мг-екв./100 г).

Реакція ґрунтового розчину рН коливається в межах від 6,15 до 8,6 одиниць рН, окрім першого варіанту, де знаходиться шахтна порода (рН 3,4–3,6).

Розрахунок гіпотетичних токсичних солей показує, що серед них переважають Na_2SO_4 (2,70 мг-екв./100 г у зразку № 12, 2,60 мг-екв./100 г. у зразку № 10, 2,20 мг-екв./100 г у зразку № 11, 1,80 мг-екв./100 г у зразку № 13, 0,75 мг-екв./100 г у зразку № 8, 0,37 мг-екв./100 г у зразку № 9); $MgSO_4$ (1,26 мг-екв./100 г у зразку № 7, 1,00 мг-екв./100 г у зразку № 2, 0,64 мг-екв./100 г у зразку № 3, 0,50 мг-екв./100 г у зразку № 1, 0,27 мг-екв./100 г у зразку № 6, 0,26 мг-екв./100 г у зразку № 4, 0,17 мг-екв./100 г у зразку № 5), також серед токсичних солей, але в меншій мірі зустрічаються солі: $NaHCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$, $NaCl$, $MgCl_2$.

ВИСНОВКИ

Створені на експериментальних ділянках лісової рекультивації варіанти штучних ґрунтів мають значні якісні відмінності із природними еталонними ґрунтами, порушеними деструктивними ґрунтами, а також один з одним.

Максимальна гігроскопічна волога в чорноземах свідчать про їх глинистий гранулометричний склад (Travleev, 1979), що недоцільно в рекультиваційному шарі, оскільки збільшує показники недоступної для рослин вологи.

Величина щільності твердої фази коливається в межах $2,29 \pm 0,02$ до $2,86 \pm 0,04$ г/см³, в той час, як оптимальні показники значно менші – від 1,9 до 2,45 г/см³ (Vadjunina, Korchagina, 1986).

Величина об'ємної маси зростає у штучних ґрунтах з глибиною. Надмірні показники об'ємної маси (до 2,86 г/см³) характерні для піщаних прошарків, що межують з суглинками.

Порозність порушених ґрунтів коливається в широких межах. Шахтна порода має загальну порозність від $28,67 \pm 3,06$ до $35,60 \pm 0,53$ %, пісок – від $27,40 \pm 2,50$ до $50,39 \pm 0,57$ %, суглинок – від $18,63 \pm 1,11$ до $33,05 \pm 2,57$ %, чорнозем – від $28,00 \pm 2,78$ до $45,82 \pm 2,27$ %, що свідчить про сприятливі для рослин фізичні властивості штучних ґрунтів. Більшими показниками пористості відзначаються III і IV варіант, меншими – II і I варіант. За час рекультивації пористість збільшилися в верхніх шарах суглинка і чорнозему на 4–6 %, тобто під впливом рекультивації лісорослинні умови покращуються.

Аналіз вмісту водорозчинних сполук шахтних порід і штучних ґрунтів свідчить, що найбільшим показником засоленості характеризуються шахтні породи – від 0,80 до 0,82 %, тобто вони відносяться до категорії середньозасолених (Rukovodstvo..., 1973). Для суглинистого ґрунту засолення коливається від 0,20 до 0,24 %, для чорнозему – від 0,22 до 0,40 %, для піску – від 0,13 до 0,44 %. Пісок на II і III варіанті, як видно з таблиці, не засолений, середнє засолення піску на IV варіанті можна пояснити вертикальною міграцією солей по профілю. Реакція ґрунтового розчину рН коливається в межах від 6,15–8,6 одиниць рН, окрім першого варіанту, де знаходиться шахтна порода (рН 3,4–3,6), надмірно кислий ґрунтовий розчин.

Розрахунок гіпотетичних токсичних солей показує, що серед них переважають Na_2SO_4 у кількостях, що значно перевищують поріг токсичності (Rukovodstvo..., 1973). Також серед токсичних солей, але в меншій мірі зустрічаються солі: $NaHCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$, $NaCl$, $MgCl_2$.

Таким чином, на основі отриманих даних можна зробити висновок про значні відмінності фізико-хімічних властивостей штучних ґрунтів від еталонних. За тривалий період рекультивациі кислотність шахтної породи залишається надмірною у зв'язку з високим вмістом сульфатів (до 3,1 %). Засолення субстратів, що контактують з шахтною породою, зменшилося на 14–22 % порівняно з початковим (Zverkovskiy, 1977; Travleev et al., 1984), що пояснюється як міграцією водорозчинних солей, так і меліоративним (розсолюючим) впливом експериментальних лісових культур.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Androchanov, V. A., Ovsjanikov, S. V., Kurachev, V. M., 2000.** Technoshemy: svoystva, rezhimy, funkcionirovanie [The technoshema: properties, modes, operation], Novosibirsk, Science (in Russian).
- Arinushkina, E. V., 1970.** Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [The manual on chemical analysis of soils], Moscow, Moscow University (in Russian).
- Diduch, A. I., Malyuvanyi, M. S., Shpakovskaja, I. M., 2008.** Fyzychny vlastyvyty gruntiv u meshach posttechnogenogo landshafta Javorivskogo DGHP "Sirka" [The physical properties of soils within post-technogenic landscape the Yavoriv mining "Sulfur"], Journal of national University "Lviv. Polytechnic", 609, 225–232 (in Ukrainian).
- Dokuchaev, V. V., 1953.** Naschy stepy preshe i teper [Our steppes before and now], Moscow (in Russian).
- Dragan, N. I., 2012.** Parametry riznykh form nedostupnoji vology v sirykh lisovykh lisach [The parameters of the various forms of available moisture in the gray forest soils], Bulletin agrarian science, 2, 20–23 (in Ukrainian).
- Dragan, N. I., Kaminsky, V. F., Velichko, V. A., 2012.** Mikrostruktura sirogo lisovogo gruntu za riznogo granulometrychnogo skladu ta vykorystannja [The microstructure of the gray forest soil of different granulometric composition and the use], Bulletin agrarian science, 10, 21–25 (in Ukrainian).
- Eterevskaja, L. V., 1989.** Pochvoobrasovanie i recultivacija zemel v technogenykh landshaftach Ukrainy [The soil formation and land reclamation in technogenic landscapes of Ukraine], Dis. on competition the degree of doctor of agricultural sciences: spec. 06.01.03, Kharkov (in Russian).
- Grytsan, Y. I., 2000.** Ekologichni osnovy peretvorjujuchogo vplyvu lisovoji roslynosti na stepove seredovysche [The ecological basis of the transformative influence of forest vegetation on the steppe environment], Dnepropetrovsk, DNU (in Ukrainian).
- Kachinskiy, N. A., 1970.** Fizika pothvy. Thast 2. Vodno-fizicheskie svoystva vody [The physics of the soil. Part 2. The water-physical properties and regimes of the soils], Moscow, Higher school (in Russian).
- Rode, A. A., 1965.** Osnovy uthenija o pothvennoy vlage [The basic of the doctrine about a soil moisture], Leningrad, Gidrometeoizdat (in Russian).
- Rukovodstvo po sostavleniju pothvenno-meliorativnogo obosnovanija proectov meliorativnogo stroitelstva i specialnykh kart, 1973** [Guidance on the preparation of the soil-meliorative study of projects of land-reclamation construction and special cards], Moscow, Gipromash (in Russian).
- Travleev, A. P., Bilova, N. P., Zverkovskiy, V. N., 2005.** Teoretychny osnovy lisovoji recultivaciji poruschenykh zemel na Zachidnomu Donbase [The theoretical foundations of the forest recultivation of the disturbed lands in the Western Donbas in Dnipropetrovsk region], Gruntoznnavstvo, 6, 1-2, 30–34 (in Ukrainian).
- Travleev, A. P., Lyindia, A. G., Zverkovskiy, V. N., 1984.** Fizico-khimicheskie osobennosti schachnykh porod i pothvo-gruntov uthastka lesnoy recultivaciji Zapadnogo Donbassa [Physical and chemical characteristics of mine rock and soil of forest recultivation of the Western Donbass], Biologicheskie features Prisamarja of forests and their conservation, 2, 12–15 (in Russian).
- Travleev, L. P., Travleev, A. P., 1979.** Sputnic geobotaika po pothvovedeniju i gidrologii [Satellite geobotany on soil science and hydrology], Dnepropetrovsk, DGU (in Russian).
- Vadjunina, A. F., Korchagina, Z. A., 1986.** Metodu isledovania fizitheskikh svoystv pothv [The methods of the research of the physical properties of soils], Moscow, Agropromizdat (in Russian).
- Zverkovskiy, V. N., 1977.** Fitotaksithnye soedinenija schachnykh porod v procese lesnoj recultivaciji naruschenyeg zemel [Fitotecnica connection the mine rocks in the processes of forest recultivation of disturbed lands], Issues of steppe forestry and forest reclamation, Dnepropetrovsk, 3, 6–12 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 14.10.2015

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

LAND RECLAMATION



T. I. Galagan 

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

UDK 332.334.4; 631.618

*Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University,
Voroshilov str., 25, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49600*

THE THEORETICAL AND METHODOLOGICAL DIRECTION OF THE STRATEGY OF LAND RECLAMATION

Abstract. The ecological-economic strategy of use and protection of remediated land was developed. It consists of four main interconnected stages: preparatory, agrotechnical, agroecological and economic.

The preparatory phase ensures that the top layer of arable cultivation of waste land through the introduction of career-technical and chemical meliorations, depending on which branch of the economy continue to be used in this area. It was during this time where money is being spent to conduct geotechnical work associated with the remediation of internal and external dump pits.

The agrotechnical phase provides optimization of the properties of ecotopia as the habitat of plants. During this phase, funds are spent on the application of organic (norm not less than 50 t/ha manure), organic-mineral and mineral (about 80 kg/ha d. g) fertilizers. In this case, improved physico-chemical properties of remediated land, increases the level of their fertility, which is reflected in the number of products received.

Agroecological stage forms the ecotopia suitability for use in agricultural production. This stage contains the effect and aftereffect of all previous measures aimed at amelioration of the restored lands. During this phase, special attention is paid to the final layout of the surface of the field and introduction of special phyto-reclamation rotations, saturated of perennial leguminous herbs or their mixtures with other herbs, including legumes and does not.

For each plot must be restored designing her the only acceptable rotation, the ratio and selection of plant species which should be oriented not only at obtaining a stable, high-quality products, but also on the formation of appropriate environmental conditions that ensure the optimal development of all components of biogeocenosis and their protection.

The economic stage is what defines the economic sector, the most appropriate future use of remediated lands. On the basis of long-term monitoring researches, within each region, the methodological guidance and practical recommendations for the rational foundations of socio-ecological and economic use of the reclaimed lands in agricultural production are developed. It is determined the payback period of all costs incurred during reclamation of the site and the territory in general.

On the basis of these stages it is proved a strategic direction for the creation and implementation of the dump pits of the mining enterprises of the steppe Dnieper eight basic models of land restoration.

The big attention is paid to the biological stage of recultivation, which is based on the analysis and the account of economical, business and physical – geographical features of a place of mining operations.

In this paper it is resulted the list of the basic rocks of Nikopol manganese – ore field from which artificial lands (edaphotopes) are created and the prospective branch of their further use is underlined.

 Tel.: +38066-091-02-57, e-mail: tanya.uzbek@mail.ru

DOI: 10.15421/041520

The priority trend is taken away to an agricultural production. And, to recultivated plots should be given such possibilities which would allow them to perform the same functions what they realized before destruction of this locality.

Methodical development works are offered relative to: price definitions of humus layer before destruction of soil and cost 1 м³ of the restored soil covering; expenses on renewal of productive potential of recultivated lands; definitions of the gross revenue and quantity of production from recultivated lands.

Also it is affirmed, that recultivated lands should receive not only economic, but also ecological estimation as this indicator reflects the ecological conditions in the given district and has the big social value.

The term «Factor of the ecological well-being» districts and its gradation is entered, allowing to define the period of recoupment of expenses on recultivation of land taking into account the ecological and economical efficiency of the restored area.

Key words: *strategic stages of reclamation, model reclamation.*

УДК 332.334.4; 631.618

Т. И. Галаган

канд. экон. наук, доц.

*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. Ворошилова, 25, г. Днепропетровск, Украина, 49600,
тел.: +38066-091-02-57, e-mail: tanya.uzbek@mail.ru*

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СТРАТЕГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Аннотация. Разработана эколого-экономическая стратегия использования и охраны рекультивированных земель. Она состоит из четырех основных взаимосвязанных этапов: подготовительного, агротехнического, агроэкологического и экономического. Каждому из них представлена эколого-биологическая и эколого-экономическая характеристика.

Обоснованы стратегические направления для создания и внедрения на отвалах карьеров горнорудных предприятий степного Приднпровья восьми основных моделей рекультивации нарушенных земель.

Ключевые слова: *стратегические этапы рекультивации, модели рекультивации нарушенных земель.*

УДК 332.334.4; 631.618

Т. І. Галаган

канд. экон. наук, доц.

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Ворошилова, 25, м. Дніпропетровськ, 49600, Україна,
тел.: +38066-091-02-57, e-mail: tanya.uzbek@mail.ru*

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ НАПРЯМОК СТРАТЕГІЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

Анотація. Розроблено еколого-економічну стратегію використання та охорони рекультивованих земель. Вона складається з чотирьох основних взаємозалежних етапів: підготовчого, агротехнічного, агроекологічного і економічного. Кожному з них надана еколого-біологічна та еколого-економічна характеристика.

Обґрунтовано стратегічні напрямки для створення та впровадження на відвалах кар'єрів гірничорудних підприємств степового Придніпров'я вісім основних моделей рекультивації порушених земель.

Ключові слова: *стратегічні етапи рекультивації, моделі рекультивації порушених земель.*

ВСТУП

Із соціально-екологічної та економічної точок зору техногенне навантаження на довкілля степового Придніпров'я набуває, щонайменше, загрозливого рівня. В результаті виникає нагальна потреба розробити на регіональному та державному рівнях стратегію еколого-економічного обґрунтування рекультивації порушених

земель (Galagan, 2013), керуючись якою можна було б звести нанівець шкодочинність виробничої діяльності людини, особливо у гірничодобувній промисловості.

Головна мета такої стратегії – це створення передумов для впровадження збалансованого еколого-економічного використання рекультивованих земель та їх охорони (Galagan, 2013). Це принципово новий тип ощадливого землекористування (Makarenko, 2005; Goldanov, 2009; Hvesyk, 2009; Furdychko, Shershun, 2011).

Еколого-економічний аналіз результатів рекультивації порушених земель гірничозбагачувальними, гірничо-металургійними, залізрудними комбінатами степового Придніпров'я, а також об'єднання «Павлоградвугілля» дозволили нам визначити основні чинники, які зумовлюють відновлення родючості порушених земель, тобто їх спроможність утворювати певну кількість сільськогосподарської або лісової продукції.

Перш за все це фізико-хімічні властивості екотопу, які є складовими родючості, що визначає їх подальше використання в певній галузі економіки та видовий склад культурфітоценозів (агрофітоценозів).

ПРЕДМЕТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Предметом дослідження були теоретичні, методичні та прикладні положення, пов'язані з розробкою основних напрямів ефективного відновлення та раціонального використання потенціалу рекультивованих земель в сільському господарстві.

Теоретичною та методологічною базою дослідження стали головні засади економічної теорії, аграрної економіки, нормативні акти законодавчих та виконавчих органів влади. Використовувались наступні методи дослідження: діалектичний, аналітичного прогнозування, економіко-екологічного обґрунтування рекультивації земель на основі урожайності сільськогосподарських культур і окупності витрат та розрахунково-конструктивний метод.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На підставі отриманих результатів багаторічного дослідження, нами розроблена і пропонується стратегія еколого-економічного обґрунтування рекультивації порушених земель, їх використання та охорони.

Стратегія складається з чотирьох основних взаємозалежних етапів.

Перший, підготовчий, етап забезпечує окультурення верхнього орного шару відпрацьованої ділянки кар'єру шляхом впровадження культуртехнічних і хімічних меліорацій залежно від того, в якій галузі економіки в подальшому використовуватиметься ця ділянка. Саме протягом цього часу витрачаються кошти на проведення гірничотехнічних робіт, пов'язаних з рекультивацією внутрішніх і зовнішніх відвалів кар'єрів.

Показниками, які свідчать про завершення цього етапу, є створення умов для застосування на рекультивованих ділянках сільськогосподарської і лісгосподарської техніки, нейтральна реакція ґрунтового розчину в орному шарі і поява сходів різних видів рослин.

Тривалість етапу обмежується часом, протягом якого припиняються основні просядкові явища гірських порід (5–8 років).

Другий, агротехнічний, етап забезпечує оптимізацію властивостей екотопу як середовища перебування рослин. Під час проведення цього етапу витрачаються кошти на внесення органічних (нормою 50 т/га перегною), органо-мінеральних і мінеральних (близько 80 кг/га д. р.) добрив. В цьому випадку поліпшуються фізико-хімічні властивості рекультивованих земель, підвищується рівень їхньої родючості, що відбивається на кількості отриманої продукції.

Показниками, які свідчать про завершення агротехнічного етапу, є спроможність сільськогосподарських культур, впроваджених на рекультивованих землях, утворювати продукцію на рівні їхньої кількості на непорушених землях даної місцевості.

Тривалість цього етапу від 1 до 3 років.

Третій, агроекологічний етап, формує придатність екотопу до використання у сільськогосподарському виробництві. Цей етап містить в собі дії і післядії всіх попередніх заходів, спрямованих на окультурення відновлених земель. Під час проведення цього етапу особлива увага приділяється остаточному плануванню поверхні поля та впровадженню спеціальних фітомеліоративних сівозмін, насичених багаторічними бобовими травами або їх сумішками з іншими травами, у тому числі і не бобовими.

Для кожної відновленої ділянки необхідно конструювати тільки їй прийнятну сівозміну, співвідношення і підбір видового складу рослин якої має бути зорієнтованим не тільки на отримання стабільної, високоякісної продукції, але і на формування відповідних екологічних умов, які забезпечують оптимальний розвиток всіх компонентів біогеоценозу та їх охорону.

Показником, який свідчить про завершення агроекологічного етапу є створення на порушеній території екологічних умов максимально наближених до колишніх природних показників, насамперед в орному шарі ґрунту (0–40 см).

Тривалість цього етапу безстрокова.

Четвертий, економічний етап, є таким, що визначає галузь економіки, найбільш доцільного подальшого використання рекультивованих земель.

На основі багаторічних моніторингових досліджень, в межах кожного регіону, розробляються методологічні вказівки та практичні рекомендації основ раціонального соціально-екологічного й економічного використання рекультивованих земель в сільськогосподарському виробництві.

Визначається строк окупності всіх витрат, проведених протягом рекультивації порушеної ділянки та території в цілому.

Показником, що свідчить про завершення економічного етапу є стабільне отримання високоякісної сільськогосподарської продукції з одночасним поліпшенням екологічної та соціальної обстановки в межах регіону.

Тривалість цього етапу безстрокова.

На основі цих етапів обґрунтовано стратегічні напрямки для створення та впровадження на відвалах кар'єрів гірничорудних підприємств степового Придніпров'я наступних вісім основних моделей рекультивації порушених земель.

- *Модель перша* – універсальна. В цьому випадку формування рекультивованої ділянки передбачає нанесення родючого шару чорнозему завтовшки 40–50 см на потенційно придатну (тобто потенційно родючу) гірську породу. Як правило, це лесоподібні або червоно-бурі суглинки та їх суміші

Родючий шар ґрунту (суміш двох верхніх гумусових генетичних горизонтів) має містити не менше 2 % гумусу.

- *Модель друга* – це створення земель для використання під косовиці та угіддя розвиненого бджільництва. В цьому випадку вирівняні поверхні відвалів кар'єрів повинні бути складеними придатними породами або сумішшю придатних і середньо придатних розкритих порід потужністю не менше 1 м, на яких у період біологічного етапу рекультивації впроваджуються фітомеліоративні сівозміни, насичені в 60–80 % багаторічними бобовими травами, особливо медоносним еспарцетом. В наступні 5–7 років вирощується травосуміш із впровадженням в подальшому посивів гречки, озимої пшениці, ріпаку і ячменю.

- *Модель третя* – меліоративна (трюхярусна). В цьому випадку перший, ніжній, шар складається із непридатних або фітотоксичних гірських порід; другий шар служить екраном і, як правило, являє собою придатні розкриті породи завтовшки 50–60 см; третій – родючий шар нанесеного чорнозему завтовшки 40–50 см.

- *Модель четверта*. В цьому випадку відпрацьовані ділянки кар'єрів використовуються для створення земель під плодово-ягідні насадження траншейним (1,0 × 0,7 м) або лунковим (1,4 × 1,0 × 0,7 м) способами, в які насипається родючий шар чорноземної маси. Верхній шар ділянок має бути складеним з нетоксичних або малотоксичних гірських порід потужністю 2,5–3 м.

• *Модель п'ята* – це створення високородючих рекультивованих земель. В цьому випадку на сплановану поверхню відвалів кар'єрів наноситься водостійкий шар із незасолених глин завтовшки близько 50 см, потім укладається шар лесоподібного суглинку товщиною 25 см, вносять органічні добрива у вигляді перепрілого гною (40–50 т/га) і проводять оранку на глибину 20–25 см. У наступному році ця площа покривається ще раз 25-сантиметровим шаром лесоподібного суглинку, на який вноситься органо-мінеральна суміш (25 т/га гною + $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг/га д. р.) і знову проводиться оранка на глибину 20–25 см. На такій рекультивованій землі протягом 3–4 років вирощують багаторічні бобові трави (люцерну або еспарцет). Після цього здійснюється детальне планування поверхні і наноситься 40-сантиметровий родючий шар чорноземної маси. Такі рекультивовані землі придатні для впровадження всіх сільськогосподарських культур, навіть овочевих. На жаль, ця модель не отримала широкого практичного застосування через значні витрати.

• *Модель шоста* – санітарно-гігієнічна. В цьому випадку проводиться промислова та фітомеліоративна консервація промислових відходів гірничодобувних підприємств. Це хвостосховища, шламовідстійники, золівідвали, токсичні шахтні породи і т.д. Мета такої консервації – поліпшення екологічних умов довкілля та охорона прилеглих територій від забруднення. Витрати що пов'язані з виконанням робіт шостої моделі, несе відповідне підприємство.

• *Модель сьома* – рекреаційна. Передбачає створення об'єктів відпочинку та оздоровлення місцевого населення. Ці рекреаційні зони, як правило, будуються з використанням кінцевої траншеї відкритих гірських розробок, наповнених водою, або їх зовнішніх відвалів.

• *Модель восьма* – природно-заповідна. В цьому випадку на порушених кар'єрних територіях створюються умови для їхнього самозаростання різнотипними лісовими і трав'янистими угрупованнями. Наприклад, на відпрацьованих землях Запорізького, Богданівського і Олександрівського кар'єрах Орджонікідзевського ГЗК створені штучні заповідники як вторинні стійкі техноекосистеми, що відповідають програмі збереження біологічного різноманіття у Придніпровському регіоні.

Дуже важливо зазначити, що всі ці моделі спрямовані на відродження, гідне використання та охорону порушених земель, з обов'язковим поліпшення санітарно-гігієнічних умов довкілля.

На наш погляд, першочергові кроки для реалізації еколого-економічної стратегії у гірничодобувному виробництві повинні полягати в наступному:

1. Розробити і впровадити еколого-економічну програму скорочення гірничодобувної промисловості до раціональних розмірів, враховуючи, насамперед, державне замовлення.

2. Законодавчо забезпечити еколого-економічне планування розвитку гірничодобувного виробництва з обов'язковим урахуванням демографічної ємності порушеної території.

3. Провести експертизу видобутку корисних копалин за ринково-еколого-економічними критеріями з закриттям виробництв, які призводять до негативних змін у навколишньому середовищі.

4. На державному рівні сприяти створенню матеріально-технічної бази агропромислового комплексу, зорієнтованого на підвищення рівня родючості рекультивованих земель та одержання екологічно чистої продукції. Всіляко сприяти заохоченню фермерських та інших господарств до освоєння відновлених земель шляхом надання пільгових субсидій, кредитів тощо.

5. На державному рівні налагодити жорсткий контроль за вилученням земель, їхньої подальшої рекультивації та раціонального використання на основі методичних рекомендацій науковців.

6. Розробити спеціальну структуру посівних площ на відновлених землях, насамперед з метою впровадження культурного землеробства, зокрема

фітомеліоративних сівозмін та інших агротехнічних заходів для підвищення рівня родючості порушених земель.

Розроблення й реалізація національної еколого-економічної стратегії в контексті переходу нашої країни до моделі збалансованого розвитку потребують екологізації суспільної свідомості, впровадження системи професійної екологічної підготовки, підвищення рівня екологічної освіти та культури.

За цих умов значно зростає потреба у дослідженнях з еколого-економічної тематики, особливо в контексті оцінки рекультивації порушених земель та подальшого їх використання й охорони.

ВИСНОВКИ

1. В Україні загальною метою всіх земельних перетворень має бути підвищення родючості ґрунтів і ефективності сільськогосподарського виробництва. Земельна політика повинна бути підпорядкованою формуванню комплексу факторів, які б забезпечували зростання сільськогосподарського виробництва та підвищення його ефективності.

2. Стан земельного фонду України наполегливо вимагає проведення реальної інвентаризації кількості порушених земель. Особливо у густонаселених регіонах, насичених промисловими об'єктами.

Принципової уваги заслуговує якість рекультивованих земель. Для ефективного використання таких новоутворень на кожну ділянку (бажано розміром 30–50 га) має бути розроблений та затверджений у відповідних органах агроекологічний паспорт.

3. Проблема рекультивації техногенних ландшафтів повинна передбачати, насамперед, еколого-економічну експертизу конкретної території. Вона має визначити не тільки найдоцільнішу галузь економіки для подальшого використання відновлених земель, але і налагодження стійкого психологічного стану місцевого населення після створення нового ландшафту.

4. Визначено основні чинники, що зумовлюють відновлення родючості порушених земель і на цій основі розроблено та апробовано стратегію еколого-економічного обґрунтування рекультивації техногенних ландшафтів. Вона містить в собі можливість створення моделей штучних ґрунтів залежно від якісних показників гірських порід.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Galagan, T. I., 2013. Ekoloho-ekonomichna otsinka rekultyvovanykh zemel stepovoho Prydniprov'ia [Ecological and economic evaluation of land reclaimed in steppe Prydniprov'ia], Proceedings of Poltava State Agrarian Academy, 2 (7), 2, 84–90 (in Ukrainian).

Galagan, T. I., 2013. Ekoloho-ekonomichna stratehiia vykorystannia ta okhorony rekultyvovanykh zemel [Ecological and economic strategy use and protection of lands reclaimed land management], Land Management Journal, 10, 18–19 (in Ukrainian).

Goldanov, V. V., 2009. Do pytan ekoloho-ekonomichnoi otsinky gruntiv [Issues of environmental and economic assessment of soil], AgroSvit, 5, 23–26 (in Ukrainian).

Makarenko, P. M., 2005. Modeli aharnoi ekonomiky [Models of Agricultural Economics], Kyiv (in Ukrainian).

Hvesyk, M. A., 2009. Stratehichni imperatyvy ratsionalizatsii zemlekorystuvannia v konteksti sochialno-ekonomichnoho pidnesennia Ukrainy [Strategic imperatives rationalization of land use in the context of socio-economic growth of Ukraine], Economy of AIC, 3, 24–30 (in Ukrainian).

Furdychko, O. I., Shershun, M. Kh., 2011. Zemlia yak pryrodnyy resurs – nayvazhlyvishyy obekt u vyrobnychtyvi silskohospodarskoi i lisohospodarskoi produktsii [The land as a natural resource – the most important item in the production of agricultural and forestry products], Bulletin of Agricultural Science, 8, 5–9 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 30.10.2015

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

DISCUSSION



Yu. L. Tsapko 

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.452

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

DISCUSSION PROBLEMS OF HUMUS NATURE

Abstract. The article is based on a generalization of the author's prior research and review of scientific sources, discussion questions about the nature of humus are put and in particular the latest structural views on the structure of humus are given.

Is emphasized that despite the long experience of studying soil humus question its structural buildings has not been studied. Nowadays the scientific community there are a number of different and often antagonistic hypotheses on which the structure of humus is significantly different. Based on the features of genetic connection between fulvic and humic acids, which serve as precursors of the second, examined in detail the mechanism of formation humic acid as a result Connection by transverse by chemical bonds fulvic acid cyclic compounds through reactionary groups.

The model of clathrate structure of humus is proposed, which shows that it has huge molecular weight inherent megamolecules or supramolecules. Mega molecules that are linked by hydrophobic powers and mineral soil matrix serve as the next level of organization (ordering) of humus. The last one causes extreme stability of clathrate structures of humus, and their ability to provide stable soils, a kind of buffering, certain biochemical background, color and so on.

It is noted that the high stability of clathrates structure of humic acids provided by the presence in their inner part of a significant number of structured water. The high stability of clathrates is also explained by the fact that they necessarily contain such an integral part of humus as humic, which is closely associated with the mineral soil matrix. This fact allows to present the clathrate structures in a general model of humus.

The proposed model crown clathrate buildings of humic acids allows the display of their interaction with cations, which is the basis for assessing changes of acid-base balance of soils. Because of the inherent humic acid clathrate structure becomes clear very high resistance to water the last as well as to acid hydrolysis.

Due to the high biological activity of chernozems and high content of clay minerals, and thus high content of aluminum, is not observed the increasing of acidity and mineralization of humus. In our view, the first one is because of the fact that mobile aluminum and its compounds are the part of the inner clathrates structure and lose their reactivity and are not able to acidification of the soil environment; and the second one is because of the clathrates resistance of humus. In the latter suggests the following – distinction (single) crown compounds are rather easily destroyed by microorganisms, that is due to the high microbiological activity of soils, for example in the brown soils. However, in chernozems, in similar circumstances, there is an extremely high humus resistance as to different types of hydrolysis and mineralization also.

 Tel.: + 38099-914-08-81, e-mail: TsapkoUl@i.ua

DOI: 10.15421/041521

In the sod-podzolic soils and the brown soils the processes of compound crowns of fulvic acids in a complex of humic acid clathrates are slowed down. As a result, the ratio of humic acid and fulvic acid decreases, and as a rule, the soil acidity increases.

The opinions on the structural organization of humus presented in article are only part of the problems. Their solving is dictated by the need for the development of modern science about soils. The other opinions in the context of the article, and in many other fields of Soil Science are extremely interesting.

Keywords: *humic acids, fulvic acid, structure of humus, humin, clathrates structure, mehamolekuly.*

УДК 631.452

Ю. Л. Цапко

д-р биол. наук, проф.

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024,
тел.: +38099-914-08-81, e-mail: TsapkoUL@i.ua*

ДИСКУССИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДЫ ГУМУСА

Аннотация. В статье на основании обобщения ранее проведенных автором исследований и обзора научных источников поднимаются дискуссионные вопросы о природе гумуса и, в частности, приведены новейшие взгляды на структурное строение гумуса.

Отмечается, что, несмотря на длительный опыт изучения почвенного гумуса, вопрос его структурного строения до конца не изучен. В настоящее время в научных кругах существует ряд полярных по содержанию, и часто, антагонистических гипотез, по которым структура гумуса существенно отличается.

Опираясь на особенности генетической связи между фульвокислотами и гуминовыми кислотами, по которым первые служат предшественниками вторых, подробно рассмотрен механизм образования гуминовых кислот в результате сшивания поперечными химическими связями циклических соединений фульвокислот через реакционно способные группы.

Предложена модель клатратной структуры гумуса, которая демонстрирует, что он имеет огромную молекулярную массу, присущую мегамолекулам или супрамолекулам. Следующим уровнем организации (упорядоченности) гумуса служит ансамбль таких мегамолекул, которые связаны между собой гидрофобными силами и минеральной матрицей почвы. Последнее обуславливает чрезвычайную устойчивость клатратных структур гумуса, а также их способность обеспечивать почвы стабильностью, своеобразной буферностью, определенным биохимическим фоном и цветом и т.д.

Отмечено, что высокая устойчивость структуры клатратов гуминовых кислот обеспечивается наличием в их внутренней части значительного количества структурированной воды.

Предложенная модель краун-клатратного строения гумусовых кислот позволяет отразить механизмы их взаимодействия с катионами, является основанием для оценки сдвигов кислотно-основного равновесия почв. Через присущую гуминовым кислотам клатратной структуры становится понятным и чрезвычайно высокая устойчивость последних как к водному, так и к кислотному гидролизу.

Приведенные в статье взгляды на структурную организацию гумуса составляют лишь часть проблем, потребность решения которых продиктована развитием современной науки о почвах, в этом аспекте очень интересны и другие мнения как в контексте самой статьи, так и многих других вопросов почвоведения.

Ключевые слова: *гуминовые кислоты, фульвокислоты, структура гумуса, гумин, клатратная структура, мегамолекулы.*

УДК 631.452

Ю. Л. Цапко

д-р біол. наук, проф.

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024,
тел.: +38099-914-08-81, e-mail: TsapkoUL@i.ua*

ДИСКУСІЙНІ ПРОБЛЕМИ ПРИРОДИ ГУМУСУ

Анотація. В статті на підставі узагальнення раніше проведених автором досліджень та огляду наукових джерел підіймаються дискусійні питання щодо природи гумусу і, зокрема, наведено новітні погляди на структурну будову гумусу.

Наголошується, що, незважаючи на тривалий досвід вивчення ґрунтового гумусу, питання його структурної будови до кінця не вивчено. На теперішній час в наукових колах існує ряд полярних за вмістом, і часто, антагоністичних гіпотез, за якими структура гумусу істотно відрізняється.

Спираючись на особливості генетичного зв'язку між фульвокислотами та гуміновими кислотами, за якими перші слугують попередниками других, детально розглянуто механізм утворення гумінових кислот внаслідок зшивання поперечними хімічними зв'язками циклічних сполук фульвокислот через реакційно здатні групи.

Запропоновано модель клатратної структури гумусу, яка демонструє, що він має величезну молекулярну масу, притаманну мегамолекулам або супрамолекулам. Наступним рівнем організації (упорядкованості) гумусу слугує ансамбль таких мегамолекул, які зв'язані між собою гідрофобними силами і мінеральною матрицею ґрунту. Останнє обумовлює надзвичайну стійкість клатратних структур гумусу, а також їх здатність надавати ґрунтам стабільність, своєрідну буферність, певний біохімічний фон та колір тощо.

Зазначено, що висока стійкість структури клатратів гумінових кислот забезпечується наявністю у їх внутрішній частині значної кількості структурованої води.

Запропонована модель краун-клатратної будови гумусових кислот дозволяє відобразити механізми їх взаємодії з катіонами, що є підставою, для оцінки зрушення кислотно-основної рівноваги ґрунтів. Через притаманну гуміновим кислотам клатратну структуру стає зрозумілим й надзвичайно висока стійкість останніх як до водного, так і до кислотного гідролізу.

Наведені в статті погляди на структурну організацію гумусу становлять лише частину проблем, потреба розв'язання яких продиктована розвитком сучасної науки про ґрунти, в цьому аспекті надзвичайно цікавим є й інші думки як в контексті самої статті, так і багатьох інших питань ґрунтознавства.

Ключові слова: гумінові кислоти, фульвокислоти, структура гумусу, гумін, клатратна структура, мегамолекули.

Величезну роль в генезі та родючості ґрунтів має органічна речовина і, насамперед, її головний специфічний компонент – гумус. Завдяки значним запасам енергії, вуглецю, практично усіх елементів живлення рослин, які зосереджені в ґрунтовому гумусі, він впливає на всі агрономічно важливі властивості ґрунтів. Саме гумус акумулює значну кількість сонячної енергії, слугує 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, буферить негативний вплив на ґрунт токсичних речовин, важких металів і радіонуклідів, відіграє важливу роль у встановленні стійкого температурного режиму, а також рівномірно профарбовує мінеральну масу ґрунту в темний колір. Разом із цим, слід наголосити, що наведені позитивні властивості гумусу не вписуються в жодну існуючу в Україні теорію утворення гумусу і механізм їх дії не може бути пояснено за допомогою існуючих моделей будови гумусу.

В контексті вищенаведеного, в даній статті на підставі узагальнення раніше проведених автором досліджень та огляду наукових джерел підіймаються дискусійні питання природи гумусу і, зокрема, новітні погляди щодо структурної будови гумусових кислот.

Серед ґрунтознавців та агрохіміків й до теперішнього часу переважає уявлення про природу будови гумусових кислот, яке базується на моделі гумінової кислоти, запропонованої Д. С. Орловим (Orlov, 1985), відповідно до якої виділяють консервативну частину – ароматичне ядро та частину, підлеглу гідролізу – аліфатичні ланцюжки з реакційно здатними угруповуваннями типу: карбоксилів, гідроксилів, амінів, амідів тощо.

Винятком такої точки зору були моделі І. Д. Комісарова і Л. Ф. Логінова (Komissarov, Loginov, 1971) та W. Ziechmann (1977). У цих моделях вищезгадані

дослідники намагалися відобразити не окремі фрагменти гумусових кислот, а всю їх сукупність в єдиному комплексі ґрунту.

W. Ziechmann запропонував модель структурної будови, в якій виокремлено в єдине ціле гумусові речовини і неспецифічні сполуки, які гармонійно взаємодіють між собою. Він виділяє три основні компоненти гумусових речовин: внутрішню сферу, ядерну структуру та зовнішній простір. Саме в моделі Цієхмана знайшли власні місця й іони металів, зокрема кальцію, заліза, алюмінію тощо.

На наш погляд (Tsarko, 1990), у живій природі більшість систем для збереження термодинамічної стійкості і рівноваги приймають таку зовнішню форму, яка відповідає мінімуму поверхневої енергії, наприклад форму сфери. Таку форму мають оточуючі нас планети та зірки, у тому числі й наша планета – Земля, найдрібніші частки речовини (атоми) і т. ін., а форма спіралі характерна для нуклеїнових кислот.

Модель молекулярної структури гумусу Комісарова і Логінова саме й схожа на згорнуту спіраль, подібно до згорнутої фотоплівки. Оскільки, з одного боку, внутрішня поверхня такої спіралі гідрофільна, а зовнішня гідрофобна, між витками спіралі немає зв'язку. Дана структурна формула обґрунтовувалася тим, що завдяки такій внутрішній будові макромолекул гумусу скорочуються витрати енергії і тим самим забезпечується їх власна стабільність. Зазначені макромолекули гумусу можуть становити 10–20 нм завширшки і завтовшки до 2-х нанометрів.

Окремим дуже важливим питанням в плані пізнання природи гумусу є також визначення молекулярної маси гумусових речовин ґрунту. Цей показник в різних роботах також має значні відмінності та суперечливості. Мінімальний фрагмент гумінової кислоти чорноземного ґрунту становить 1,5 тис. одиниць маси. Кожна макромолекула гумінової кислоти містить 40–45 таких фрагментів, тому її загальна маса становить 60–70 тис. од. (Orlov, 1985).

В цьому контексті необхідно наголосити, що за кордоном в останні 15–20 років погляди на природу гумусових речовин зазнали значних змін. Вважається, що гумусові речовини являють собою не макромолекули, а супрамолекули, молекулярна маса яких становить від сотень тисяч одиниць до мільйону і навіть більше.

Ці погляди знайшли відображення у запропонованій нами мегамолекулярній моделі будови гумусу. Розвиток цих поглядів відбувся на тлі піонерських розробок вчених Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», виконаних наприкінці 80-х та початку 90-х років минулого сторіччя (Tsarko, 1990; Ionenko et al., 1988). В той же самий час було проведено перші дослідження, які дозволили розглядати структурну будову макромолекули гумусу з позиції краун-клатратної будови.

Загалом проведення цих досліджень було обумовлено ідеєю створення багатотоннажного виробництва гумусу з відходів виробництва на тлі незгасаючих лозунгів про катастрофічне скорочення запасів гумусу в ґрунтах, а відтак, і їх деградацію через втрати гумусу. З подальшим розвитком землеробства зазначена проблема поступово була зведена майже нанівець, а дослідження структурної будови гумусу практично призупинилися.

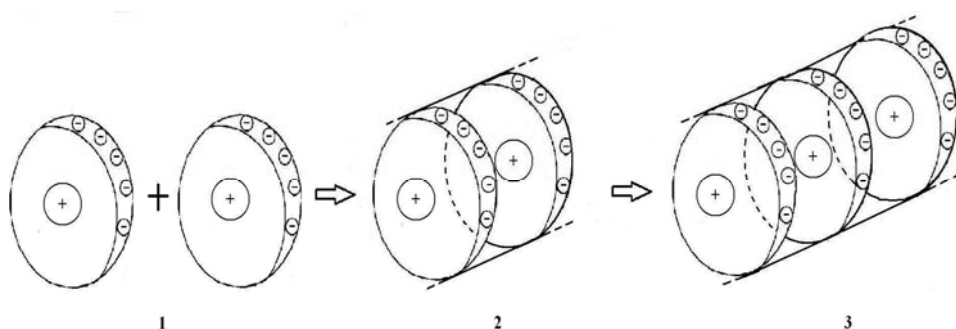
Сучасний розвиток поглядів з утворенням в ґрунтах краун-клатратної структури гумусу пов'язаний з необхідністю пояснення питань ґрунтознавства, які неможливо обґрунтувати шляхом використання існуючих моделей гумусу. Наприклад, більшість існуючих структурних моделей не дають пояснення чому, незважаючи на величезні запаси алюмінію в чорноземних ґрунтах, він не бере участі в формуванні їх кислотно-основної рівноваги, або як пояснити спорідненість різних груп гумусових кислот до різних катіонів, або надзвичайну стійкість темних кольорів в верхніх шарах добре гумусованих ґрунтів і т. ін.

У попередніх роботах нами було показано велику схожість структурних моделей фульвокислот циклічної будови з краун-сполуками, тобто особливою групою органічних речовин, всередині яких розташовані центральні атоми металів, а

також аквагідрокомплекси, наприклад, алюмінію, за таких умов від'ємно заряджені іони знаходяться назовні, а позитивно – у внутрішній частині. В подальшому розвиваючи ці уявлення нами було запропоновано мегамолекулярну модель будови гумінових кислот, яка являє собою зшиті з фульвокислот клатратну мегамолекулу гумінових кислот трубчастого виду (Tsapko, 2014), *рисунок*.

Запропонована схема (модель) зшитої клатраної мегамолекули гумінових кислот тісно пов'язана з особливостями генетичного зв'язку між ними та фульвокислотами.

Як приклад такого зшивання можна навести реакцію о-амінолофенолу з оксі-р-хіноном, внаслідок якої утворюється фенолоксизон. Дана реакція відбувається внаслідок відщеплення двох молекул води та поєднанню обох кілець через азот-кисневий місток та кисень. Подібні угруповування, а саме кетонні групи, є й у фульвокислот, що за нашою думкою, підтверджує здатність фульвокислот до трансформування в більш складні органічні сполуки, якими є гумінові кислоти (Tsapko, 2014).



1 – циклічні молекули фульвокислот (крауни); 2 – зшивання молекул фульвокислот;
3 – зшита макромолекула гумінових кислот (клатрат)

Схема утворення зшитої клатратної мегамолекули гумінових кислот

Нагадаємо, що термін «клатрати» походить від лат. *clatratus* – обрешечений, закритий ґратами – сполуки включення. Сполуки включення утворюються внаслідок проникнення однієї або кількох молекул одного виду в порожнину молекули або кристалічної решітки другого, наприклад, металів та їх солей. Валентні сили при цьому не діють, але молекула включення не може залишити свого місця, тобто в неї немає виходу у зовнішнє середовище, через оточення з усіх боків молекулами речовини, яка її включає, а також завдяки стримуванню індукційними силами. Клатрати гумінових кислот містять у внутрішній частині значну кількість структурованої води, що забезпечує стійкість їхньої структури.

Високу стійкість таких клатратів можна пояснити й тим, що вони обов'язково містять таку невід'ємну складову гумусу як гумін, який тісно пов'язаний з мінеральною матрицею ґрунту. Тобто, тут мова вже йде не про клатрати гумінових кислот, а саме про клатратну модель гумусу.

Наведена схема структурної будови гумусу передбачає переосмислення таких усталених понять як «ядро» і «периферія» макромолекул гумусових речовин за традиційною моделлю, що використовують у ґрунтознавстві, тому що в краун-клатратній моделі «периферія» обернена до внутрішньої частини, а гідрофобне «ядро» утворює щільну зовнішню оболонку. Зрозуміло, що такий гумус важко розчинити водою і він не утворює просторово однорідних гелів, як це було б, наприклад, при зосередженні активних груп на периферії.

Виходячи з цієї моделі можна пояснити добре виражену спорідненість гумусу до катіонів металів. У теперішній час вважаються загальноприйнятими уявлення,

відповідно до яких фульвокислоти мають виразну спорідненість до катіонів Al^{3+} , бурі гумінові з катіонами заліза Fe^{2+} та Fe^{3+} , а чорні гумінові кислоти – з катіонами Ca^{2+} . Механізми цих взаємодій і причини, що їх обумовлюють можна пояснити з позиції краун-клатратної концепції і протонно-апротонного каталізу (Tsapko, 1990; Ionenko et al., 1988). Якщо домінує апротонна компонента каталізу, яка здійснюється потужним комплексоутворюючим іоном, наприклад Al^{3+} , то формування закінчується на рівні елементарного комплексу. Так утворюється комплекс алюмінію з фульвокислотами.

Переважаання протонної складової, наприклад, в кислих ґрунтах, веде до руйнації комплексів. У слабо кислих ґрунтах апротонними каталізаторами є Fe^{2+} та Fe^{3+} – доволі потужні комплексоутворюючі іони, які здатні сформувати комплекси з відповідними їм за протонною активністю бурими гуміновими кислотами, які характерні для кислих лісових ґрунтів.

За нейтральної або лужної реакції ґрунту, коли протонний каталіз слабкий, формування макроstruktur гумусу здійснюється за рахунок іонів Ca^{2+} і частково Mg^{2+} , які, входячи до внутрішньої частини клатратів гумусу, зміцнюють їх структуру. Саме ці процеси обумовлюють утворення чорних гумінових кислот, які переважають в чорноземних ґрунтах.

На користь вищенаведених поглядів щодо структурної організації гумусу свідчить й те, що у більшості сучасних ґрунтів гумусовий профіль яких вже сформований, включення продуктів розкладу свіжих органічних залишків до складу гумусу в значній мірі відбувається за типом фрагментарного оновлення (Fokin, Karpukhin, 1974; Gardenas et al., 2011). При цьому продукти розкладу не формують цілком нову молекулу гумусу, а після конденсації спочатку включаються до периферичних ланцюжків, а потім, після часткової мінералізації, вже утворюють більш стійкі циклічні структури. У природі зустрічаються дуже стійкі поперечно-зшиті речовини, наприклад лігнін та вугілля. Виходячи з цього, стає зрозумілим надзвичайно висока стійкість вугілля при потраплянні в ґрунт, як до кислотного та лужного гідролізу, так і до біологічної деструкції.

Клатратні структури гумусу мають величезну молекулярну масу, тому їх можна вважати мегамолекулами або супрамолекулами. Наступним рівнем організації (упорядкованості) гумусу слугує ансамбль таких трубчастих мегамолекул, які пов'язані між собою гідрофобними силами. Останнє обумовлює надзвичайну стійкість клатратних структур гумусу.

Вищенаведені погляди співпадають з поглядами закордонних фахівців щодо формування асоціацій гумусових речовин, які стабілізовані гідрофобними силами та ковалентними водневими зв'язками (Kelleher, Simpson, 2006; von Lützow et al., 2008).

Запропонована клатратна модель структурної будови гумусу дозволяє чітко обґрунтувати його існування в ґрунтах протягом тисяч років (за радіовуглецевим методом до 25–35 тис. років), а також їх здатність надавати ґрунтам стабільність, своєрідну буферність, певний біохімічний фон та колір. З цієї позиції є очевидним, що за високої біологічної активності чорноземних ґрунтів та значного вмісту глинистих мінералів, а відтак і високого вмісту алюмінію, не спостерігається як підвищення кислотності, так і підвищеної мінералізації гумусу. На наш погляд, перше пов'язано з тим, що алюміній та його сполуки входячи до внутрішньої частини клатратів втрачають реакційну здатність і не здатні до підкислення ґрунтового середовища, а друге – із стійкістю клатратів гумусу. На користь останнього свідчить наступне – розрізненні (поодинокі) краун-сполуки достатньо легко руйнуються мікроорганізмами, що відбувається за високої мікробіологічної активності ґрунтів, наприклад, у буроземних ґрунтах. Разом із цим у чорноземах, в аналогічних умовах, спостерігається надзвичайно висока стійкість гумусу як до різних видів гідролізу, так і мінералізації.

В дерново-підзолистих та буроземних ґрунтах процеси зшивання краунів фульвокислот в більш складні клатрати гумінових кислот уповільнюються.

Внаслідок цього спостерігається зменшення співвідношення гумінових кислот до фульвокислот і, як правило, кислотність ґрунтів збільшується.

ВИСНОВКИ

Таким чином, запропонована модель клатратної структури гумусу вочевидь демонструє, що він має величезну молекулярну масу, притаманну мегамолекулам. Наступним рівнем організації (упорядкованості) гумусу слугує ансамбль таких мегамолекул, які пов'язані між собою гідрофобними силами і мінеральною матрицею ґрунту. Останнє обумовлює надзвичайну стійкість клатратних структур гумусу, а також їх здатність надавати ґрунтам стабільність, своєрідну буферність, певний біохімічний фон та колір тощо.

В цілому вищенаведені погляди на структурну організацію гумусу становлять лише частину проблем, потреба розв'язання яких обумовлена розвитком сучасної науки про ґрунти, в цьому аспекті надзвичайно цікавими є й інші думки як в контексті цієї статті, так і багатьох інших питань ґрунтознавства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Fokin, A. D., Karpukhin, A. I., 1974.** Vkluychenie produktov razlozheniia rastitelnykh ostatkov (mechenykh ^{14}C) v gumusovye veshchestva [The inclusion of crop residues of degradation products (labeled ^{14}C) in the humic substances], Eurasian Soil Science, 11, 73–78 (in Russian).
- Gardenas, A. I., Agren, G. I., Bird, J. A., Clarholm, M., Hallin, S., Ineson, P., Katterer, T., Knicker, H., Nilsson, S., Nasholm, T., Ogle, S., Paustian, K., Persson, T., Stendahl, J., 2011.** Knowledge gaps in soil carbon and nitrogen interactions – From molecular to global scale, Soil Biol. and Bioch., 43, 702–717.
- Ionenko, V. I., Golovachyov, E. A., Sukacheva, O. A., Kotlyarenko, E. A., Beskrovnyj, A. M., 1988.** Fenomenologiya funktsionalnykh strukturnykh modeley prirodnykh gumusovykh i sintezirovannykh guninopodobnykh veshchestv [Phenomenology functional structural models of natural humus and humic substances synthesized], Sib. Herald of Agricul. Science, 3, 94–103 (in Russian).
- Kelleher, B., Simpson, A., 2006.** Humic Substances in Soils: Are They Really Chemically Distinct?, Environmental Science & Technology, 40, 4605–4611.
- Komissarov, I. D., Loginov, L. F., 1971.** Strukturnaya skhema i modelirovaniye makromolekul gumonovykh kislot [The block diagram and the simulation of macromolecules of humic acids], Humic preparations, Tyumen, 131–142 (in Russian).
- Orlov, D. S., 1985.** Khimiya pochv [Soil Chemistry], Publishing house of the Moscow State University, Moscow (in Russian).
- Tsapko, Yu. L., 1990.** Izmeneniye fiziko-khimicheskikh pokazateley chernozemov opodzolennykh Lesostepi USSR i ikh gumusovykh kislot pod vliyaniem selskokhoziajstvennogo ispolzovaniya [Change of physical and chemical indicators of chernozem podzolized forest-steppe USSR and humic acids under the influence of agricultural use], Dis. of Cand. of Agricultural Sciences, spec. 06.01.03 – soil science, Minsk (in Russian).
- Tsapko, Yu. L., 2014.** Strukturna budova gumusovykh kislot v aspekti ii vplyvu na kyslotnu funktsiyu gruntiv [The block structure of humic acid in terms of its impact on acid soils function], Bulletin of V. Dokuchaev Kharkiv National University, Kharkiv, 1, 12–18 (in Ukrainian).
- von Lützow, M., Kogel-Knabner, I., Ludwig, B., Matzner, E., Flessa, H., Eksschmitt, K., Guggenberger, G., Marschner, B., Kaalbitz, K., 2008.** Stabilization mechanisms of organic matter in four temperate soils: development and application of a conceptual model, J. of Plant nutrition and Soil Science, 171, 111–124.
- Ziehm, W., 1977.** Zwischenmolekulare Kräfte und die Struktur von Huminstoffen, Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde, 140, 2, 151–157 (in German).

Стаття надійшла в редакцію: 25.10.2015

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

CHRONICLE



J. M. Recio Espejo¹✉
F. Diaz del Olmo²

Dr. Sci. (Biol.), Professor
Dr. Sci. (Geog.), Professor

¹University of Cordoba,
Campus de Rabanales, Cordoba, Spain, 14071

²University of Seville,
Campus Maria de Padilla, Seville, Spain, 41004

**Seminar «The soils as resource in the Biosphere»
25, 26 and 27/November/2015
International University of Andalusia (Huelva, Spain)**

Course with an extension of thirty academic hours celebrated in La Rábida (Huelva, Spain), headquarter of International University of Andalusia (UNIA) with the economic supporting of Andalusia Environmental Autonomous Government, and organized by Córdoba University (Faculty of Science) and Seville University (Faculty of Geography), with the collaboration of «Nicolay Masyuk» seminar and Andalusia Quaternary Group (AEQUA-GAC).



Informative prospectus about the course

✉ Tel.: + 3495-721-85-97, e-mail: bv1reesj@uco.es

DOI: 10.15421/041522

The main objective was a conceptual updating of pedology science with a new vision about the soil with an element of the ecosystem subjected to superficial dynamic and human actions. Contemplate it with fundamental elements of territory and the agricultural and natural landscape, relationship with biodiversity and geodiversity, the Natural Protected Areas and the erosion problems.

Its organization has been related with the international commemoration of “**2015 International year of the soil**”. This celebration tried a spreading of edaphological science and the importance of the soils like a fundamental elements of the Biosphere, helping to the present environmental and ecological situation. In the same time was objective of the seminar the complete academy formation of students participating, the exchange of scientific knowledge, institutional cooperation, international projection and the multidisciplinary.

It was supervised to students of different Faculties of Science, Engineering, Geography and Archaeology, different professionals of private and public sector, managing and business farmers, societies and associations farming, and technicians and researchers in general. The course information was sent to different national and regional universities, to Spanish Soil Science Association (SECS), Spanish Geomorphology Association (SEG), Quaternary Spanish Association (AEQUA) and the Royal Academy Science network of Andalucía (Spain).

The seminar have participated 38 students and 18 professors and technicians of different Spanish center research (universities and autonomous government technicians), 2 from Spanish-America (Brazil and Colombia), 2 German universities (Dresden and Bayreuth), 2 from Russian institutions (Lomonozov University and Petersburg Soil Museum) and 1 from Dnipropetrovsk Agrarian University (Ukraine).

The general subject matter was: Mediterranean soil weathering processes: Tropical soils; Soil erosion; Soils diversity in Mediterranean region; Agriculture and contamination problems; Soil processes: sand dunes in Doñana National Park; Aluvial soils and archaeology; Quaternary, Holocene and soil chronology; Palaeosoils interpretation; Soil mapping: the soil map of Andalusia region; The Chernozem; Soils and society: Doucuchaev Soil Museum; Anthropology and soils; Soils and agriculture; Soils data and statistical study; Soil of Mars.

The staff and centers research participating was: J. M. Recio Espejo (University of Córdoba, Spain and Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Ukraine), and F. Díaz del Olmo (University of Seville, Spain) organizers.



Professor G. Paneque Guerrero together seminar organizers

G. Paneque Guerrero (Emeritus Professor University of Seville); W. Zech (Soil Science, University of Bayreuth, Germany); J. Torrent Castelet (Emeritus Professor University of Córdoba); N. Bellinfante Crocci (University of Seville); L. Corral Mora (University of Córdoba); D. de la Rosa Acosta (CSIC); T. Vanwalleghem (University of Córdoba); Alberto Inda (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil); A. Rusakov (Institute of Earth Science, Petersburg, Russia); J. Gil Torres (University of Córdoba); T. Zubkova (Soil Science Faculty, Lomonozov University, Moscow, Russia); M. Rodriguez Suriam (Andalusia Environmental Autonomous Government); D. Faust (Technischen Universität of Dresde, Germany); F. Borja Barrera (University of Huelva); D. Mirosimichenko (Agrarian University of Dnipropetrovsk, Ukraine); J. L. González Fernández (University of Córdoba); C. Borja Barrera (University of Seville).

Made good use this opportunity of this international year to pay tribute to D. Guillermo Paneque Guerrero, Professor of Córdoba and Seville University, Master of some generation of Spanish pedologists, to the memory to Professor Lev O. Karpachevskiy (died in 2012), and the same time to sent regards to Professor Anatoly P. Travleev, as two significant exponents of Russian and Ukrainian Soil Science development.

Х. М. Реціо Еспехо¹

д-р біол. наук, проф.

Ф. Діас дель Олмо

д-р геогр. наук, проф.

¹Університет Кордоба, Кампус де Рабаналес, м. Кордоба, Іспанія, 14071,
тел.: + 3495-721-85-97, e-mail: bv1reesj@uco.es

²Університет Севільї, Кампус Марія де Паділла, м. Севілья, Іспанія, 41004

**Семінар «Ґрунти як ресурс у біосфері»,
25–27 листопада 2015 (Уельва, Іспанія)**

Розширений курс в тридцять академічних годин проходив в Ла Рабіда (Уельва, Іспанія), в штаб-квартирі Міжнародного Університету Андалусії (UNIA) при економічній підтримці Андалузького автономного уряду навколишнього середовища, організованого університетом Кордови (факультет наук) і Севільським університетом (факультет географії), у співпраці з семінаром «Микола Масюк» і Андалузькою групою з четвертинного періоду (AEQUA-GAC).

Головним завданням було концептуальне оновлення науки ґрунтознавства з новим баченням ґрунту як елемента екосистеми, який зазнає поверхневих динамічних дій людини. Ґрунт розглядається як основний елемент території і сільськогосподарського і природного ландшафту, що взаємодіє з біологічним і географічним різноманіттям, природними територіями і проблемами ерозії.

Організація семінару була пов'язана з 2015 Міжнародним роком ґрунту. Метою заходу стало поширення науки ґрунтознавства та підкреслення важливості ґрунту як основного елемента біосфери, допомоги у вирішенні проблем навколишнього середовища і екологічної ситуації. У той же час завданням семінару був обмін науковими знаннями, інституційна співпраця, міжнародні та міждисциплінарні проекти.

Були заслухані виступи студентів різних наукових і технічних факультетів, географії та археології, різних фахівців приватного та державного сектора, менеджерів і бізнес-фермерів, товариств та асоціацій сільського господарства, техніків і дослідників в цілому. Інформаційний курс був спрямований на аудиторію різних національних і регіональних вузів: Іспанська асоціація ґрунтознавства, Іспанська асоціація геоморфології, Іспанська асоціація четвертинного періоду і Королівська академія наук Андалусії (Іспанія).

У семінарі взяли участь 38 студентів та 18 професорів і техніків різних іспанських дослідницьких центрів (університетів і автономних державних технічних

інститутів), 2 – від Іспано-американського союзу (від Бразилії і Колумбії), 2 – від німецьких університетів (Дрезден і Байройт), 2 – від російських інститутів (Університет Ломоносова і Петербурзький музей ґрунту) і 1 – від Дніпропетровського аграрно-економічного університету (Україна).

Основними предметами для обговорення стали: Середземноморські ґрунти, процеси вивітрювання; Тропічні ґрунти; Ерозія ґрунту; Ґрунтова різноманітність в Середземноморському регіоні; Сільське господарство і проблеми забруднення; Ґрунтові процеси; Піщані дюни в Національному парку Доньяна; Алювіальні ґрунти і археологія; Четвертинний період, Голоцен і хронологія ґрунтів; Інтерпретації палео-ґрунтів; Картографування ґрунту; Ґрунтова карта регіону Андалусії; чорнозем; Ґрунти і суспільство; Музей ґрунтів Докучаєва; Антропологія і ґрунти; Ґрунти і сільське господарство; ґрунтові дані і статистичні дослідження; Ґрунт Марса.

Учасники-організатори: Х. М. Реціо Еспехо (Університет Кордови, Іспанія і Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна), Ф. Діас дель Олмо (Університет Севільї, Іспанія).

Учасники: Г. Панеке Герреро (почесний професор Університету Севільї); В. Зах (Університет ґрунтознавства, Байройт, Німеччина); Дж. Торрент Кастелет (почесний професор Університету Кордови); Н. Беллінфанте Крочі (Університет Севільї); Л. Коррал Мора (Університет Кордови); Д. де ла Роса Акоста (CSIC); Т. Ванвалленгем (Університет Кордови); Альберто Інду (Федеральний університет Ріо-Гранде-ду-Сул, Бразилія); А. Русаков (Інститут геологічних наук, Санкт-Петербург, Росія); Дж. Джил Торрес (Університет Кордови); Т. Зубкова (факультет ґрунтознавства, Університет Ломоносова, Москва, Росія); М. Родрігес Суріам (Автономний уряд по навколишньому середовищу, Андалусія); Д. Фауст (Технічний Університет Дрездена, Німеччина); Ф. Борха Баррера (Університет Уельви); Д. Мірошніченко (Дніпропетровський аграрний університет, Україна); Дж. Л. Гонсалес Фернандес (Університет Кордови); С. Борха Баррера (Університет Севільї).

У цей Міжнародний рік ґрунту семінар послужив прекрасною можливістю приділити належну увагу Д. Гільермо Панеке Герреро, професору університетів Кордови і Севільї з покоління іспанських ґрунтознавців, згадати професора Лева Оskarовича Карпачевського (помер в 2012 році), і в той же час відправити привіт і найкращі побажання професору Анатолію Павловичу Травлєєву, підкресливши тим самим значущість розвитку російського і українського ґрунтознавства.

TO AUTHORS' ATTENTION !

When preparing the article for sending to the editorial board, stick to the following rules:

1. Send at the address of the editorial board two printed copies of the article, at the e-mail address – electronic version.

The article should be checked carefully, signed by all authors and attended with written reference, signed by Doctor of Sciences of appropriate specialization and expert conclusion about the possibility of open publication of the article.

The size of the article is 10 pages of typescript at the most (one page in the journal format contains about 4500 signs, including the spaces).

The size of the illustrations and tables should be 30 % of the article size at the most.

All text materials should be given in 1,5 intervals. From each edge of the page 2 cm. should be left, shrift – Times New Roman 12 points, indention – 0,8 cm.

When setting the type it is necessary to distinguish between hyphen and dash and to use double angle brackets.

It is obligatory to set a space between initials and a surname. Text materials should be made in the text editor MS Word 2003, 2007, as a document Word (*.doc).

Mathematical formulae and equations should be made in equation editor Microsoft Equation, chemical – in the editor ISIS Draw.

3. Use the units of International Measurement System.

4. The structure of the article:

- UDC index in the upper left corner of the page;
- initials and surnames of all authors (preferably not more than 4 persons), indicating the scientific degree and the academic status of each author;
- the full name and the address of the organization in which the research was conducted (in Ukrainian, Russian and English), e-mail address, telephone number for hot link with the author;
- the title of the article in Ukrainian, Russian and English, which briefly informs about the substance of it and content 13 words at the most;
- the annotation is expanded in English (600-700 words), it should contain the information about the aim, methods, data, scientific novelty, practical importance, key words (6 – 8 words); the annotation is reduced in Ukrainian and Russian, where the results, main conclusions and key words (6 – 8 words) are given;
- the body text of the article should content the following parts: Introduction; Data and methods of the research; Results and their discussion; Conclusions; References.

Tables should be numerated according to their mentioning in the text. Give a brief title at the top of each table. Statistical and other detailed information is given as a note below. Table data should be made in the table editor MS Word 2003, 2007.

Number illustrations according to their discussion in the text. Point at the foot of the illustration its title. The illustrations in the article should have the separate electronic copy. Diagrams and graphic charts should be made in Microsoft Excel, Statistica program packages, schemes – in Visio program package. Save them in the format of these programs as separate files (e.g., petrov_ris1).

The best file formats for scanning the images are TIFF, JPEG, EMF. All elements of text in the images (graphic charts, diagrams, schemes) if it is possible should have a font Times New Roman or Times New Roman Cyr (in a particular instance Courier). Keep each image in a separate object. The images after scanning when printing should be clear, as well as original one.

- gratitude as appropriate is given in the end of the article before the list of references;
- list of used literature. References to the literature should be given in the semicircular brackets with the name of quoted author (or the title of the source if there are more than three authors) and the publication date. In the list of references every Ukrainian-language and Russian-language source should be given through the transliteration in English letters indicating the English translation in square brackets, as well as in semicircular brackets - the original source of language;
- who (from editorial board) recommends the article for publication.

5. Separately the electronic data about the authors which content the information about the surname, name and middle name in full, academic degree, academic rank, workplace (full and abbrevi-

ated name of organization), post, town, country, contact phone number and e-mail are given in Ukrainian, Russian and English.

6. Working at the revision an author should take into account all the notes, retype and send all the materials to the address of the colleague of editors up to the date, noted by an editor. Articles that come after the revision later than in 3 months will be considered as new ones.

Sent materials are not returned back. The editorial board preserves a right to correct and abridge the text or send the script back for revision in the case of nonobservance of the above rules.

Authors take the responsibility for the content of the materials.

ДО УВАГИ АВТОРІВ !

При оформленні статті до надсилання в редакцію просимо дотримуватися таких правил:

1. Надіслати на адресу редакційної колегії два роздрукованих екземпляри статті, на електронну адресу – електронну версію.

Стаття має бути ретельно перевірена, підписана всіма авторами і супроводжуватися письмовою рекомендацією, підписаною доктором наук відповідного профілю та експертним висновком про можливість відкритої публікації поданої статті.

Обсяг статті – не більше 10 сторінок машинопису (одна сторінка у форматі журналу містить до 4500 знаків, включаючи пропуски).

Обсяг ілюстрацій і таблиць не повинен перевищувати 30 % обсягу статті.

2. Усі текстові матеріали роздрукувати через 1,5 інтервала, залишаючи з кожного краю сторінки відступи 2 см, шрифт – Times New Roman 12 пунктів, абзацний відступ – 0,8 см. При наборі статті необхідно розрізняти дефіс і тире, а також застосовувати поліграфічні «ялинки». Між ініціалами та прізвищем обов'язково залишати пропуск. Текстові матеріали підготувати в редакторі MS Word 2003, 2007 як документ Word (*.doc). Математичні формули і рівняння готуйте в редакторі рівнянь Microsoft Equation, а хімічні – у редакторі ISIS Draw.

3. Використовуйте одиниці Міжнародної системи вимірювань.

4. Структура статті:

- індекс УДК у верхньому лівому куті сторінки;
- ініціали та прізвища усіх авторів (бажано не більше 4 особи), із зазначенням вченого ступеня та звання кожного автора;
- повна назва і адреса організації, у якій виконувалися дослідження, подати українською, російською та англійською мовами, а також указати *e-mail*, телефон для оперативного зв'язку з автором;
- назва статті українською, російською та англійською мовами, яка повинна коротко інформувати про її зміст і містити не більше 13 слів;
- анотація: розширена – англійською мовою (600–700 слів), повинна містити інформацію про мету, методику, результати, наукову новизну, практичну значимість, ключові слова (6–8 слів); скорочені – українською та російською мовами, в яких коротко описують результати головних висновки проведених досліджень, ключові слова (6–8 слів);
- основний текст статті повинен містити такі розділи: Вступ; Матеріали та методи досліджень; Результати та їх обговорення; Висновки; Список використаної літератури.

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

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

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

- список використаної літератури. Посилання на літературні джерела слід подавати в напівкруглих дужках із зазначенням прізвища цитованого автора (або назви джерела, якщо авторів більш ніж три) та року видання. У списку використаних джерел кожне україномовне чи 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
2015. Т. 16, № 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 – А. О. Черненко
Художньо-технічне оформлення та комп'ютерна верстка – В. А. Горбань

Підписано до друку 26.11.2015 р. Формат 70×108 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 14.
Замовлення № . Тираж 200 прим.
