



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
УКРАЇНИ



НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ
імені О. Н. СОКОЛОВСЬКОГО

АГРОХІМІЯ і ҐРУНТОЗНАВСТВО

МІЖВІДОМЧИЙ
ТЕМАТИЧНИЙ
НАУКОВИЙ
ЗБІРНИК

84



ХАРКІВ – 2015

Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник.
Випуск 84. – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2015. – 146 с.

AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE. Collected papers.
No. 84. Kharkiv: NSC ISSAR, 2015. - 146 p.

Збірник публікує наукові статті за результатами теоретичних, експериментальних та методичних досліджень з актуальних напрямів ґрунтознавства, агрохімії, агроєкології, землеробства та інших наук, які містять оригінальну інформацію та обґрунтовані висновки.

Згідно з наказом МОН України від 29.12.2014 № 1528 збірник внесено до Переліку наукових фахових видань України в галузях сільськогосподарські і біологічні науки за спеціальностями:

03.00.18 – ґрунтознавство (біологічні науки),

06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика (сільськогосподарські науки),

06.01.04 – агрохімія (сільськогосподарські науки).

Мови видання: українська, російська, англійська

Редакційна колегія:

С.А. Балюк д.с-г.н. (відповідальний редактор); ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Н.А. Білова д.б.н.; Академія митної служби України
Д.С. Булгаков д.б.н.; Інститут ґрунтознавства ім. В.В. Докучаєва (Москва, Росія)
В.Ю. Гончаренко д.с-г.н.; Інститут овочівництва і баштанництва НААН
М.О. Горін д.б.н.; Харківський національний аграрн. ун-т ім. В.В. Докучаєва
Г.М. Господаренко д.с-г.н.; Уманський національний ун-т садівництва
Ю.М. Дмитрук д.б.н.; Чернівецький національний ун-т ім. Ю. Федьковича
Л.В. Єстеревська д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Т.М. Лактіонова к.с-г.н. (відповідальний секретар); ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
В.В. Лапа д.с-г.н.; РУП «Інститут ґрунтознавства та агрохімії» (Мінськ, Білорусь)
М.В. Лісовий д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
В.В. Медведєв д.б.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
М.М. Мірошніченко д.б.н. (заст. відп. редактора); ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Е.М. Молчанов д.б.н.; Інститут ґрунтознавства ім. В.В. Докучаєва (Москва, Росія)
Б.С. Носко д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
С.М. Польшина д.б.н.; Чернівецький національний ун-т ім. Ю. Федьковича
Є.В. Скрильник д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Д.Г. Тихоненко д.с-г.н.; Харківський національний аграрн. ун-т ім. В.В. Докучаєва
А.П. Травлєєв д.б.н.; Дніпропетровський національний університет
Р.С. Трускавецький д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
А.І. Фатєєв д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Ю.Л. Цапко д.б.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
С.Г. Чорний д.с-г.н.; Миколаївський державний аграрний університет

Склад редакційної колегії затверджено Вченою радою ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», протокол № 4 від 14.03.2014 р.

Рік заснування: 1966

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 20942-10742Пр

Засновник: Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (ННЦ ІГА) вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, тел. (057) 704-16-69
e-mail: soilscience @ukr.net
www.agrosoil.yolasite.com

Збірник представлено

- на порталі Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, www.nbuv.gov.ua
- у загальнодержавній реферативній базі даних (РБД) «Україніка наукова»
- у виданні УРЖ «Джерело» Інституту проблем реєстрації інформації НАН України (ІПРІ)

Збірник індексується

наукометричною базою даних РІНЦ (Російський індекс наукового цитування)

Рекомендовано до видання Вченою радою ННЦ ІГА, протокол № 17 від 13.11.2015 р.

ISSN 0587-2596

© Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»

ЗМІСТ

ГРУНТОЗНАВСТВО

Дмитрук Ю.М., Гаврилюк В.Б.

Особливості пізньоголоценової еволюції ґрунтів Передкарпаття..... 6

Нікорич В.А.

Діагностика літогенної неоднорідності бурувато-підзолистих ґрунтів на основі гранулометричного складу..... 11

Черлінка В.Р.

Адаптація великомасштабних карт ґрунтів до їх практичного використання у ГІС..... 20

Ernest C.I., Okafor M.J., Irokwe I.F.

Оценка пригодности земель заболоченного бассейна реки Огоча (штат Имо, юго-восточная Нигерия) для производства риса в условиях дождевого орошения..... 28

Русева С., Розлога Ю., Лунгу М., Вінтіла Р., Лактіонова Т.

Бази даних ґрунтів Болгарії, Молдови, Румунії й України та їх участь у розвитку європейського ґрунтового інформаційного простору..... 35

АГРОХІМІЯ

Христенко А.О., Шаповалова В.С., Нешта А.П.

До проблеми вдосконалення діагностики калійного стану ґрунтів..... 49

ОХОРОНА ТА ВІДНОВЛЕННЯ ГРУНТІВ

Самохвалова В.Л., Лопушняк В.І., Фатсєв А.І., Горякіна В.М., Шимель В.В.

Прогнозування мікроелементного статусу ґрунтової системи для ефективної ремедіації і використання..... 55

Белоліпський В.О., Полулях М.М.

Оцінка вологонакопичення в ґрунтах степових агроландшафтів..... 63

Жуков А.В., Задорожня Г.А.

Оценка экоморфогенеза педозема и чернозема обыкновенного на основе показателей твердости..... 72

Журавель М.Ю., Найдьонова О.Є., Яременко В.В.

Застосування біологічних показників для визначення агроекологічного стану рекультивованих ґрунтів..... 80

Семенов Д.О.

Придатність ґрунтів для органічного землеробства в зоні впливу аеротехногенних викидів підприємств хімічної промисловості..... 88

Найдьонова О.Є.

Вплив біопрепарату Оптимайз 200 на біологічний стан ґрунту в прикореневій зоні рослин сої в умовах органічного землеробства..... 95

Дрозд О.М.

Вплив меліоративного обробітку на властивості темно-каштанового солонцюватого ґрунту Сухого Степу..... 101

Захарова М.А.

Особливості міграції та акумуляції важких металів у зрошуваних агроландшафтах Інгулецької зрошувальної системи..... 105

ІСТОРІЯ НАУКИ

Мигунова Е.С.

Почва как среда обитания растений. Экологическое почвоведение..... 112

Вергунов В.А.

Перша історія науки агрохімії в Україні. (Рецензія на книгу академіка Б.С. Носка

«Сторінки історії агрохімічних досліджень в Україні».....	121
РОБОТИ МОЛОДИХ УЧЕНИХ	
Сябрук О.П.	
Удосконалення інструментального методу контролю емісії CO ₂ з поверхні ґрунту.....	123
Бородін А.Л., Крилач С.І.	
Вплив параметрів структури ґрунту, створених передпосівним обробітком, та їх динаміки на вологозабезпеченість кукурудзи.....	128
Десятник К.О.	
Зміна структурно-агрегатного складу чорнозему опідзоленого під впливом вапняних меліорантів різного хімічного складу.....	133
Рушенко Л.О.	
Вплив плантажного обробітку чорнозему південного під виноградники на показники його гумусового стану.....	138
Шовковська А.В., Лазебна М.Є.	
Акредитація лабораторій – шлях до підвищення рівня аналітичних робіт у сфері якості ґрунтів.....	141

CONTENT

SOIL SCIENCE

Dmytruk Y.M., Gavrilyuk V.B.	
Features of late Holocene evolution of Precarpathians soil.....	6
Nikorych V.A.	
Diagnostics of the lithogenic heterogeneity of brownish-podzolic soils based on the soil texture analysis	11
Cherlinka V.R.	
Adaptation large-scale maps of soils to their practical use in GIS.....	20
Ernest C.I., Okafor M.J., Irokwe I.F.	
Land suitability evaluation of Ogochie river wetland soils in Ngor-Okpala local government area of Imo state Southeastern Nigeria for rain fed rice production.....	28
Rousseva S., Rozloga Iu., Lungu M., Vintila R., Laktionova T.	
Soil databases of Bulgaria, Moldova, Romania and Ukraine and their participation in the European soil information continuum	35

AGROCHEMISTRY

Khristenko A.O., Shapovalova V.S., Neshta A.P.	
To problems of improve the diagnostics of potassium status of soils.....	49

SOIL PROTECTION and RECLAMATION

Samokhvalova V.L., Lopushnjak V.I., Fateev A.I., Gorjakina V.M., Shymel V.V.	
Forecasting of microelement status of soil system for efficient remediation and using.....	55
Belolipskiy V.O., Polulyakh M.M.	
Evaluation of moisture accumulation in soils of steppe agricultural landscapes.....	63
Zhukov A.V., Zadorozhnaya G.A.	
Pedozem and chernozem ecomorphogenesis assessment by soil penetration resistance data.....	72
Zhuravel N.E., Naydyonova O.E., Yaremenko V.V.	
Application of biological indicators for identifying the agroecological state of reclaimed soils.....	80
Semenov D.O.	
Soil suitability for organic farming within air- technogenic emissions of chemical industry.....	88

<i>Naydyonova O.E.</i>	
Influence of the biological preparation optimize 200 on the ecological state of soil in the root zone of soybeen plants in the conditions of organic farming.....	95
<i>Drozhd O.</i>	
Meliorative soil tillage effect on properties of dark chestnut alkaline soil in Dry Steppe zone.....	101
<i>Zakharova M.A.</i>	
Specifics migration and accumulation of heavy metals in irrigated agricultural landscapes of Ingulets irrigation system.....	105

HISTORY OF SCIENCE

<i>Migunova E.S.</i>	
The soil as a habitat of plants. Ecological Soil Science	112
<i>Vergunov V.A.</i>	
The pioneering history of Agricultural Chemistry science in Ukraine (review of Acad. B.S. Nosko book “Pages of history for agrochemistry researches in Ukraine”).....	121

YOUNG SCIENTISTS RESEARCHES

<i>Syabruk O.P.</i>	
Improvement of operational method for control of CO ₂ emission from the soil surface.....	123
<i>Borodin A.L., Krylach S.I</i>	
Influence of soil structure parameters created by preseeding tillage and their dynamics on moisture supply of corn.....	128
<i>Desyatnik K.O.</i>	
Change of chernozem podzolized structure under the influence of lime ameliorants with different chemical composition.....	133
<i>Rushenko L.O.</i>	
The effect of trenching the chernozem southern in vineyards on the indicators of its humus status.....	138
<i>Shovkovska A.V., Lazebna M.Ey.</i>	
Accreditation of laboratories in the field of soil quality – the way to enhance analytical work.....	141

ГРУНТОЗНАВСТВО SOIL SCIENCE

УДК 631.48(292.451)

ОСОБЛИВОСТІ ПІЗНЬОГОЛОЦЕНОВОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ҐРУНТІВ ПЕРЕДКАРПАТТЯ

Ю.М. Дмитрук¹, В.Б. Гаврилюк²

¹ Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича (*yuri.dmy@gmail.com*)

² Хмельницький центр Інституту охорони ґрунтів

Для профільно-диференційованих ґрунтів важливо оцінити ступінь диференціації за вмістом дрібнодисперсних часточок, як один із головних показників їх діагностики. Сучасний і похований ґрунти морфологічно досить споріднені, окремі відмінності зв'язані з інтенсивністю оглеєння, наявністю карбонатів та включень. Морфометричні показники похованого і фонового ґрунтів, відрізняються більше: весь профіль – 69 і 83 см (фоновий, порівняно з похованим, +20 %); верхній гумусовий горизонт – 17 і 24 см (+41 %); всі гумусовані горизонти – 33 і 45 см (+36 %). Головна причина відмінностей – інтенсифікація радіальних потоків речовини в екоотопі за час після поховання у відповідь на збільшення коефіцієнта зволоження. У фонового ґрунту виявлено збіднення верхніх горизонтів дрібнодисперсними часточками і їх акумуляцію в ілювіальних горизонтах. Тобто, за час після будівництва валу (останні 1000 років) істотно посилились процеси внутрішньоґрунтового вивітрювання і лесиважу та елювіально-ілювіального перерозподілу, що загалом підтверджує зростання гумідності клімату. Це сприяло радіальній міграції речовин, як і внутрішньоґрунтового вивітрюванню з оглиненням на місці.

Ключові слова: бурозем, лесиваж, оглеєння, похований ґрунт, фоновий ґрунт, еволюція, диференціація.

Вступ. Для Передкарпаття типовими ґрунтами вважають буроземно-підзолисті поверхнево оглеєні. Буроземи відносять до ґрунтів проблемного генезису. Істотний об'єм досліджень цих ґрунтів, тим не менше, не вирішив всіх існуючих проблем діагностики та класифікації буроземів [1–4]. Узагальнююча назва цих ґрунтів – профільно-диференційовані, але в дослідженнях часових рамок генезис власне профільної диференціації практично не висвітлений. Ґрунтоутворювальні процеси змінювалися протягом часу формування цих ґрунтів, а їхній розвиток був нерівномірним у часі навіть для одного й того ж екоотопу, що загалом притаманно більшості ґрунтів.

Головна мета дослідження – виявити зміни окремих ґрунтових параметрів профільної диференціації за останні 1000 років у відповідних еколого-ландшафтних умовах на основі вивчення хронокатени з похованим і фоновим (сучасним) ґрунтами.

Об'єкти і методи досліджень. Педохронокатена приурочена до с. Мирне (Надвірнянський район Івано-Франківської області), яке розташоване на лівому березі річки Бистриця Надвірнянська. Над річковою долиною різким уступом висотою до 60-70 метрів з місцями майже прямовисними схилами піднімається привододільна частина, до якої приурочені характерні для цієї ділянки ріки миси – терасові останці асиметричної форми. Вони чітко виділяються в рельєфі та мають характер природних укріплень. Тому такі місцевості з давніх часів вибиралися для поселення. Це є райони оселищ ранніх слов'ян (1000-1100 років ВР, археологічне датування), якими з відкритої сторони поселень будувалися укріплення, що представляли собою земляні вали з ровом перед ними з боку ймовірної атаки чужинців. Материнські породи в ареалі дослідження – глинисті та глинисто-мергелясті сланці, в підшві – ще й

пісковики. Будівництво земляного валу у лісі, де його роль, як оборонної споруди, нівелюється, мало ймовірно. Тому дотримуємося версії археологів, що поховані під земляними валами ґрунти на останньому перед похованням етапі (1000–1100 BP) знаходились під трав'янистою рослинністю. Зараз тут лісовий біоценоз, приурочений до самого схилу (ліс молодий – до 50 років, складений переважно з граба (*Carpinus betulus*) і дуба (*Quercus robur*), хоча місцями зустрічаються й більш давнього віку дерева. Другим ярусом піднімаються зарості грабчака (*Carpinus*), ліщини (*Corylus avellana*), калини (*Viburnum*), рідше шипшини (*Rosa canina*) та ялівцю (*Juniperus communis*). Трав'янистий покрив в лісі розріджений – не більше 40 % проективного покриття, представлений типовими для цього регіону різнотравно-злаковими угрупованнями). Ближче до вододілу ліс змінюється луками, які використовуються як пасовища, а місцями – під городи.

На карті ґрунтів цієї території відповідають бурувато-підзолисті, в лісах і бурі лісові ґрунти. Їхній колірний діапазон, як буде показано нижче, також цілком відповідає назві (бурі, буруваті тощо). Сліди різного ступеню оглеєння відмічаються в більшості генетичних горизонтів. Морфологічно виражене опідзолення з утворенням типових освітлених горизонтів для цього ґрунту не характерне, а карбонати (особливість ареалу) поширені у всьому профілі похованого ґрунту та в породі фонового. Похований ґрунт – також бурозем, перетворений діагенетичними процесами. Буроземоутворення в кінцевому результаті полягає в оглиненні, тобто формуванні вторинних глинистих мінералів, що найкраще виявляється в середній частині профілів цих ґрунтів [1, 3]. Прояви оглеєння зумовлені сповільненим водообміном та періодичним застоєм вологи. Оглеєння та глеє-елювіювання можуть сприяти опідзолюванню. Власне елювіального горизонту як й елювіально-ілювіального у польових дослідженнях не виділено. Літогенні карбонати в материнській породі фонового та похованого ґрунтів зв'язані з наявністю в їх основі мергелястих сланців. Останні неоднорідного складу, проте вміст глин досить високий, як і карбонатність, а тому й ґрунти мають деякі локальні особливості та рідко описані дослідниками цих ландшафтів.

Розріз фонового ґрунту (Bu-2), розміщений під луками, в 20-30 м на північ від межі ліс-луки та в 80 м на північ від земляного оборонного валу. Розріз похованого ґрунту (розріз Bu-1) було закладено на периферії валу, близько до початку уступу, в його східній-південно-східній частині. У цьому місці насип і похований ґрунт чітко виокремлюються.

Загальні морфолого-морфометричні особливості розрізів ґрунтів:

розрізом Bu-1 представлено ґрунт на валу та похований під валом ґрунт; виділено горизонти (в см): He, 0–33 – гумусовий зі слабкими слідами елювіювання; бурувато-сіро-бурий; свіжий; розпушений; коріння рослин; легкоглинистий; дрібногрудкувато-зернистий; перехід поступовий за забарвленням і зростанням щільності; межа нерівна; H1, 33–56 – гумусово-ілювіальний; неоднорідний, жовтувато-сіро-бурий; свіжий; ущільнений; коріння рослин; червоточини і копроліти; легкоглинистий; грудкувато-зернистий; перехід поступовий переважно за забарвленням і щільністю; межа розтягнута, нерівна; Pimgl, 56–73 – виділений дещо умовно в насипі нижній перехідний горизонт з ознаками оглеєння та метаморфізації, буро-жовтий на сизуватому тлі; свіжий; ущільнений; легкоглинистий; неоднорідний, перехід поступовий за забарвленням, межа нерівна; Pkq, 73–96 – виділена дещо умовно порода ґрунту на насипі, тобто частина насипного матеріалу, найменше змінена постґрунтогенезом із включеннями карбонатів та окремих уламків гірської породи; жовтувато-буро-жовта, більш однорідна ніж попередній горизонт; свіжа;

щільна; середньоглиниста; перехід чіткий у верхній гумусовий горизонт похованого ґрунту, межа майже лінійна.

Похований ґрунт складається з горизонтів: [H(e)k(gl)], 96–113 – гумусовий з незначними слідами елювіювання та оглеєння; неоднорідний, жовтувато-бурий з легкою сизуватістю; свіжий; щільний; карбонатний (без візуалізації); середньоглинистий; зернисто-грудкуватий; коріння рослин; червоточини та копроліти; перехід поступовий за посвітлінням кольору; межа нерівна, затічна; [I(e)hkg], 113–129 – ілювіально-гумусовий, оглеєний, візуально безкарбонатний, проте реагує з кислотою; неоднорідний, світло-буро-світло-жовтий; ущільнений; коріння рослин; зрідка легкий блиск кремнезему на поверхнях зломів; свіжий; важкоглинистий; горіхувато-грудкуватий; перехід – за збільшенням щільності, межа нерівна, слабкозатічна; [I(h)mk(gl)], 129–150 – ілювіальний з ознаками метаморфізації та оглеєння, з чітко виділеними карбонатами; вологий; неоднорідний, бурувато-жовто-світло-бурий, з окремими світлішими від карбонатів плямами; важкоглинистий; щільний; «пластилінчастий»; перехід поступовий за збільшенням інтенсивності оглеєння та забарвленням, межа нерівна, розтягнута; [Pimkg], 150–165 – верх материнської породи, зі слідами ілювіювання та метаморфізації; оглеєний; вологий; неоднорідний, загальна сизуватість на бурувато-жовто-коричнюватому фоні, з окремими світлими від карбонатів плямами; окремі уламки гірської породи; важкоглинистий; щільний; перехід поступовий за забарвленням і за насиченістю уламками породи, межа нерівна; [Pk(gl)Q], 165–228 (видно) – материнська порода, карбонатна (бурхлива реакція), оглеєна з крупноуламковим слабкоперетвореним гіпергенними процесами матеріалом, який візуально відповідає мергелю; волога; неоднорідна, але оглеєння менш виражене; щільна; важкосуглинкова.

Розріз фонового ґрунту (денної поверхні) **Bu-2**: H(e), 0–24 – гумусовий, з деякими ознаками елювіювання, сірий, світло-сіро-буруватий; свіжий; легкоглинистий; грудкувато-зернистий; червоточини і копроліти; коріння рослин; ущільнений; перехід поступовий за зміною забарвлення, межа нерівна слабкозатічна; Negl, 24–45 – гумусово-елювіальний, оглеєний; неоднорідний, сірувато-бурий з жовтуватим; свіжий; червоточини і копроліти; коріння рослин; легкий блиск зерен кварцу на гранях зломів; легкоглинистий; зернисто-грудкуватий; ущільнений; перехід за забарвленням і збільшенням щільності, межа нерівна слабкозатічна; I(h)mgl, 45–63 – ілювіальний, метаморфізований, оглеєний; бурувато-жовто-бурий, неоднорідний; вологий; щільний; лаковані поверхні зломів; коріння рослин – рідше; середньоглинистий; грудкувато-горіхуватий; перехід виражений за забарвленням, межа нерівна; Ipmgl, 63–83 – ілювіальний, нижній перехідний (верхня частина породи з вираженим ілювіюванням); оглеєний та метаморфізований; неоднорідний, бурувато-жовтий з сіруватими плямами і цятками охри; вологий; дуже щільний; середньоглинистий; «пластилінчастий»; межа чітка, за забарвленням і появою карбонатів; Pkg, 83–142 (видно) – материнська порода, карбонатна, оглеєна з окремими уламками порід і мінералів початкової стадії гіпергенезу; волога; неоднорідна, жовто-буро-коричнювата, дещо темніша, як попередній горизонт; плями карбонатів у місцях уламків гірських порід.

Аналіз результатів досліджень. Морфологічно сучасний і похований ґрунти досить споріднені, окремі відмінності зв'язані з інтенсивністю оглеєння, наявністю карбонатів та включень. Морфометричні показники похованого і фонового ґрунтів, відрізняються більше: потужність всього профілю – 69 і 83 см (у фоні, порівняно з похованим, збільшення (+) на 20 %); потужність верхнього гумусового горизонту – 17 і 24 см (+ 41 %); потужність всіх гумусованих горизонтів – 33 і 45 см (+ 36 %).

Отже, потужність профілю сучасного ґрунту загалом зросла на 20 %, але основні зміни стосуються верхньої його частини (+ 41 % та + 36 %). За

«ідеалізованого» положення про тотожність цих профілів близько 1000 років тому назад, основні зміни за цей час стосуються саме верхніх горизонтів, потужність яких істотно збільшилась. Головна причина цього – інтенсифікація радіальних потоків речовини в екоотопі за час після поховання, як реакція на збільшення коефіцієнта зволоження, посилення процесів внутрішньогрунтового вивітрювання та лесиважу.

Карбонатність та оглеєння похованого ґрунту, головне, результат вторинних діагенетичних процесів, які проходили у похованому ґрунті [5–10]. Оглеєння безумовно відбувалося у похованому ґрунті через природні процеси застою вологи, як і у власне фоновому ґрунті. Водночас насипання валу призвело до створення додаткового бар'єру на шляху низхідної міграції вологи, а тому оглеєння верхнього гумусового горизонту похованого ґрунту рівнозначно може бути наслідком як вихідних, так і вторинних, спричинених діяльністю людини, процесів.

Таблиця. Показники різновікових буроземів території дослідження

Генетичний горизонт	Вміст гумусу, %	рН (водн.)	Вміст гранулометричних фракцій ¹ , %			
			фізична глина	пісок	пил	мул
<i>Розріз Ви-1 на валу та похований</i>						
He, 0–33	2,26	5,85	77,3	1,75	67,2	31,0/0,93
HI, 33–56	2,26	5,26	76,7	1,44	45,9	52,6/1,57
Pimgl, 56–73	0,95	5,94	68,9	2,32	58,3	39,4/1,17
Pkq, 73–96	1,10	6,96	89,8	0,84	59,1	40,0/1,19
[H(e)k(gl)], 96–113	1,20	6,94	78,1	2,0	56,5	41,5/1,24
[(e)hkg], 113–129	0,88	7,26	86,9	1,51	52,3	46,2/1,38
[(h)mk(gl)], 129–150	0,99	7,65	84,0	1,36	55,9	42,8/1,28
[Pimkg], 150–165	1,10	7,36	91,1	0,84	56,4	42,8/1,28
[Pk(gl)Q], 165–228	1,30	7,45	56,2	1,20	65,3	33,5/1,0
<i>Розріз фонового ґрунту Ви-2</i>						
H(e), 0–24	1,50	5,23	77,3	1,75	65,9	32,4/0,82
Hehl, 24–45	1,20	5,48	75,4	1,44	70,2	28,4/0,72
I(h)mgl, 45–63	0,80	5,64	85,6	1,51	43,0	55,4/1,41
Ipmgl, 63–83	0,60	6,35	83,2	1,36	42,1	56,6/1,44
Pkglq, 83–142	0,40	6,75	80,6	2,32	58,3	39,4/1,0

¹ – фізична глина – сума фракцій <0,01 мм; пісок – сума фракцій 1-2, 0,25-1 і 0,05-0,25 мм; пил – сума фракцій 0,01-0,05, 0,005-0,01 і 0,001-0,005 мм; мул – над рисою – сума фракцій < 0,001 мм; під рисою – коефіцієнт радіальної диференціації мулу (КД)

Вміст гумусу незначний (табл.) і в обох ґрунтах близький, що, разом з подібністю морфологічного габітусу, свідчить про тотожність рослинного покриву впродовж майже всього часу існування цих ґрунтів. Профільний розподіл вмісту гумусу відрізняється і свідчить про певне посилення гумусоаккумулятивного процесу у фоновому ґрунті, порівняно з похованим. При цьому варто пам'ятати про зменшення вмісту гумусу ґрунтів в умовах поховання. Літологічно ґрунти близькі між собою, вони формувались на тотожних карбонатних материнських породах. Проте кислотність фонового ґрунту істотно більша, тоді як похований ґрунт більше насичений карбонатами і у верхніх горизонтах, очевидно, як наслідок діагенезу.

Профільна диференціація за вмістом мулу (табл.) істотно відрізняється – у профілі похованого ґрунту розподіл більш-менш рівномірний з акумулятивним трендом, порівняно з породою, у профілі фонового ґрунту констатовано збіднення мулом двох верхніх гумусових горизонтів та його акумуляція у нижніх ілювіальних горизонтах. Підвищений вміст дрібнодисперсних часточок у всіх генетичних

горизонтах похованого ґрунту (крім материнської породи) спричинений і їхнім вертикальним перенесенням з власне насипу до ґрунту. За таким недиференційованим профілем ($K_d=1,11$) похований ґрунт треба б віднести до бурозему опідзоленого, що сформувався під лісовою рослинністю з великою часткою трав'янистих видів (на думку М.І. Полупана та інших, 2005). Автори вважають, що фоновий ґрунт належить до буроземно-підзолистого, який характеризується елювіально-ілювіальним типом будови профілю і, формується лише за рахунок лісової рослинності (на сьогодні розріз фонового ґрунту розміщений під травами, при цьому ми допускаємо можливість вторинного характеру рослинності як результат антропопресингу).

За гранулометричним складом фоновий та похований ґрунти – середньоглинисті пилювато-мулісті, вниз по профілю гранулометричний склад важчає. У похованому ґрунті вміст мулу слабо диференційований за профілем з його мінімальною кількістю у материнській породі. Коефіцієнт диференціації мулу становить 1,11 (показник Коссовича – 21,7 %), що характерно для недиференційованих ґрунтів, у тому числі, чорноземного габітусу. У фоновому ґрунті виявлено виражене збіднення верхніх горизонтів дрібнодисперсними часточками і їх акумуляцію в ілювіальних горизонтах (табл.). Коефіцієнт диференціації мулу збільшився до 2,0 (показник Коссовича становить вже 49,9 %). Тобто, за час після будівництва валу істотно посилюються процеси елювіально-ілювіального перерозподілу у фоновому ґрунті, що загалом підтверджує зростання гумідності клімату за останні 1000 років. Це сприяло процесам радіальної міграції речовини, як і внутрішньогрунтового вивітрюванню з оглиненням на місці.

Висновки. Отже, елементарні ґрунтові процеси за останніх близько 1000 років змінювали одне одного залежно від ландшафтно-екологічних чинників: оглинення на місці сприяло диференціації профілю за вмістом мулу (його максимуми саме в ілювіальних горизонтах фонового ґрунту). «Пластинчастість» ілювіальних метаморфізованих горизонтів свідчить на користь оглинення в результаті інтенсивного внутрішньогрунтового вивітрювання, але й шляхом виносу мулу (лесиважу), останнім часом – внаслідок елювіально-ілювіального перерозподілу. Власне чіткого прояву процесу опідзолення не спостерігається.

На час будівництва валу для цього екоотопу була характерною трав'яниста рослинність, клімат, на загал, був сухішим, ніж надалі. Періодичне перезволоження могло спостерігатися і тоді, а тимчасовий застій вологи супроводжувався оглеєнням, реліктові ознаки якого збереглися. В умовах поховання під земляним насипом застій вологи посилювався. Буроземоутворення переважало і на той час, оглинення відбувалося, але елювіювання було обмеженим, а карбонатна материнська порода дещо урівноважувала вплив кислих компонентів та розвиток опідзолення. Рослинність, очевидно, з трав'янистої розвивалася до лісової, як результат зростання вологості клімату, а процеси буроземоутворення інтенсифікувалися. Це видається як наростання внутрішньогрунтового вивітрювання з оглиненням на місці, а також внаслідок інтенсифікації процесів лесивування, про що свідчать і збільшена потужність верхніх гумусових горизонтів, як і профілю ґрунту загалом. Очевидно, що профільна диференціація бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів відбувалася на останньому етапі їхнього розвитку.

Список використаної літератури

1. *Канівець В.І.* Процеси ґрунтоутворення в буроземно-лісовій зоні і класифікація буроземів / В.І. Канівець. – Чернівці: ЧДІЕУ, 2012. – 248 с.
2. *Полупан М.І.* Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України / М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.І. Кисіль, В.А. Величко. – Київ: Колообіг, 2005. – 304 с.
3. *Смага І.С.* Еколого-генетична оцінка профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття / І.С. Смага. – Автореф. дис... д.б.н. – Чернівці, 2010. – 39 с.

4. *Польчина С.М.* Профільно-диференційовані оглесні ґрунти Передкарпаття: генеза, варіабельність, систематика / С.М. Польчина. – Автореф. дис. д.б.н. – Чернівці, 2013. – 38 с.
5. *Память почве* / Отв. редакторы В.О.Таргульян, С.В.Горячкин. – Москва: Издательство ЛКИ, 2008. – 692 с.
6. *Эволюция почв и почвенного покрова* / Отв. редакторы В.Н.Кудеяров, И.В.Иванов. – Москва: Геос, 2015. – 925 с.
7. *Палеопочвы как индикаторы эволюции биосферы* / В.А. Демкин, Л.А.Гугалинская, А.О.Алексеев и др.; отв. ред. В.Н.Кудеяров. - Москва: НИИ-Природа, 2007. - 281 с.
8. *Палеопочвы и климат степей Нижнего Поволжья в I-IV вв. н. э.* / В.А. Демкин, Т.С.Демкина, А.О.Алексеев и др. - Пушино : ИФХИБП, 2009. - 95 с.
9. *Природная среда волго-уральских степей в савромато-сарматскую эпоху (VI в. до н.э. - IV в. н.э.)* / В.А. Демкин, А.С.Скрипкин, М.В.Ельцов и др.; отв. ред. С.В. Губин. - Пушино : ИФХИБП, 2012. - 215 с.
10. *Дмитрук Ю.М.* Ґрунти Траянових валів: еволюційний та еколого-генетичний аналіз. Монографія / Ю.М. Дмитрук, Ж.М. Матвіїшина, І.І. Слюсарчук. - Чернівці: Рута, 2008.- 232 с.

Стаття надійшла до редколегії 29.09.2015

FEATURES OF LATE HOLOCENE EVOLUTION OF PRECARPATHIANS SOIL

Y.M. Dmytruk¹, V.B. Gavrilyuk²

¹*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University (yuri.dmy@gmail.com)*

²*Khmelnitsky center of Soils Protection Institute*

Our aim was to determine changes of individual soil parameters for the 1000 BP in relevant environmental and landscape conditions based on the study of buried and background (modern) soils in pedochronocatenas. It is very important for profile-differentiated soils to compare their degree of differentiation of finely dispersed particles content as one of the main indicators in their diagnostics.

Modern and buried soils are quite related morphologically, and some differences between them connected with the intensity of gley, the presence of carbonates and inclusions. Morphometric parameters of buried soils are more differ in background: the whole profile has 69 cm (buried soil) and 83 cm (background soil, compared to the buried one + 20%); upper humus horizon – 17 and 24 cm (+ 41%); all humus horizons – 33 and 45 cm (+ 36%). The main reason of that is the intensification of the radial flow of substance in ecotope for the time after the build of an earthen rampart, which occurred due to increase of the moisture rate. In the background soil it was identified depletion of the upper horizons of finely dispersed particles and their accumulation in illuvial horizons. Therefore, after the build of the earthen rampart (1000 BP) intra soil weathering processes and lessivage (leaching from clay particles being carried down in suspension) as probably eluvial-illuvial redistribution have become significantly stronger that overall confirms growing of humid of climate. It has contributed to the radial migration of substances as an intra soil weathering with of gley in situ.

Keywords: *brownish-podzolic soil, lessivage, gley, buried soil, background soil, evolution, differentiation.*

УДК 631.435

ДІАГНОСТИКА ЛІТОГЕННОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ БУРУВАТО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ НА ОСНОВІ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ

В.А. Нікорич

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Інститут біології, хімії та біоресурсів, кафедра ґрунтознавства, Чернівці, Україна
v.nikorych@chnu.edu.ua

Проаналізовано сучасну літературу щодо питання літологічної дивергенції педогенезу. Показано умови формування літологічних розривів у бурувато-підзолистих (Retisols за WRB) ґрунтах Передкарпаття на основі гранулометричного аналізу. Встановлено, що перехід (конверсія) від національної (Качинського) до міжнародної (USDA/FAO) класифікації гранулометричного складу ґрунтів кардинально не змінює клас (не більше ніж на один клас), і можливий із застосуванням алгоритму Шеїна-Карпачевського. Перехід без перерахунку, автоматичний, є неможливим. У 27 з 31 дослідженого профілю виявлено літологічний розрив за показником CFB (відносний вміст фракцій піску та пилу без урахування мулу). Показано можливість використання показника CFB без конверсії

даних, за умови підсумовування всіх фракцій піску і всіх фракцій пилу та попереднього рознесення втрат від обробки кислотою по всіх фракціях у карбонатних ґрунтах або додавання втрат до мулистої фракції у ґрунтах, що не містять карбонатів. Виявлено, що присутність у профілі бурувато-підзолистих ґрунтів вертикально диверсифікованих субстратів погіршує гідравлічну провідність ґрунту в 3-4 рази і суттєво змінює ґрунтово-гідрологічні константи, особливо, в ілювіальній частині профілю.

Ключові слова: літологічний розрив, гранулометричний аналіз, показник *Clay-Free Basis (CFB)*, бурувато-підзолисті ґрунти, *Retisols*, Передкарпаття.

Вступ. Різноманітність материнських порід, у разі незмінності інших чинників ґрунтоутворення, зумовлює літогенну дивергенцію педогенезу, значною мірою визначаючи структуру ґрунтового покриву території [1]. Формування ґрунтів на двочленних материнських породах, або в ситуаціях, коли одна материнська порода перекрита потужним шаром іншої, знаходить своє відображення в анізотропності морфологічних і фізичних властивостей окремих ґрунтових індивідуумів. За таких умов формується літологічний розрив, який характеризується істотними змінами у розподілі елементарних ґрунтових часточок (ЕГЧ) за розмірами або в їх мінералогічному складі [2].

Літогенна дивергенція (неоднорідність похідних субстратів), частіш за все, є наслідком геологічних процесів перекриття одних материнських порід іншими (схливі зміщення, орогенез і т.п.) або постійним нанесенням ґрунтоутворних порід різної гранулометрії (заплави рік, зони діяльності вулканів тощо). Ще одна причина виникнення основи розриву, яка відображається в структурі ґрунту і в його проникності – це постосадове перетворення, наприклад, у разі кріотурбації. У закордонній літературі сформована теорія «плейстоценових перигляціальних схилів», т.зв. «*coverbeds*», яка базується на факті протікання потужної морозної консолідації ґрунтоутворного субстрату, що містить нашарування пилюватих часточок еолового походження [2-9].

У вертикально диверсифікованих (гетерогенних стосовно розподілу елементарних частинок за розмірами) субстратах, навіть невеликі відмінності в пористості ґрунту впливають на рух у порах води і розчинених компонентів [10]. У перспективі, це провокує транслокацію металоорганічних комплексів та формування ілювіального горизонту саме в зоні суттєвих змін у розподілі ЕГЧ за розмірами або за мінералогічним складом, тобто, у місці т.зв. літологічного розриву [4].

Слід відмітити, що підняте питання тільки починає активно розвиватись у науковому середовищі, що відображено в роботах закордонних ґрунтознавців [2,11,12,13]. Його активна розробка пов'язана з тим, що наявність літологічного розриву – це один із діагностичних критеріїв, використовуваних у системі WRB для класифікаційних потреб [14].

Чому виявлення літологічних розривів є особливо актуальним у діагностиці ґрунтів Передкарпаття? Перш за все, через неоднорідність материнських порід на цій території, де зустрічаються великі масиви карпатського флішу, перекритого лесоподібними безкарбонатними суглинками. В певних місцях потужність такого перекриття сягає від 2 до 20 м [1,15]. Зрозуміло, що ґрунти, які утворились за таких умов характеризуються специфічною комбінацією властивостей, перш за все, фізичних. Наявність літологічної неоднорідності формує особливості залягання і складу геохімічних бар'єрів і специфіку міграції та акумуляції хімічних елементів, а власне педогенетичні процеси маскують її прояв.

Тому, актуальним і необхідним є діагностика літологічних розривів на основі чітких критеріїв, яка дасть змогу швидко та ефективно визначати ґрунти з їх наявністю. Така інформація буде корисною для класифікаційних та виробничих потреб, в т.ч. для планування агротехнічних заходів з обробітку ґрунту.

Дослідження проведені з метою підбору оптимальних критеріїв діагностики наявності літологічних розривів та виявлення на їх основі бурувато-підзолистих ґрунтів Передкарпаття, що утворились на неоднорідних материнських субстратах.

Матеріали і методи досліджень. Об'єктом досліджень була літологічна неоднорідність та пов'язані з нею літологічні розриви ґрунотворного матеріалу, з якого сформувались бурувато-підзолисті ґрунти Передкарпаття. Умови ґрунтоутворення на території дослідження, детальний морфологічний опис ґрунтів та результати гранулометричного аналізу за Н.А. Качинським [16] наведено в монографії С.М. Польшині [1]. Користуючись зібраною автором базою даних та керуючись результатами власних досліджень, проаналізували 31 профіль бурувато-підзолистих ґрунтів і провели конверсію результатів гранулометричного аналізу – шляхом перерахунків перейшли до класифікації USDA/FAO. Ця процедура необхідна, оскільки межі фракцій у вітчизняній і більшості зарубіжних класифікацій не збігаються, і прямий перехід – неможливий [17].

Для конверсії, за основу було взято методику перерахунку, запропоновану в колективній монографії «Теории и методы физики почв» [18] та роботах Є.В. Шеїна [19]. Її ефективність було визнано шляхом зіставлення результатів визначення гранулометричного складу в 3-кратній повторності за Н.А. Качинським [16] та гідрометричним (ареометричним) методом [20] на 5 досліджуваних профілях.

На основі результатів гранулометричного аналізу розраховували показник Clay-Free Basis (CFB), яким характеризується частка одного з двох компонентів гранулометричної основи у їх сумі, і який є основним критерієм виділення літологічної неоднорідності материнських порід. CFB розраховували окремо для фракцій піску та пилу, сума яких береться за 100 % гранулометричної основи.

$$\text{CFB (пісок)} = \frac{\sum \text{пісок}}{\sum \text{пісок} + \sum \text{пил}} \cdot 100\%, \text{ а}$$

$$\text{CFB (пил)} = \frac{\sum \text{пил}}{\sum \text{пісок} + \sum \text{пил}} \cdot 100\%$$

Для розрахунку цього показника вміст мулу виключається із суми фракцій, оскільки вважається, що фракція мулу найбільш пов'язана з педогенезом і її вміст сильно змінюється залежно від елементарних ґрунтових процесів (ЕГП). Крупні ж фракції (пісок і пил) виконують, в основному, роль каркасу в ґрунтах, і цілком успадковуючись від материнської породи, мало змінюються у подальшому. Якщо зіставити по горизонтах показник CFB, то можна визначити або єдність первинної гранулометрії ґрунту, або боротьбу двох складових, якщо ґрунт сформований на двочленній материнській породі.

За CFB піску добре діагностуються літологічні розриви в алювіальних ґрунтах. За цим показником для фракції пилу діагностуються ґрунти, які утворились на породах, перекритих лесами чи лесоподібними суглинками, які мають високий вміст пилу. Така ситуація виникла в Передкарпатті, де карпатський фліш, стародавні алювіальні породи та інші материнські субстрати були перекриті лесоподібними наносами в постгляціальний період.

Водно-фізичні властивості визначено за такими методами: гідравлічна провідність – метод *Falling Head* для слабо проникних ґрунтів; найменша вологемність – метод *Veihmeyer-Hendrickson*; точка в'янення – метод *Pressure Plate* [20].

Аналіз результатів досліджень. Всі проаналізовані ґрунти належать до важких. Домінують у більшості горизонтів важкий суглинок та легка глина. Серед фракцій, переважають крупний пил та мул, за винятком розрізів TP-1, Трускавець та

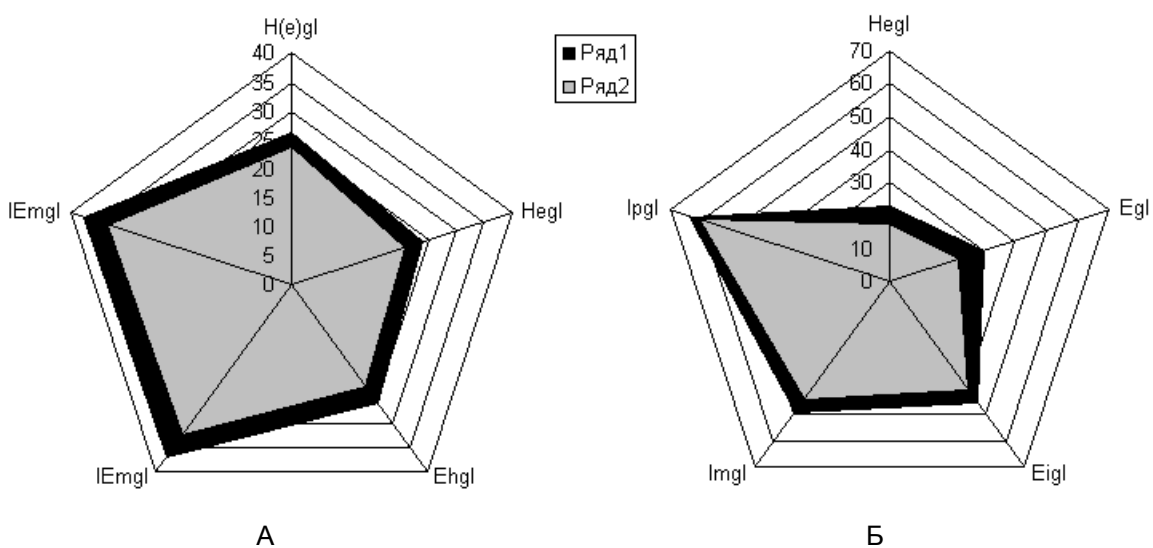
КР-1, Красноільськ. В останніх, поряд з фракцією мулу, домінувала фракція дрібного піску. В цих двох профілях спостерігався специфічний розподіл за фракціями, що наштовхує на думку про дещо інший, порівняно зі всім масивом даних, вихідний материнський матеріал. Розподіл фракцій піску носив асиметричний характер, на відміну від інших фракцій, які варіювали згідно з нормальним законом розподілу (табл. 1).

1. Результати статистичної обробки даних розподілу гранулометричних фракцій у досліджуваних ґрунтах

Статистичний показник	Розмір фракції, мм					
	пісок		пил			мул
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001
Середнє	3,91	15,60	33,16	11,04	12,86	23,42
Стандартна похибка	0,29	0,64	0,95	0,29	0,30	0,73
Медіана	3,16	14,88	31,57	10,60	12,30	22,24
Стандартне відхилення	3,55	7,93	11,73	3,62	3,72	9,10
Дисперсія	12,59	62,82	137,54	13,13	13,81	82,78
Екссес	5,75	3,36	-0,14	1,13	-0,01	1,25
Асиметричність	1,83	1,44	0,48	0,43	0,58	0,74
Мінімум	0,00	0,30	9,90	1,60	5,20	5,20
Максимум	23,80	49,70	62,80	23,22	24,60	60,30
Рівень надійності 95%	0,56	1,26	1,87	0,58	0,59	1,45

Конверсія результатів гранулометричного аналізу залишила незмінним сумарний вміст фракцій піску. Натомість вміст фракції мулу зріс на 5-49 % за рахунок зменшення частки пилу. Причому зменшення відбувалось по профілю нерівномірно. Наприклад, у профілі СТ-2, Сторожинець, вміст мулу в горизонті Ірг1 зріс лише на 5 %, тоді як у горизонті Ег1 – на 28 %.

Подібна ситуація спостерігалась для більшості профілів. Виняток становили розріз ЛІ-1, Лішня та ПІ-1, Пійло, в яких зафіксовано рівномірне збільшення вмісту мулистої фракції після конверсії даних. Різницю у конверсійному збільшенні вмісту мулу та його профільні особливості можна побачити на рисунку 1.



ряд 1 – вміст мулу після конверсії, ряд 2 – вміст мулу до конверсії

Рис 3. Візуалізація нерівномірності конверсійного збільшення вмісту мулу по профілю ПІ-1, Пійло (А) та СТ-2, Сторожинець (Б);

Збільшення вмісту мулу пов'язане зі збільшенням у процесі конверсії верхньої межі фракції з 0,001 мм до 0,002 мм. Отже, приріст має місце за рахунок сумарної фракції пилу, вміст якої зменшився на 5-33 %.

Незважаючи на вказані зміни у відсотковому вмісті відповідних фракцій, проведена конверсія даних кардинально не змінила клас гранулометричного складу (не більше ніж на один клас), але коректування назв, згідно з особливостями системи USDA/FAO, в деяких ґрунтах відбулося. Приклад такого коректування наведено в таблиці 2. Для порівняння взято профіль, в якому не відбулось жодних змін, крім термінологічного запису назви, та профілі, в яких частина горизонтів змінила назву.

2. Клас гранулометричного складу до і після конверсії на прикладі трьох розрізів із загальної вибірки

Розріз	Горизонт	Шар, см	Клас гранулометричного складу	
			за Качинським	USDA/FAO
ДР-3, Дрогобич	HeGl	0-10	Суглинок легкий	Пил
	E(h)gl	10-30	Суглинок легкий	Пил
	EiGl	30-40	Суглинок легкий	Пил
	I(e)gl	40-100	Суглинок середній	Пилуватий суглинок
ЛІ-1, Лішня	PiGl	140-150	Суглинок середній	Пилуватий суглинок
	HeGl	4-19	Суглинок середній	Пилуватий суглинок
	Ehgl	20-30	Суглинок середній	Пилуватий суглинок
	IEGl	35-80	Суглинок середній	Пилуватий суглинок
	IpGl	110-120	Суглинок середній	Пилуватий суглинок
МІ-2, Мислів	PIGI	130-140	Суглинок середній	Пилуватий суглинок
	He(gl)	2-14	Глина легка	Пилувато-мулистий суглинок
	Ehgl	14-38	Глина легка	Пилувато-мулистий суглинок
	EiGl	39-49	Глина легка	Пилувато-мулистий суглинок
	EiGl(fr)	49-57	Глина легка	Пилуватий суглинок
	IeGl(h)	57-120	Глина легка	Пилуватий суглинок

З метою діагностики літологічних розривів було розраховано показник CFB для всієї вибірки (31 профіль). В таблиці 3 наведено фрагмент здобутих даних.

3. Вміст фракцій піску (sand), пилу (silt), мулу (clay) та критерій CFB в деяких досліджуваних ґрунтах

Розріз	Горизонт	Шар, см	Вміст фракцій, %						CFB, %			
			за Качинським			USDA/FAO			за Качинським		USDA/FAO	
			пісок	пил	мул	sand	silt	clay	пісок	пил	sand	silt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ДР-3, Дро- гобич	HeGl	0-10	9,6	85,2	5,2	9,6	80,2	10,2	10,1	89,9	10,7	89,3
	E(h)gl	10-30	10,4	84,0	5,6	10,4	79,5	10,1	11,0	89,0	11,6	88,4
	EiGl	40-100	12,0	69,5	18,5	12,0	65,4	22,6	14,7	85,3	15,5	84,5
	PiGl	140-150	12,0	69,6	18,4	12,0	64,5	23,5	14,7	85,3	15,7	84,3
ЛІ-1, Лішня	HeGl	4-19	17,8	71,8	10,4	17,8	65,9	16,3	19,9	80,1	21,3	78,7
	Ehgl	20-30	14,6	75,2	10,2	14,6	68,6	16,8	16,3	83,7	17,6	82,4
	IEGl	35-80	13,9	73,5	12,6	13,9	67,4	18,7	15,9	84,1	17,1	82,9
	IpGl	110-120	14,1	72,8	13,1	14,1	66,1	19,8	16,2	83,8	17,6	82,4
	PIGI	130-140	13,0	72,7	14,3	13,0	66,7	20,3	15,2	84,8	16,3	83,7
МІ-2, Мислів	He (gl)	2-14	10,3	67,8	21,9	10,3	63,4	26,3	13,2	86,8	14,0	86,0
	Eh gl	14-30	12,5	63,7	23,8	12,5	58,1	29,4	16,4	83,6	17,7	82,3
	Ei gl	30-49	23,6	50,2	26,2	23,6	45,4	31,0	32,0	68,0	34,2	65,8
	Ei gl	49-57	11,0	61,3	27,7	11,1	55,4	33,6	15,3	84,7	16,6	83,4
	Ie Gl	57-120	19,6	65,0	15,4	19,6	60,0	20,5	23,1	76,9	24,6	75,4

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПІ-1, Пійло	H(e)gl	6-16	15,5	60,9	23,6	15,5	58,2	26,3	20,3	79,7	21,0	79,0
	Hegl	16-31	16,9	62,5	20,6	16,9	59,4	23,7	21,3	78,7	22,1	77,9
	Ehgl	31-43	18,3	59,9	21,8	18,3	56,4	25,3	23,4	76,6	24,5	75,5
	IEmgl	43-72	16,7	51,2	32,1	16,7	46,7	36,6	24,6	75,4	26,4	73,6
	Imgl	72-110	9,9	56,8	33,3	9,9	52,3	37,8	14,8	85,2	15,9	84,1
ГД-1, Годи- Добро- відка	H(e) gl	2-22	12,6	64,7	22,7	12,6	56,0	31,4	16,3	83,7	18,4	81,6
	E(h) gl	22-41	24,8	58,1	17,1	24,8	49,5	25,7	29,9	70,1	33,4	66,6
	Ih GI	41-76	18,6	41,1	40,3	18,6	36,6	44,8	31,2	68,8	33,7	66,3
	Ihp GI	76-180	19,1	50,5	30,5	19,1	45,5	35,4	27,4	72,6	29,5	70,5
	P GI h	180 і гл.	12,2	58,6	29,2	12,2	52,2	35,6	17,2	82,8	18,9	81,1
ІС-1, Іспас	Hegl	4-16	17,4	61,3	21,3	17,4	56,7	25,9	22,1	77,9	23,5	76,5
	Ehgl	16-31	10,5	75,7	13,8	10,5	69,2	20,3	12,2	87,8	13,2	86,8
	Imgl	31-56	25,2	54,5	20,3	25,2	47,9	26,9	31,6	68,4	34,5	65,5
	Ipimgl	56-96	12,5	64,9	22,6	12,5	57,4	30,1	16,1	83,9	17,9	82,1
	PiGIm	96 і гл.	17,1	42,4	40,5	17,1	38,3	44,6	28,7	71,3	30,9	69,1
СТ-2, Сторо- жинець	Hegl	2-18	25,7	56,9	17,4	25,7	51,7	22,6	31,1	68,9	33,2	66,8
	Egl	18-33	19,9	58,3	21,8	19,9	49,9	30,2	25,4	74,6	28,5	71,5
	Eigl	33-66	12,2	47,1	40,7	12,2	42,6	45,2	20,6	79,4	22,3	77,7
	Imgl	66-110	17,6	38,5	43,9	17,6	33,7	48,7	31,4	68,6	34,3	65,7
	Ipogl	110 і гл.	6,8	32,9	60,3	6,8	29,8	63,4	17,1	82,9	18,6	81,4
ГЛ-1, Глибочок	Hegl	4-12	26,0	54,8	19,2	26,0	48,8	25,2	32,2	67,8	34,8	65,2
	Eh(gl)	12-32	32,8	46,1	21,1	32,8	40,9	26,3	41,6	58,4	44,5	55,5
	Ih(gl)	32-94	14,2	53,8	32,0	14,2	46,9	38,9	20,9	79,1	23,3	76,7
	Pigl	94 і гл.	15,9	52,5	31,6	15,9	46,8	37,3	23,2	76,8	25,3	74,7
КР-1, Крас- ноільськ	HE	0-10	42,1	47,0	10,9	42,1	42,5	15,4	47,3	52,7	49,7	50,3
	Egl	27-37	45,3	45,6	9,1	45,3	41,1	13,6	49,8	50,2	52,5	47,5
	Igl	50-60	36,8	43,9	19,3	36,8	39,5	23,7	45,6	54,4	48,2	51,8
	Ipogl	90-100	46,1	33,1	20,8	46,1	28,5	25,4	58,2	41,8	61,8	38,2
	Pgl	150-160	52,5	27,4	20,1	52,5	24,7	22,8	65,7	34,3	68,0	32,0
НІ-1, Німчич	Hd	0-10	27,1	56,3	16,6	27,1	49,7	23,2	32,5	67,5	35,3	64,7
	HE(gl)	10-37	31,0	50,6	18,4	31,0	45,1	23,9	38,0	62,0	40,7	59,3
	EH(gl)	37-65	28,8	52,6	18,6	28,8	45,0	26,2	35,4	64,6	39,0	61,0
	Ei(gl)	65-88	28,7	51,8	19,5	28,7	44,8	26,5	35,7	64,3	39,0	61,0

Аналізуючи здобуті дані майже у всіх досліджуваних ґрунтах діагностували літологічний розрив за СФВ. Винятком є профілі: ПІ-1, Лішня, КА-2, Калуш, НІ-1, Німчич та НІ-2, Німчич, які, очевидно, сформовані, на одній материнській породі.

Діагностика за СФВ у розрізах ШЕ-1, Шепіт та ДР-3, Дрогобич не показала наявності суттєвого літологічного розриву, але в цих ґрунтах він можливий, оскільки виявлено варіювання вмісту піщаних фракцій понад 20 %. Така ситуація може мати місце, за умови великої потужності перекриття материнського матеріалу.

Верифікація літологічних розривів на основі додаткових критеріїв, зокрема за відсотковим вмістом піщаної фракції та її профільною різницею за горизонтами більш як на 20 % підтвердила попереднє виділення досліджуваних ґрунтів, що мають чіткі літологічні розриви (табл.4).

4. Наявність (+) / відсутність (-) літологічного розриву в досліджуваних ґрунтах

Розріз	Діагностика на основі:		Розріз	Діагностика на основі:	
	CFB	додаткових критеріїв		CFB	додаткових критеріїв
ДР-1, Дрогобич	+	+	ІС-1, Іспас	+	+
ДР-2, Дрогобич	+	+	ІС-2, Іспас	+	+
ДР-3, Дрогобич	-	+	ІС-3, Іспас	+	+
ТР-1, Трускавець	+	+	УР-1, Урсол	+	+
ЛІ-1, Лішня	-	-	ДА-1, с. Давидівці	+	+
МІ-1, Мислів	+	+	СТ-1, Сторожинець	+	+
МІ-2, Мислів	+	+	СТ-2, Сторожинець	+	+
ПІ-1, Пійло	+	+	ГЛ-1, Глибочок	+	+
ПІ-2, Пійло	+	+	ГЧ-1, Гільча	+	+
РА-1, Раківчик	+	+	ШЕ-1, Шепіт	-	+
КА-1, Калуш	+	+	ТА-1, Тражани	+	+
КА-2, Калуш	-	-	ТА-2, Тражани	+	+
СК-1, Старі Кути	+	+	ПЗ-1, Підзахаричі	+	+
КО-1, Коломия	+	+	КР-1, Красноільськ	+	+
ГД-1, Годи-Добровідка	+	+	НІ-1, Німчич	-	-
			НІ-2, Німчич	-	-

Крім зазначених критеріїв, досліджувані ґрунти були перевірені згідно з морфологічними ознаками під час польового опису за:

- наявністю в профілі літогенних включень у вигляді уламків порід, які не мають літологічної подібності з підстеляючою породою;
- наявністю шару, що містить уламки абсолютно невивітрених порід, що залягає над шаром, який містить літогенні включення, які мають ознаки внутрішньоґрунтового вивітрювання;
- наявністю шару з гострокутними фрагментами літогенних включень, що розташовуються над шаром, який містить фрагменти уламків із згладженими (заокругленими) формами;
- наявністю чи відсутністю різкої зміни в забарвленні, яка не є результатом ґрунтоутворення.

У профілях ДР-1, Дрогобич, МІ-1, Мислів, ПІ-1, Пійло, ГД-1, Годи-Добровідка, ІС-1, Іспас, ІС-2, Іспас, СТ-1, Сторожинець, СТ-2, Сторожинець, на основі мікроморфологічних та мінералогічних аналізів було додатково підтверджено наявність літологічних розривів за відмінностями в розмірах і формі стійких до вивітрювання мінералів між контактуючими горизонтами.

Показник CFB розраховували і на основі класифікації Качинського. Співставлення результатів показало можливість використання цього критерію, навіть, без конверсії даних. Обов'язковою умовою є підсумовування всіх фракцій піску, всіх фракцій пилу та попереднього рознесення втрат від обробки соляною кислотою рівномірно за всіма фракціями в карбонатних ґрунтах та додавання до мулистої фракції у ґрунтах, що не містять карбонатів.

Літологічні розриви в профілі, що зумовлені наявністю вертикально диверсифікованих субстратів, мають суттєвий вплив на структуру та водно-фізичні властивості ґрунту. Вони впливають на рух води і розчинених компонентів порами, на гідравлічну провідність ґрунту та формування ґрунтового-гідрологічних констант і т.п.

Для перевірки цього впливу ми порівняли два ґрунти – з наявністю та відсутністю літологічних розривів (табл. 5).

5. Деякі водно-фізичні властивості ґрунтів з наявністю та відсутністю літологічних розривів

Горизонт	Шар, см	Гідравлічна провідність, см/год	Найменша вологоємність, %	Точка в'янення, %
<i>Розріз СТ-2, Сторожинець (ґрунт з літологічним розривом)</i>				
Hegl	2-18	0,96	29	13
Egl	18-33	1,53	29	11
Eigl	33-66	0,80	32	15
Imgl	66-110	0,40	38	21
Ipgl	110-120	0,22	44	29
<i>Розріз НІ-2, Німчич (ґрунт без літологічного розриву)</i>				
Hd (gl)	0-12	1,60	28	11
HE (gl)	12-35	1,21	27	12
EI (Gl)	35-67	1,20	28	12
IE (Gl)	67-98	1,05	28	12

Аналіз показав, що даний фактор суттєво впливає на формування гідравлічної провідності ґрунту. Так, у профілі СТ-2 Сторожинець, який має літологічну неоднорідність ґрунтоутворюючого субстрату, інфільтрація води різко змінюється на глибині ілювіального горизонту. Звичайно, саме природа ілювіального горизонту, і є тим головним чинником погіршення гідравлічної провідності. Але зменшення цього показника в 3-4 рази вірогідно пов'язане із літологічною неоднорідністю також. Остання сформувала гранулометричний склад досліджуваних ґрунтів на початкових етапах еволюції ґрунту, а вже тільки потім погіршили кондиції цього горизонту саме елювіально-ілювіальні процеси.

Крім гідравлічної провідності, окремі ґрунтово-гідрологічні константи також змінюються по профілю. Найменша вологоємність і точка в'янення (точка між вологою стійкого та нестійкого в'янення рослин) зростали вниз по профілю від 29 % до 44 % та від 11 % до 29 % відповідно. Нижні горизонти краще утримують вологу.

Гідравлічна провідність профілю НІ-2 Німчич, в якому не виявлені літологічні розриви, характеризується вищими значеннями цього показника, а також відносно незначною зміною з глибиною. Найменша вологоємність і точка в'янення взагалі не змінювались по профілю, хоча абсолютні значення і відрізнялись у менший бік, порівняно з профілем СТ-2 Сторожинець.

Висновки. Виявлено, що конверсія результатів гранулометричного складу кардинально не змінює його клас (не більше ніж на один), а перехід від класифікації Качинського до USDA/FAO можливий із застосуванням алгоритму Шеїна-Карпачевського. Перехід без перерахунку неможливо здійснити автоматично.

У 27 з 31 дослідженого профілю виявлено літологічний розрив за СФВ. Винятком є профілі ЛІ-1, Лішня, КА-2, Калуш, НІ-1, Німчич та НІ-2, Німчич, які очевидно, сформовані на одній материнській породі. Показано можливість використання критерію СФВ без конверсії даних гранулометричного складу, за умови підсумовування всіх фракцій піску, всіх фракцій пилу та попереднього рознесення втрат від обробки кислотою по всіх фракціях у карбонатних ґрунтах та додавання до мулистої фракції у ґрунтах, що не містять карбонатів.

Присутність у профілі вертикально диверсифікованих субстратів погіршує гідравлічну провідність ґрунту в 3-4 рази і суттєво змінює ґрунтово-гідрологічні константи, особливо, в ілювіальній частині профілю.

Список використаної літератури

1. *Польчина С.М.* Профільно-диференційовані оглеєні ґрунти Передкарпаття: генеза, варіабельність, систематика : монографія. / Польчина С.М. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2014. – 271 с.
2. *Kacprzak A., Migoń P., Musielok Ł.* Using soils as indicators of past slope instability in forested terrain, Kamienne Mts., SW Poland. *Geomorphology* 194, 2013.- С. 65–75.
3. *Mailänder R., Veit H.* Periglacial cover-beds on the Swiss Plateau: indicators of soils, climate and landscape evolution during the Late Quaternary. *Catena* 45, 2001.- С. 251–272.
4. *Raab T., Völkel J.* Late Pleistocene glaciation of the Kleiner Arbersee area in the Bavarian Forest, south Germany. *Quat. Sci. Rev.* 22, 2003.- С. 581–593
5. *Kacprzak A., Derkowski A.* Cambisols developed from cover-beds in the Pieniny Mts. (southern Poland) and their mineral composition. *Catena* 71, 2007. С. 292–297.
6. *Ligeza S.* Determination the lithological discontinuities within the soils. *Soil SciAnnu.* 60 (1), 77–84. , U.S., Breemen, N., Bain, D., 2000. The podzolization process. A review. *Geoderma* 94, 2009. С. 91–107.
7. *Kleber and Terhorst,* Mid-latitude slope deposits (Cover Beds). *Developments in Sedimentology* 66. Elsevier, 2013. (302 pp.).
8. *Lorz C., Phillips J.D.* Pedo-ecological consequences of lithological discontinuities in soils - examples from Central Europe. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169, 2006.- 573–581.
9. *Semmel A., Terhorst B.* The concept of Periglacial cover beds in central Europe: a review. *Quat. Int.* 222, 2010.- 120–128
10. *Schaetzl R.J.* Lithologic discontinuities in some soils on drumlins: theory, detection and application. *Soil Sci.* 163, 1998.- 570–590.
11. *Kowalkowski A.* Lithological–pedogenic discontinuity on the slopes of the Lysogory massif in the Holy Cross Mountains. *Quaest. Geographicae* 17 (18), 1995.- 25–39.
12. *Sauer D., Felix-Henningsen P.* Saprolite, soils and sediments in the Rhenish Massif as records of climate and landscape history. *Quatern. Int.* 156–157, 2006.- 4–12.
13. *Waroszewski J., Kalinski K., Malkiewicz M., Mazurek R., Kozłowski G., Kabala C.,* Pleistocene–Holocene cover-beds on granite regolith as parentmaterial for Podzols – an example from the Sudeten Mountains. *Catena* 104, 2013. - 161–173.
14. *IUSS Working Group WRB* International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Reference Base for Soil Resources 2014. World Soil Resources Reports 106. FAO, Rome, 2014. 181 pp.
15. *Nikorych V., Szymański W., Polchyna S., Skiba M.* Genesis and evolution of the fragipan in Albeluvisols in the Precarpathians in Ukraine. *Catena.* 119, 2014. С.154–165.
16. *Державний стандарт: ДСТУ 4730:2007.* Якість ґрунту; Визначання гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського. - Вид. офіц. - К. : Держспоживстандарт України, 2008. - III, 13 с.
17. *Лактіонова Т.М.* Про можливість застосування в Україні класифікації гранулометричного складу ґрунтів USDA/FAO / Т.М. Лактіонова // *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник.* - Вип. 74.- Харків: ННЦ "ІГА імені О.Н. Соколовського", 2011. - С. 28-35.
18. *Шейн Е.В.* Теория и методы физики почв / Е.В. Шейн, Л.О. Карпачевский. – М: Гриф и К, 2007. - 620 с.
19. *Shein E.V.* The particle-size distribution in soils: Problems of the methods of study, interpretation of the results, and classification. *Eurasian Soil Science.* 42 (3). 2009.- 284-291.
20. *Sarkar D. Haldar A.* Physical and chemical methods in soil analysis: fundamental concepts of analytical chemistry and instrumental techniques. New Age International Pvt Ltd Publishers., 2005.- 175 p.

Стаття надійшла до редколегії 25.09.2015

DIAGNOSTICS OF THE LITHOGENIC HETEROGENEITY OF BROWNISH-PODZOLIC SOILS BASED ON THE SOIL TEXTURE ANALYSIS

V.A. Nikorych

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Institute of Biology, Chemistry and Bioresources, Department of Soil Science, Chernivtsi, Ukraine
v.nikorych@chnu.edu.ua

Modern literature concerning the issue of lithological divergence of pedogenesis has been analyzed. The conditions of formation of the lithological discontinuity in Precarpathian brownish-podzolic soils (Retisols according to WRB) on the basis of particle size analysis have been shown. It was established that the transition (conversion) from the national (according to Kachinskiy) to international (USDA/FAO) classification of soil texture did not fundamentally change the class (no more than one class) and is

possible to be used with the algorithm of Shein–Karpachevskiy. Transition without conversion, automatically becomes impossible. In 27 out of 31 studied profiles, a lithological discontinuity has been revealed according to index of Clay-Free Basis (CFB: relative content of the sand and silt fractions excluding the clay). The possibility of using the index of CFB without data conversion has been shown, under the condition of the summation of all sand and silt fractions and previous distribution of losses from acid processing on all the fractions in carbonate soils or adding the losses to clay fraction in the soils that do not contain carbonates. It has been revealed that the presence of vertically diversified substrates in brownish-podzolic soils worsens soil hydraulic conductivity in 3-4 times and appreciably changes the soil-hydrological constants, especially in illuvial part of soil profile.

Keywords: lithological discontinuity, particle size analysis, index of Clay-Free Basis (CFB), the brownish-podzolic soils, Retisols, Precarpathians.

УДК [631.47+711.143+551.4.03]:004.9

АДАПТАЦІЯ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ КАРТ ҐРУНТІВ ДО ЇХ ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ У ГІС

В.Р. Черлінка

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна
(v.cherlinka@chnu.edu.ua)

Розкрито особливості створених у рамках Публічної кадастрової карти України (ПККУ) агроґрунтових картографічних матеріалів та особливості їх використання. Показано, що у сучасних умовах перед нагальним необхідним туром великомасштабного обстеження ґрунтів України слід провести підготовчу роботу з адаптації існуючих великомасштабних карт ґрунтів до їх практичного використання із залученням геоінформаційних технологій, цифрових моделей рельєфу, методик прогнозу ґрунтової ситуації тощо. Зосереджено увагу на відсутності методичної основи для цілого ряду сучасних технологічних рішень, які розробляються у різноманітних сферах (ґрунтознавство, кадастр, землевпорядкування тощо), тобто великомасштабних цифрових моделей рельєфу. Акцентовано увагу на проблемах, які супроводжують технологічний процес їх створення. Запропоновано підхід, який дозволить створити сучасну ґрунтознавчу ГІС з максимально адаптованим набором даних, зручним у використанні, масштабованим та динамічно доповнюваним. Створена ГІС з мінімальними перебудовами може бути інтегрована до Національної інфраструктури геопросторових даних і розвиватися в її межах. Звернуто увагу на використання безкоштовного вільного програмного забезпечення, розповсюдженого під Вільною громадською ліцензією GNU GPL.

Ключові слова: великомасштабна карта ґрунтів, цифрова модель рельєфу (ЦМР), геоінформаційна система (ГІС), система координат, прогнозна карта ґрунтів, мультиноміальна логістична реєресія, GRASS GIS.

Вступ. Сучасне ґрунтознавство вийшло на певний рубіж, на якому відбувається узагальнення зробленого, переосмислення поточних завдань та планування наступного вектору розвитку. У ряді напрямів ґрунтознавства це особливо актуально через вибухове зростання кількості сучасних інформаційних технологій, які дозволяють опрацьовувати величезні обсяги інформації та перейти від традиційного двомірного його варіанту до просторового тримірного. Вважаючи це одним із перспективних пріоритетів ґрунтознавства доцільно виділити базові положення для такої реорганізації. Однією з основ, на нашу думку, є створення максимально наближеної до дійсності цифрової моделі рельєфу (ЦМР) – це головна передумова успішного розвитку ґрунтознавчої науки. Власне ЦМР є завершеною моделлю, але не тільки: вона слугує базисом для інших видів моделювання. Якісна тримірна модель рельєфу є передумовою для побудови 4d моделей, вищої сходинки у дослідженні часової динаміки процесів та явищ, без чого неможливим є вивчення ґрунтосфери, особливо, в умовах антропогенних впливів.

Водночас реалізація даного завдання гальмується серйозними перешкодами, подолання яких вимагає як глибокої теоретико-аналітичної роботи щодо підготовки та практичної імплементації запропонованих заходів.

Мета: враховуючи майбутні зміни на ринку землі розкрити особливості використання створених раніше картографічних матеріалів у сучасних умовах із залученням геоінформаційних технологій, цифрових моделей рельєфу, методик прогнозу ґрунтової ситуації як перехідний етап перед нагально необхідним туром великомасштабного обстеження ґрунтів України.

Суть пропонованих підходів. Доцільність використання ЦМР у ґрунтознавстві є загально визнаною у світі. ЦМР визначають як особливого виду тримірну математичну модель, яка відображає рельєф реальних поверхонь і має певну форму представлення вихідних даних та спосіб їх структурного опису. Це дозволяє відтворювати об'єкт шляхом інтерполяції, апроксимації чи екстраполяції [1]. На практиці під ЦМР розуміють, як правило, цифрові моделі висот, які створені з використанням обмеженого набору вихідних картографічних даних про рельєф [2, 3], або за допомогою даних дистанційного зондування [4-8]. Для конкретизації варто розглянути множину чинних класифікацій ЦМР (не претендуючи на завершений огляд). Так, чимало авторів поділяє існуючі ЦМР на дві великі групи: растрові (регулярні) та векторні (нерегулярні) [9, 10]. В інших публікаціях, ці групи ЦМР або набори даних для їх створення більш деталізовані [11-13]. Для практики ми послуговуємося першою із згаданих класифікацій, визначальним у якій є те, що значення висот повинні бути доступні для всієї області досліджень, а будь-який тип ЦМР може бути перетворений в точковий (растровий) набір даних (x, y, z) .

Українські реалії, попри зростаючу роль дистанційного зондування Землі та фотограмметричних способів створення ЦМР у світі, не залишають вибору, змушуючи використовувати, як основне джерело для моделювання рельєфу, великомасштабні топографічні карти. Тривалий досвід свідчить про ряд проблемних питань, пов'язаних саме з топографічною основою, що вимагає підвищеної уваги [14]. Як приклад вкажемо на проблеми побудови суцільного високодетального покриття ЦМР для великих територій, для чого використовують зшивку фрагментів великомасштабних ЦМР.

За наявності ухвалені Концепції проекту Закону України "Про національну інфраструктуру геопросторових даних" [15] та відсутності самого закону [16], впродовж років стримується функціонування сучасного геоінформаційного середовища. Відповідно такий важливий структурний елемент базового набору геопросторових даних, як цифрова модель рельєфу, не розробляється на державному рівні, як це відбувається у провідних країнах світу. Відповідно до цього, багато сучасних технологічних рішень, які розробляються у різноманітних сферах (ґрунтознавство, кадастр, землевпорядкування тощо), не мають своєї реалізації через відсутність основи – великомасштабних цифрових моделей рельєфу. Анонсовано лише пілотні проекти з розробки структури геопросторових даних [17], а тому виокремимо базові моменти, які стосуються власне топографічних карт великого масштабу:

1) вибір системи координат для використання як спільного знаменника. Різноманітність реально використовуваних систем координат (СК) в Україні (місцеві різних видів, СК-42, СК-63) за офіційно затвердженої для використання УСК-2000 [18] за умови засекреченості ключів та параметрів переходу між ними [19, 20], або доступу широкого загалу до даних пониженої точності, призводить до інших проблем при створенні ЦМР для різних територій. Головна з них полягає в тому, що системи координат мають локальні спотворення, зумовлені методами їх створення і технологією врівноваження результатів лінійно-кутових вимірювань у мережі [21].

Оскільки чинна державна геодезична система координат УСК-2000 відповідає всім сучасним вимогам щодо точності, доцільно, на наше глибоке переконання, всі роботи зі створення ЦМР проводити саме в ній. Тоді модельована загальнонаціональна ЦМР України певного масштабу може безперешкодно (без додаткових трансформацій) доповнюватися локальними високоточними ЦМР, створеними для конкретних цілей.

Дані перерахунку координат до національної СК для точної прив'язки топографічної основи необхідно зробити загальновідомими (як прийнято у цивілізованому світі), оскільки підібрати дослідним шляхом параметри переходу між СК-42, СК-63, місцевими системами координат (МСК) до УСК-2000 практично неможливо. Останнє пов'язано не тільки з перенесенням точки початку координат та відносним розворотом їхніх осей, але й із масштабною трансформацією координат, яка виникає у разі переходу на ненульову висоту поверхні відносно МСК і на площину проєкції Гаусса-Крюгера, з новим положенням осьового меридіану через зсув відносно осьового меридіану стандартної шестиградусної зони тощо;

2) створення національної ЦМР в УСК-2000 мінімізує помилки та похибки, пов'язані зі зміною форми комірок растру ЦМР під час пертурбацій із проєкціями. Наприклад, за вибору білінійної інтерполяції, як основного методу передискретизації континуальних даних (поля висот), нові значення визначаються на основі середньозваженої відстані від центрів 4-х вихідних комірок, що призводить до згладжування даних. Це зумовлює зміни кінцевих результатів геостатистичних аналізів і моделювання, зокрема морфометричного та гідрологічного;

3) обмеженість доступу до даних (секретність). Топографічні дані великих масштабів вважаються секретними або доступними лише для службового користування (ДСК) [22]. Загальновідомо, що сучасні засоби дистанційного зондування дозволяють здобувати високоточну координатну інформацію та дані про рельєф для зацікавлених осіб зі значно меншими похибками, аніж на існуючій картографічній продукції. Тому «секретність» картографічного матеріалу видається «річчю в собі». Априорі зрозуміло, що є сенс повного зняття різноманітних грифів, які, тим більше, часто встановлюються з порушеннями чинного законодавства [23]. Для наукових досліджень, в. т.ч. ґрунтознавчих, часто необхідні карти великих масштабів (до 1:2000 включно). Але якщо дані про рельєф є секретними, то за наявності згенерованих високоточних ЦМР, питання використання отриманих результатів науковою спільнотою чи в прикладному аспекті може стати утрудненим;

4) доступ до актуальних топографічних карт. Попри існуючий «Порядок загальнодержавного ...» [24] та попередні аналогічні акти, карти часто не актуалізовані, а картографічний матеріал 30-40-річної давнини (а для окремих регіонів ще більше за давнини) отримати дуже проблемно. Це не тільки дивує, оскільки значна частина такого роду карт наявна у СК-63, яка була відмінена Постановою ЦК КПРС і Ради Міністрів СРСР від 25 березня 1987 року за №378-85, але й унеможливує актуальні дослідження. Отримати легальним шляхом карти більших масштабів, зокрема, і для наукових цілей, практично неможливо, особливо з наростанням комерціалізації;

5) правильна георектифікація (геоприв'язка) топографічних карт, яка необхідна за максимально можливою кількістю точок, а особливо у разі неналежного стану топографічного матеріалу. Практично завжди виявляються нерівномірні викривлення (до кількох мм на лист) лінійних та площинних розмірів як листів карт, так і внутрішньорамкової інформації внаслідок процесу сканування та/або умов зберігання (наслідки усихання/набування). Тому коректна георектифікація картографічного матеріалу у нашому розумінні передбачає абсолютне співпадіння базових елементів сканованої карти з їх аналогами у ГІС. Під цими елементами ми розуміємо відповідності у картографічній та координатній сітці. Так, відповідність у картографічній сітці означає точне вписування даних внутрішньорамкового оформлення у межі меридіанів та паралелей, які обмежують даний лист топографічної карти; відповідність щодо координатної сітки означає співпадіння ліній кілометрової сітки растрової карти з їх векторними аналогами. Для забезпечення таких вимог необхідно, перш за все, побудувати математичну основу карти, яка буде прив'язуватися. Вона має вигляд векторного об'єкта, який точно відтворює межі листа

карти, має систему кілометрових ліній та лежить у правильній системі координат. Для створення математичної основи слід виконати ряд стадій, зокрема: розрахунок координат кутів листа карти; запис їх у файл; імпорт в ГІС; побудова на основі імпортованих даних векторної рамки; створення кілометрової сітки. Створена таким чином математична основа дозволяє провести прив'язку топокарти за максимально можливою кількістю точок (координати кутів рамки карти, перетин ліній координатної сітки та вихід їх на рамку). З використанням набору таких точок та прогресивних алгоритмів трансформації (типу «rubber sheet») можливо створити георефлектовані карти з максимально наближеними до вихідних геометричними параметрами;

б) дигіталізація топографічних карт. Установки роздільної здатності (РЗ) залежать від вимог до якості зображення і за сучасної вартості дискового простору знижують проблеми із розмірами результуючих файлів. У загальному випадку діє правило: чим вищі вимоги до якості, тим вищим повинна бути РЗ оригіналу. Тому, якщо порівняти якість сканованих матеріалів у числовому вигляді, то виявиться, що мінімально допустимою якістю сканування за граничної точності нанесення об'єктів на топокарту в 0,1 мм буде 300 dpi (табл.). Проте в такому разі помилка позиціонування курсора в 1 точку (піксел) зразу вносить похибку в 100 %. Оптимальним вибором буде РЗ 600 dpi, яка надає достатньої точності знімання (векторизації) даних, мінімізує субпіксельні помилки позиціонування за допустимого розміру файлів сканованих матеріалів.

Табл. Залежність якості зображення об'єктів топографічного матеріалу від роздільної здатності сканування

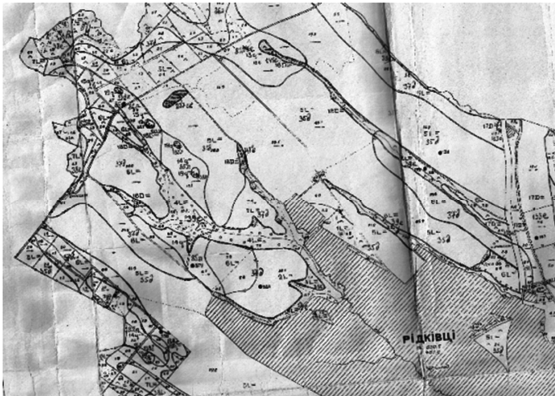
<i>Роздільна здатність сканування</i>	<i>Кількість точок на 1 мм карти</i>	<i>Кількість точок на 0.1 мм карти</i>	<i>Кількість мм на 1 точку</i>
1000	39.4	3.94	0.025
900	35.4	3.54	0.028
800	31.5	3.15	0.032
700	27.6	2.76	0.036
600	23.6	2.36	0.042
500	19.7	1.97	0.051
400	15.7	1.57	0.064
300	11.8	1.18	0.085
200	7.9	0.79	0.127
100	3.9	0.39	0.254

Сканування матеріалів слід виконувати у режимі повноколірного зображення (24 біт, 8 біт на канал) у форматі TIFF, який дозволяє зберігати растрові зображення з компресією LWZ без утрати якості (у жодному разі не формат JPEG). При цьому навіть одотонні зображення зберігають у 24-бітному, а не 8-бітному (тонах сірого) кольорі. Наступний етап, власне дигіталізація, із застосуванням адекватного програмного забезпечення з напів- чи автоматичним режимом цифрування, дозволяє векторизувати горизонталі з високою якістю. Використання прив'язаної та дигіталізованої топографічної основи є передумовою створення ЦМР необхідного типу з максимально можливою точністю.

Описані проблемні питання цілком стосуються карт ґрунтів. Їх вирішення, особливо в плані участі України у міжнародних проектах, як, наприклад, SOTER [25] чи SOVEUR [26], вимагає великої уваги, проте має ряд особливостей.

Наразі в Україні відсутня великомасштабна версія карти ґрунтів (М 1:10 000), представлена у ГІС- форматі та зшита в єдине покриття. На сьогодні не декларується навіть її створення. Існує лише варіант карти агропромислових груп ґрунтів, представлений в рамках Публічної кадастрової карти України (ПККУ) [27]. Проте за

спроби її використання на практиці виникає ряд запитань. Найперше, не цілком зрозуміло, яка система координат використовується. Одночасно проведено (невідомо згідно з якими правилами і ким) вагому генералізацію вихідних даних (рис. 1).



а) розташування агровиробничих груп ґрунтів на оригінальній картограмі

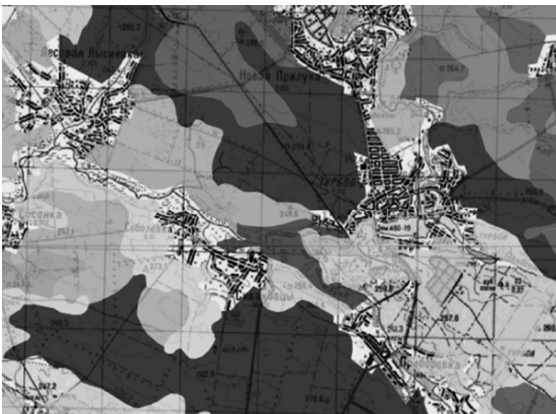


б) генералізований варіант агровиробничих груп ґрунтів на ПККУ

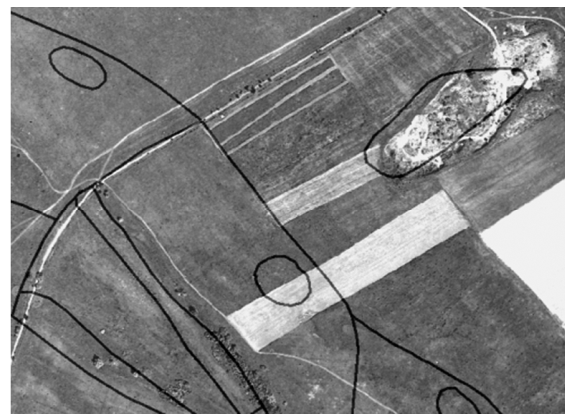
Рис. 1. Відмінності в агровиробничих групах на картограмі (а) та Публічній кадастровій карті (б) (фрагмент картограми агровиробничих груп ґрунтів колгоспу «Пам'ять Ілліча» с. Рідківці Новоселицького району Чернівецької області)

По-друге, існує величезна кількість «білих плям» на місці населених пунктів різних порядків, де картограма агровиробничих груп або не оцифрувалась, або взагалі не розроблялася, як, власне, і карта ґрунтів, на основі якої вона створюється (рис. 2а).

Чимало запитань до георектифікації картограм агровиробничих груп. Оскільки на них відсутні лінії кілометрової сітки, прив'язка відбувалася (по всій території України) до ортофотопланів з використанням незрозумілого набору базових точок, їх кількості, алгоритму трансформації тощо. В результаті цього відбулися серйозні зрушення в контурах агрогруп відносно тих природних (і не тільки) об'єктів, до яких вони приурочені (рис. 2б). Це стосується вихідних картографічних даних ще до етапу їх генералізації для Публічної кадастрової карти України.



а) «білі» плями в ареалах населених пунктів на Публічній кадастровій карті України



б) розбіжність векторних контурів об'єктів з їх аналогами на місцевості

Рис. 2. Проблеми відображення агровиробничих груп ґрунтів на ПККУ (а) та в ГІС (б)

Використані при створенні ПККУ методики, передбачали дигіталізацію окремо картограм агровиробничих груп, окремо меж місцевих рад та населених пунктів. Методичні помилки при георектифікації призвели при цьому до існування 3 варіантів меж, які не співпадали між собою. Відповідно картограму агрогруп штучно «притягували/обрізували» під межі населених пунктів/сільрад.

Така методика призвела до неузгодження між собою всіх меж всіх рад, як і контурів агровиробничих груп (наслідок ручного режиму). Варто пам'ятати і про похибки під час ґрунтових обстежень різних років (відмінності між різними ґрунтами і агрогрупами, особливо на межах господарств). Вказаний картографічний матеріал, який потребує детальних обстежень у полі, був усереднений, ув'язаний та представлений на Кадастровому порталі у стислі строки, очевидно, у відповідності до поточної політичної кон'юнктури. Віддаючи належне самому факту створення Публічної кадастрової карти, вважаємо, що такі помилки, унеможливають її використання для вирішення актуальних завдань ґрунтознавства, крім як в оглядових цілях. Одержаний вихідний картографічний матеріал, на нашу думку, також мало придатний як для наукового супроводу, так і для практичного застосування.

Перспективи картографічного ґрунтознавства полягають у науковій та ретельній геореєктифікації існуючого (створеного шляхом великомасштабного картування) набору карт ґрунтів, їх правильному оцифруванні та наступній корекції з використанням сучасних засобів: аналіз ЦМР; застосування даних, здобутих дистанційними засобами зондування (ДЗЗ); моделювання різних видів; створення тривимірної карти ландшафтів. Виходячи з того, що паперові карти матимуть обмежене використання, а роботи перейдуть у ГІС-площину, їх сканування, геореєктифікація та оцифрування потребують педантичних і професійних виконавців.

Часта ситуація (зокрема у деяких філіях ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», ряді інших організацій) з обробкою та нанесенням інформації на фрагменти ґрунтових карт у графічних редакторах типу Adobe Photoshop, без будь-якої географічної прив'язки, повинна відійти в минуле як контрпродуктивна, непрофесійна та не відтворена.

Наше бачення цієї ситуації з точки зору ґрунтознавства в такому алгоритмі:

1. Сканування карт з роздільною здатністю 600 dpi у 24-бітному кольорі та зберігання у форматі TIFF з компресією LWZ.

2. Побудова математичної основи топокарти в відповідній їх системі координат, її геореєктифікація та переведення в УСК-2000.

3. Обрізка карти ґрунтів по контуру господарства та геореєктифікація за максимально можливою кількістю характерних точок місцевості згідно з даними топографічної карти та космоснімків (ортофотозображень) з використанням алгоритмів трансформації за типом «гумового листа».

4. Дигіталізація горизонталей з топокарти та контурів ґрунтової ситуації у програмному забезпеченні типу Easy Trace [28], ГІС GRASS 6.4 [29] чи Quantum GIS [30].

5. Побудова ЦМР методом регуляризованих напружених сплайнів (Regularized Spline with Tension - RST), яким передбачено обчислення значення висот у вузлах сітки за допомогою функції, що моделює тонку гнучку пластину, яка проходить через/або близько до точок вихідних даних [31-35].

6. Генерація набору додаткових карт з використанням ЦМР у ГІС GRASS 6.4.3 [29] та SAGA [36].

7. Створення прогносної карти ґрунтів за допомогою методики мультиноміальної логістичної регресії [37-39] для тих ареалів, де вона не представлена.

8. Уточнення ґрунтової ситуації в польовій експедиції.

9. Виготовлення кінцевого варіанту карти ґрунтів.

Заключення. Пропонований підхід дозволить створити сучасну ґрунтознавчу ГІС з максимально адаптованим набором даних, який буде зручним у використанні, масштабованим та динамічно доповнюваним. Це також стане передумовою створення Національної бази даних ґрунтів та її інтегрування в SOTER, SOVEUR чи аналогічні міжнародні системи. Водночас, дана ГІС з мінімальними перебудовами може бути інтегрованою до Національної інфраструктури геопросторових даних і розвиватися в її межах. Враховуючи анонсований початок роботи в цьому напрямі

необхідне обов'язкове залучення власне ґрунтознавців.

Зважаючи на масштабність проекту та вартість сучасного програмного забезпечення слід звернути особливу увагу на безкоштовне вільне програмне забезпечення під Вільною громадською ліцензією GNU GPL [40]: Debian [41], GRASS GIS 6.4 [29], Quantum GIS [30], SAGA GIS [36] тощо, яке дозволяє виконати весь комплекс пропонованих заходів у замкнутому циклі.

Список використаної літератури

1. *Новаковський Б.А.* Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей / Б.А.Новаковський, С.В.Прасолов, А.И.Прасолова. – М.: Научный мир, 2003. – 64 с.
2. *Сербенюк С.Н.* Программы МАГ для создания цифровых моделей геополей / С.Н.Сербенюк, С.М.Кошель, О.Р.Мусин // Геодезия и картография. – 1991. – № 4. – С.44–46.
3. *Hengl T.* Mathematical and Digital Models of the Land Surface / T.Hengl, I.S.Evans // Geomorphometry: Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science (eds T.Hengl, H.I.Reuter). – Vol. 33. – Elsevier, 2009. – pp. 31-64.
4. *National Geophysical Data Center* [E-resource]. – Access mode: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO2/>
5. *Earth Resources Observation and Science* [E-resource]. – Access mode: http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/gtopo30_info
6. *Danielson J.J., Gesch D.B.* / Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010) / J.J.Danielson, D.B.Gesch. – Open-file report. - №2011–1073. – U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 20011. – 34 p. – Access mode: <http://pubs.usgs.gov/of/2011/1073/pdf/of2011-1073.pdf>
7. *The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* – [E-resource]. – Access mode: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
8. *The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model (GDEM)* – [E-resource]. – Access mode: <https://lpdaac.usgs.gov/content/view/full/11033>
9. *Weibel R.* Digital Terrain Modeling / R.Weibel, M.Heller // Geographical Information Systems: Principles and Applications (eds. D.J.Maguire, M.F.Goodchild, D.W.Rhind). – London: Longman, 1991. – pp. 269-297.
10. *Li J.* A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists / J.Li, A.D.Hear. – Canberra: Geoscience Australia, 2008. – Record 23. – 137 pp.
11. *Пьюкер Т.* Влияние различных математических подходов на изображение рельефа дна океана / Т.Пьюкер // Картография. – 1988. – №3. – С. 35-38.
12. *Лисицкий Д.В.* Основные принципы цифрового картографирования местности / Д.В.Лисицкий. – М.: Недра, 1988. – 264 с.
13. *Мусин О.Р.* Цифровые модели рельефа континуальных и дискретных географических полей / О.Р.Мусин, С.Н.Сербенюк // Банки географических данных для тематического картографирования: сб. ст. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – С.156-170.
14. *Черлінка В.Р.* Проблеми створення, геореєктифікації та використання крупномасштабних цифрових моделей рельєфу / В.Р.Черлінка, Ю.М.Дмитрук // Геополітика і екогеодинаміка регіонів. – Т. 10. – Вып. 1. – 2014. – С. 239-244.
15. *Про схвалення* Концепції проекту Закону України "Про національну інфраструктуру геопросторових даних". КМУ, Розпорядження від 21 листопада 2007 р. №1021-р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1021-2007-%D1%80>
16. *Про національну інфраструктуру геопросторових даних (проект закону)* - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/JF46700A.html
17. *Японія та Україна* розпочинають дворічний проект у рамках створення Національної інфраструктури геопросторових даних - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ktmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=248487621
18. *Про деякі питання* застосування геодезичної системи координат // Постанова КМУ від 22.09.2004, №1259 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-%D0%BF>
19. *Тарапатов М.М.* Державна референтна система координат УСК-2000 та її зв'язок із іншими світовими і європейськими системами координат / М.М.Тарапатов // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. Зб. наук. пр. – 2007. – №7. – С.174-179.
20. *Герасимов Г.П.* Золотой ключик: как стать (или не стать) Буратино и решить проблему перехода от СК-42 и WGS-84 к СК-63 и местным системам координат / Г.П.Герасимов // Геопрофиль. – №3. – 2010. – С. 24-31.
21. *Кубах С.* Вплив стану геодезичної основи на точність визначення геометричних параметрів земельних ділянок / С.Кубах // Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвідомчий науково-технічний збірник. – Випуск 73. – 2010. – С.69-72.
22. *Про введення* в дію Переліку відомостей, які містять службову інформацію // Наказ Держземагентства України від 25.10.2012, №525 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://land.gov.ua/za-napriamkami-diialnosti/publichna-informatsiia-zakonodavche-zabezpechennia/99352-nakaz-derchzementstva-ukrayyny-vid-25-10-2012-525-pro-vvedennya-v-diua-pereliku-vidomostey-yaki-mistyat-sluchbovu-informaciua.html>

23. *Матвійчук О. Гриф «ДСК» і його застосування vs право на інформацію / О.Матвійчук // Доступ громадськості до генеральних планів міських населених пунктів України: Зб. матер. за результ. проекту «Через доступ до генеральних планів – до містобудування без корупції». Східноукраїнський центр громадських ініціатив. За заг. ред. В.В.Щербаченка. – Луганськ: СПД Резнік, 2011. – С.218-223.*

24. *Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування // Постанова КМУ від 4 вересня 2013 р., №661 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF>*

25. *SOTER – Global Soil and Terrain Database - [E-resource]. – Access mode: <http://www.fao.org/nr/land/databasesinformation-systems/soter/en/>*

26. *Soil and Terrain Database for Central and Eastern Europe (ver. 1.1) (SOVEUR) Database - [E-resource]. – Access mode: <http://www.isric.org/data/soil-and-terrain-database-central-and-eastern-europe-ver-11-soveur>*

27. *Публічна кадастрова карта України – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>*

28. *Easy Trace 7.99 – [E-resource]. – Access mode: http://www.easytrace.com/site2/program/et799_ru*

29. *Geographic Resources Analysis Support System – [E-resource]. – Access mode: <http://grass.osgeo.org/>*

30. *QGIS Development Team (2015). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project – [E-resource]. – Access mode: <http://qgis.osgeo.org>*

31. *Mitašova H. Interpolation by Regularized Spline with Tension: I. Theory and Implementation / H.Mitašova, L.Mitaš // Mathematical Geology. – 1993. – Vol. 25. – №6. – pp. 641-655.*

32. *Hofierka J. Multivariate interpolation of precipitation using regularized spline with tension / J.Hofierka, J.Parajka, H.Mitasova, L.Mitas // Transactions in GIS. – 2002. – №6. – pp. 135-150.*

33. *Hofierka J. Interpolation of radioactivity data using regularized spline with tension / J.Hofierka // Applied GIS. – 2005. – Vol. 1. – №2. – pp. 16/01-16/13.*

34. *Dmutruk Y.M. The concept and methodology of analysis urbolandscape based elevation models (for an example Chernivtsi) / Y.M.Dmytruk, V.R.Cherlinka, O.V.Stouguk // Біологічні системи. – 2013. – Т. 5. – Вип. 2. – С. 264-268.*

35. *Черлінка В.Р. Методологія отримання коректних цифрових моделей рельєфу для агрохімічних досліджень / В.Р.Черлінка // Охорона ґрунтів. Зб. наук. праць. Спец. вип. присвячений Міжнародній науково-практичній конференції з нагоди 50-річчя заснування агрохімічної служби України. – Київ: ТОВ «ВІК-ПРИНТ», 2014. – С. 391-395.*

36. *System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA GIS) (2015) by SAGA Development Team – [E-resource]. – Access mode: <http://www.saga-gis.org>*

37. *Venables W.N. Modern applied statistics with S-PLUS. / W.N.Venables, B.D.Ripley. – USA: Springer Science & Business Media, 2002. – 495 p.*

38. *Hengl T. A practical guide to geostatistical mapping / Hengl T. – Amsterdam: University of Amsterdam, 2009. – 271 p.*

39. *R Development Core Team (2006). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria – [E-resource]. – Access mode: <http://www.R-project.org>*

40. *GNU GENERAL PUBLIC LICENSE – [E-resource]. – Access mode: <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>*

41. *Debian GNU Linux – the universal operating system – [E-resource]. – Access mode: <http://www.debian.org/index.en.html>*

Стаття надійшла до редколегії 26.09.2015

ADAPTATION LARGE-SCALE MAPS OF SOILS TO THEIR PRACTICAL USE IN GIS

V.R. Cherlinka

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine (v.cherlinka@chnu.edu.ua)

The features of created mapping materials under Public cadastral map of Ukraine and especially their use were determined. It was shown that in the present circumstances, before urgently needed round of large-scale soil survey of soils of Ukraine it should be conducted preparatory work on adapting existing large-scale soil maps for their practical use. This will be done with GIS, digital elevation models, methods of forecasting soil situation and so on. The emphasis is on the lack of methodological basis for a set of modern technological solutions developed in various areas (soil science, cadastre, land, etc.), including the lack of digital elevation models. It was accented attention on the problems that accompany the

technological process of their creation. It was proposed approach, which will create a modern soil GIS with the most adapted data set, easily to use, scalable and dynamically supplemented. Created GIS with minimal alterations can be integrated into the national geospatial data infrastructure and develop within it. It was highlighted the use of free open source software that is distributed free under the GNU GPL.

Keywords: *large-scale soil map, digital elevation models (DEM), geoinformation system (GIS), coordinate system, predictive soil mapping, multinomial logistic regression, GRASS GIS.*

UDC 631.4

LAND SUITABILITY EVALUATION OF OGOCHIE RIVER WETLAND SOILS IN NGOR-OKPALA LOCAL GOVERNMENT AREA OF IMO STATE SOUTHEASTERN NIGERIA FOR RAIN FED RICE PRODUCTION.

C.I. Ernest¹, M.J. Okafor², I.F. Irokwe¹

¹**Department of Soil science and Technology, Federal University of Technology, Owerri, Nigeria.**

²**Department of Agricultural Technology, Anambra State College of Agriculture, Mgbakwu, Nigeria.**

For correspondence: ernest.dozie@yahoo.com

In a bid to contribute to food sufficiency and sustainability of rice production in Nigeria, we carried out the study on the land suitability evaluation of Ogochie river wetland soils in NgorOkpala Local Government Area of Imo State, South-eastern Nigeria. Three topounits were identified as footslope, midslope and summit and were connected by a transect using Global Positioning System (GPS). A profile pit was dug on each topounit. Both soil description and land suitability evaluation were carried out according to FAO guidelines. Soil samples were collected from each horizon, air dried and sieved for standard routine analysis. The soils were shallow in depth and imperfectly to poorly drained. Sand dominated the texture of the soils which was classified as sandy loam. Bulk density and porosity ranged between 0.82-1.68g/cm³ and 36.6-69.2% respectively. All soils recorded acidic soil reaction (5.28-5.37). The fertility levels of all soils were low having organic matter (0.4-1.68 %), total exchangeable bases (2.68-3.18 cmol/kg), effective cation exchange capacity (3.38-4.11 cmol/kg) and available phosphorus (1.03-2.04 ppm). However, total exchangeable acidity was high (0.7-0.8 cmol/kg) depicting acidity of soils studied. Percentage base saturation was high (76.6-80.1%) but not sufficient for optimum rice production. The soils were non saline with electrical conductivity values less than 1dsm⁻¹. The soils of the study area were evaluated as being marginally suitable (S3) for rain fed rice production, with footslope having limitations in fertility, soil texture and depth. Midslope had limitations in fertility and soil texture while summit had limitations in fertility, soil texture and topography.

Keywords: *wetlands, soil, rice, land suitability evaluation, southeastern Nigeria.*

Introduction. Wetland soils are soils formed under conditions of saturation, flooding or ponding long enough during the growing season to develop anaerobic conditions on the soil surface. Wetlands have been neglected and underutilized in the past, thus have been reviled as disease ridden wastelands and actively drained. The rapid increase in population, urbanization and industrialization has led to the recognition of wetlands for agricultural production in Nigeria. Drained wetlands are among the most productive agricultural and forest soils, having relatively level topographic position, high organic matter content, high nutrient level and acting as both source and sink due to their role as transitional ecosystem between the aquatic and terrestrial ecosystems. The occurrence of wetland soils in Nigeria has been associated with three landforms namely; inland depressions, floodplains and coastal plains [1]. These soils are boom grounds for swamp rice [2] and can produce other crops such as banana, sugar cane, cocoa and coffee.

Rice is a staple food in many countries in Africa and is considered to have recorded a fastest growth in consumption in Nigeria. It has been reported that Nigeria loses N1bn daily to rice importation as the demand for rice in Nigeria is about 5 million tonnes yearly

and the domestic production is less than 3 million tonnes which makes the importation of rice into the country more than 2 million tonnes.

Despite the good natural conditions for rice cultivation in Nigeria, the low level of its production is quite appalling. However, this triggered the study on the suitability evaluation of Ogochie river wetland soils for rice production in Nigeria.

Materials and Methods. Ogochie River is located at Ngor-Okpala Local Government Area of Imo State which lies between latitudes 5°20'N and longitude 7°8'E with an elevation of 52 m above sea level. The hydrology of Ogochie River is governed by Imo River and affected by tides, although seasonal influences which are related to the climatic regime are evident. The area lies within the humid tropics with a mean temperature range of 26-29 °C. The climate of the area is characterized by distinct wet and dry seasons. The wet season begins in April and lasts till November, while the dry season begins in November till March. A short period of draught is usually experienced in July and August, while a period of harmattan characterized by cold dry winds and lower temperatures normally occurs between December and February [3, 4].

The relative humidity is high throughout the year especially in rainy season averaging 85 %. The mean annual rainfall ranges from 2500-3000 mm [5]. The major parent material in the study area is the coastal plain sands and flood plains (Benin formation and Deltaic deposits) and marine deposits. The area has generally a lowland geomorphology, less than 80 m above sea level. They belong to the group of soils termed the acid sands in southern Nigeria [6].

A reconnaissance visit was carried out with the aid of a location map of the study area to identify the areas to be studied and the locations were georeferenced using a global positioning system (GPS) receiver (table 1). A combination of transect and random sampling techniques were used as a traverse was cut along the river bank in sampling.

Three topounits were identified namely footslope, midslope and summit and a profile pit was dug in each topounit and described using FAO (2006), (2006) procedures. Surface humidity was dry at the time of sample collection, which was in the dry season month of December 2012. Core samples were collected from each horizon. Samples were collected from the bottom to the top according to horizon differentiation in each profile pit and the maximum depth of soil examination differed for each pit. Soil samples were air-dried, gently crushed, sieved using 2-mm sieve and analysed in the laboratory.

Table 1. Location of pedons

<i>Pedon number</i>	<i>Coordinates</i>	<i>Elevation, m</i>	<i>Physiographic unit</i>
Pedon 1	Lat.5°20'10.7 ¹¹ N, Long. 7°8'48.1 ¹¹ E	45	Footslope
Pedon 2	Lat.5°20'19.3 ¹¹ N, Long. 7°8'47.2 ¹¹ E	46	Midslope
Pedon 3	Lat.5°20'24.9 ¹¹ N, Long. 7°8'47.2 ¹¹ E	46	Summit

Laboratory Analysis. Particle size distribution was determined by hydrometer method according to the procedure of [7]. Bulk Density was measured using core method as [8] recommended. Soil pH was determined in 1:2.5 soil liquid ratios in water and 0.1N KCl using pH meter [9]. Organic carbon was determined using wet oxidation method described by [10, 11]. Available phosphorus was determined using Bray II solution method [12]. Electrical conductivity was measured in 1:2 saturation extract [13]. Exchangeable bases (magnesium, calcium, sodium and potassium). Exchangeable Na and K were extracted using 1N NH₄OAc using flame photometer [14], while Ca and Mg were determined using ethelenediaminetetracetic acid (EDTA) [15]. Total nitrogen was determined by Kjedahl digestion method [14, 16]. Exchangeable acidity was determined titrimetrically [17]. Effective cation exchange capacity (ECEC) was calculated from the summation of all exchangeable bases and exchangeable acidity [18]. Percentage base

saturation (% BS) was determined by calculation.

Land evaluation. The data collected on soils were used in comparing the land use with the land qualities and characteristics to determine which land unit is most suited for rain fed rice cultivation. The parameters used for the evaluation of soils were soil depth, texture, drainage, pH, available P, organic matter content, ECEC, base saturation and electrical conductivity while environmental factors were climate and topography. The suitability of each factor for respective soil unit was classified as highly suitable (S1), moderately suitable (S2), marginally suitable (S3) or not suitable (N).

Results and Discussion. Soil Properties. Although wetland soils in reduced state typically have dark, grey, mottled appearance with chroma colour of less than or equal to 2, the soils in the study site were characterised with strong brown, reddish brown, reddish yellow to yellowish red colour matrix of hues of 7.5 to 5 years and chroma values of 4-8 in all horizons. These colours indicate a relatively high amount of iron oxide, which may be due to the parent material. The structural development of the soils in the study site ranged from fine-weak to massive-strong sub-angular blocky peds. In moist state, the soils were friable and firm, soils were observed in dry consistence to be hard to extremely hard as depth increases. The main factor influencing the structure of floodplain soils is the hydrology/water table. Also, due to the concentration of Fe^+ and Al^+ , the soils harden to form nodules and concentrations. However, such hardened features, unless they have gradual or diffuse boundaries with surrounding matrix are indicative relict rather than contemporary saturation. The soils of the study site were imperfectly to poorly drained, therefore, base presence of roots decreased with depth in all pedons due to high water table. The textural characteristics of the soils studied showed that sand content were predominant having values above 800 g/kg (table 2). The soils were categorized under the sandy loam textural class. High bulk density and porosity were recorded in the study area which ranged between 0.82-1.68 g/cm³ and 36.6-69.2 %. This is an indication of mineral soil dominance and high water absorption capacity. Bulk density increased down the profile, presence of organic matter was responsible for lower bulk density and high porosity recorded at the epipedon. Soils located at the footslope recorded the highest bulk density, followed by summit and midslope respectively.

Table 2. Some physical properties of soils studied

Physiographic unit	Horizon	Depth, cm	Particles content, g/kg			Texture	MC, g/kg	BD, g/cm ³	Total porosity, %
			Sand	Silt	Clay				
Footslope	Ap	0-14	804	0	196	LS	353	1.59	40.0
	Bt1	14-28	944	0	56	SL	492	1.62	38.9
	Bt2	28-43	824	20	156	SL	522	1.83	31.0
	Mean	-	857	7	136	SL	456	1.68	36.6
Midslope	Ap	0-14	844	40	116	LS	128	0.34	87.2
	Bt1	14-26	804	60	136	LS	139	0.55	79.3
	Bt2	26-67	824	20	156	SL	297	0.61	77.0
	Bt3	67-80	824	20	156	SL	324	1.22	54.0
	Btg	80-85	804	40	156	SL	478	1.36	48.7
Mean	-	820	36	144	SL	273	0.82	69.2	
Summit	Ap	0-14	844	20	136	LS	198	0.39	85.3
	Ab	14-27	744	40	216	SCL	202	0.77	71.0
	Bt1	27-66	787	20	196	SL	300	1.11	58.2
	Bt2	66-83	904	0	96	S	346	1.25	52.9
	Bt3	83-97	844	20	136	LS	441	1.44	45.7
Mean	-	824	20	156	SL	297	0.99	62.6	

Texture: S = Sand, LS = Loamy sand, SL = Sandy loam, SCL = Sandy clay loam

The pH of the study area were strongly to slightly acidic with footslope recording values of 5.37, followed by midslope 5.33 and summit 5.28 (table 3). This indicates the presence of Al^+ and H^+ ions in the soil exchange complex [19] and low organic matter levels.

Table 3. Some chemical properties of the soils studied

Physio-graphic unit	Depth, cm	pH H ₂ O	pH KCl	O.M., %	cmol/kg			T.N, %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	TEB	ECEC	BS, %	AV.P, (ppm), %	Al %	EC, dSm ⁻¹
					Al ³⁺	H ⁺	TEA											
Footslope	0-14	5.23	4.11	0.62	0.7	0.3	1	0.03	1.6	0.8	0.17	0.07	2.64	3.64	72.5	1	19.23	0.11
	14-28	5.18	4.28	0.17	0.2	0.1	0.3	0.01	1.2	0.8	0.27	0.06	2.33	2.63	88.5	1.1	7.6	0.10
	28-43	5.71	3.76	0.41	0.4	0.4	0.8	0.02	1.6	1.2	0.12	0.16	3.08	3.88	79.3	1.02	10.31	0.08
	Mean	5.37	4.05	0.4	0.4	0.3	0.7	0.02	1.5	0.9	0.19	0.10	2.68	3.38	80.1	1.04	12.38	0.1
	0.14	5.04	4.06	1.1	0.5	0.3	0.8	0.05	1.6	0.8	0.23	0.08	2.71	3.51	77.2	1.86	14.25	0.10
Midslope	14-26	4.96	3.89	0.96	0.5	0.2	0.7	0.04	1.6	1.2	0.26	0.13	3.19	3.89	82	0.85	12.85	0.10
	26-67	5.51	4.06	0.82	0.7	0.3	1	0.04	1.6	0.4	0.27	0.06	2.33	3.33	69.9	0.55	21.02	0.11
	67-80	6.43	3.94	1.27	1.1	0.1	1.2	0.06	2.4	1.2	0.22	0.09	3.91	5.11	76.5	0.47	21.53	0.13
	80-85	4.69	3.83	1.03	0.4	0.4	0.8	0.05	2	1.6	0.11	0.03	3.74	4.54	82.3	6.45	8.81	0.11
	Mean	5.33	3.96	1.04	0.6	0.3	0.9	0.05	1.8	1.0	0.22	0.08	3.18	4.08	77.6	2.04	15.69	0.11
Summit	0-14	5.05	3.9	2.03	0.8	0.2	1	0.1	3.2	1.2	0.25	0.11	4.76	5.76	82.6	0.60	13.89	0.11
	14-27	5.27	4.08	4.1	0.7	0.2	0.9	0.2	2.0	1.2	0.14	0.17	3.51	4.41	79.5	1.54	15.87	0.10
	27-66	5.74	3.86	0.68	0.9	0.2	1.1	0.03	1.6	0.8	0.21	0.08	2.69	3.79	70.9	0.36	23.75	0.12
	66-83	4.84	3.83	0.2	0.9	0.2	0.8	0.01	1.2	0.4	0.28	0.06	1.94	2.74	70.8	0.32	21.90	0.10
	83-97	5.19	3.9	1.37	0.6	0.2	0.8	0.06	1.6	1.2	0.17	0.07	3.04	3.84	79.1	2.31	15.63	0.10
Mean	5.28	3.91	1.68	0.7	0.2	0.9	0.08	1.9	0.1	0.21	0.10	3.11	4.11	76.6	1.03	18.2	0.11	

O.M. = Organic matter, Al= Aluminum, Ca= Calcium, Mg= Magnesium, P= Phosphorus, K= Potassium, Na= Sodium, TEA= Total exchangeable acidity, T.N= Total nitrogen, TEB= Total exchangeable bases, ECEC= Effective cation exchange capacity, BS= Base saturation, AV.P= Available phosphorus, EC= Electrical conductivity.

Footslope recorded the least organic matter content of 0.4 % compared to midslope 1.04 % and summit 1.68 %. Low organic matter is as a result of submergence of surface soil, causing anaerobic condition and inhibiting ripening environment. Total exchangeable acidity recorded high values, slightly below the critical toxicity value of 2.0 cmol/kg. This makes plant nutrients unavailable such as phosphorus, molybdenum as well as other basic cations, thus increases toxicity levels of Aluminium and Manganese.

Percentage base saturation ranged between 76.6-80.1 %, above 50 % the separating index between fertile and less fertile soils. M. Astera [20] noted that the strongest, healthiest and more nutritious crops are grown in soils having percentage base saturation of above 90 %. The ECEC values were low between 3.38-4.11 cmol/kg, this is as a result of high annual precipitation, low amount of basic cations, low activity clays and low buffering capacity to retain them against leaching. ECEC values <8-10 cmol/kg are stipulated as indicative minimum values in the top 30 cm for soils for satisfactory crop production in wet soils [21].

Available P content of the soils was low between 1.03-2.04 ppm. At low pH and solubility of Al and Fe hydroxyl, P is considered very low and this explains the reasons for high P fixation in wetland soils. High moisture level and sandy soil texture are also contributory factors. Electrical conductivity of the study site was less than 2 dsm⁻¹, indicating non saline nature of the soils and fresh water status of the hydrology of the study area.

Land Suitability Evaluation. Results on the land suitability rating of the Ogochie river wetlands showed that the mean annual rainfall of the study area was above 1200 mm (Tables 4 and 5) and were rated as highly suitable (S1). The temperature of the study area was isohyperthermic (above 22 °C) and rated as highly suitable (S1). On the basis of elevation, all topounits were below 50 m, thus were rated highly suitable (S1). Footslope and midslope recorded a rating of highly suitable (S1) having a slope gradient description of flat and level respectively while summit was moderately suitable (S2) having slope gradient description of nearly level. Sand dominated the texture of all soils studied and were rated as marginally suitable (S3), as the textural class of the soils were sandy loam. Footslope had a depth of 43 cm due to high water table and was rated as marginally suitable (S3) as crops may be lost in excess rainfall while midslope and summit had depths greater than 75cm, thus were rated as highly suitable (S1). Footslope was poorly drained, having a high suitability (S1) rating while midslope and summit were imperfectly drained and rated moderately suitable (S2). Stones and rock outcrops were not observed in all soils studied, therefore the soils were rated as high suitable (S1). The pH of all soils studied was acidic between 5.0-5.5 and rated as marginally suitable (S3). Organic matter contents of all soils were rated as being marginally suitable (S3). The Potassium content of the soils of the study site was moderately suitable (S2). The phosphorus content in all soils studied was less than 5ppm, thus rated as marginally suitable (S3). The footslope and midslope were rated as marginally suitable (S3) while summit was rated as moderately suitable (S2) in terms of calcium levels in the soils. The magnesium content of all soils studied was rated as marginally suitable (S3). Footslope and midslope recorded percentage base saturation suitability rating as moderately suitable (S2) while summit was highly suitable (S1) above 80 %. Total nitrogen in all soils was below 0.1 % and classified as marginally suitable (S3). The electrical conductivity of the soils were highly suitable (S1) as all soils recorded EC values less than 3 dms⁻¹, an indication that the soils are non-saline. The overall suitability of the soils studied showed that all topounits were marginally suitable (S3), with footslope having limitations in fertility, soil texture and depth, Midslope had limitations in fertility and soil texture with summit had limitations in fertility, soil texture and topography.

Table 4. Rating of land use requirement for rain-fed rice

Land qualities	Factor suitability rating			
	S1	S2	S3	N
<i>Climate</i>				
Rainfall (mm)	800-1200	700-800	600-700	<600
Temperature (°C)	24-28	22-24	18-22	<18
<i>Land/soil properties</i>				
Elevation (m)	0-600	600-1200	1200-1800	>1800
Slope (%)	<1	1-2	2-4	>4
Soil texture	C, SiC, CL	SC, SiC, SiL	SL, L, SCL	S, LS
Soil depth (cm)	>75	50-75	25-50	<25
Drainage	Poorly drained	Moderately drained	Imperfectly drained	Well drained
Stones and rock outcrops (%)	nil	1-5	5-10	>10
pH	6.0-6.5	5.5-6.0	5.0-5.5	<5.0
Organic matter (%)	>3.5	2.5-3.5	<2.5	Any
Avail. P (ppm)	>15	6.15	<5	Any
K (cmol/kg)	>0.31	0.11-0.30	<0.11	Any
Ca (cmol/kg)	6-12	3-6	<3	Any
Mg (cmol/kg)	6-12	3-6	<3	Any
BS(%)	>80	40-80	20-40	<20
TN (%)	>0.2	0.1-0.2	0.05-0.1	<0.05
EC (dsm ⁻¹)	<3	3-5	5-7	>7

S1= Highly Suitable, S2= Moderately Suitable, S3= Marginally Suitable, N= Not Suitable
 Culled from Akwalbom State Ministry of Agriculture publication, Vol. II, 2003 and FAO 1983

Table 5. Suitability assessment of Ogochie river wetland soils for rain fed rice production

Land qualities	Factor suitability rating		
	Footslope	Midslope	Summit
<i>Climate</i>			
Rainfall (mm)	S1	S1	S1
Temperature (°C)	S1	S1	S1
<i>Land/soil properties</i>			
Elevation	S1	S1	S1
Slope (%)	S1	S1	S2
Soil texture	S3	S3	S3
Soil depth (cm)	S3	S1	S1
Drainage	S1	S2	S2
Stones and rock outcrops (%)	S1	S1	S1
pH	S3	S3	S3
Organic matter (%)	S3	S3	S3
Avail. P (ppm)	S3	S3	S3
K (cmol/kg)	S2	S2	S2
Ca (cmol/kg)	S3	S3	S2
Mg (cmol/kg)	S3	S3	S3
BS (%)	S2	S2	S1
TN (%)	S3	S3	S3
EC (dsm ⁻¹)	S1	S1	S1
Overall suitability class	S3fsd	S3fs	S3fst

S3fsd= marginally suitable having limitations in fertility, soil texture and depth

S3fs= marginally suitable having limitations in fertility and soil texture

S3fst= marginally suitable having limitations in fertility, soil texture and topography

Conclusion. Ogochie river wetland soils were marginally suitable (S3) for optimum rice production as all topounits studied had fertility and soil texture as major limitations. The integrated use of organic and inorganic fertilizers and incorporation of plant residues such as rice straw would address the low nutrient status of the soils. Regarding the sandy nature of the soils, organic manure which acts as binding agents should be applied to check leaching of plant nutrients. Footslope recorded a limitation in depth due submergence of soils by water, adoption of improved agricultural practices should be employed to obtain optimum use of the land for rice production without loss through submergence. Making of checks will enhance water retention in the summit where topography was observed to be a limiting factor. Liming is also necessary to reduce the acidity and Aluminium and iron toxicity levels in the soils studied.

References

1. Fasina A.S. (2005). Properties and classification of some selected Wetland soils in Ado Ekiti, Southwest Nigeria. *Applied Tropical Agriculture*, 10 (2): Pp. 76-82.
2. Winslow M.O. and John V.T. (1989). Rice Production in Nigeria. I.I.T.A. Research Brief Vol. 9. No. 8.
3. Moses B.S. (1979). The Cross River, Nigeria - its ecology and fisheries. In: Proceedings of the International Conference on Kanji Lake and River Basin Development in Africa. Kanji Lake Research Institute, New Bussa, Nigeria. Pp. 335-370.
4. Enemugwem J.H. (2009). Oil Pollution and Eastern Obolo Human Ecology, 1957-2007. *International Multidisciplinary Journal*. Vol. 3, 1. Pp. 136-151.
5. Ofomata G.E.K. (1975). Nigeria in maps. Eastern States, Ethiopie publishing House, Benin city, Nigeria, 88 p.
6. Obihara C.H. (1961). The acid soils of eastern Nigeria. Part 1: Extent Nigerian scientist 1. Pp.57-67.
7. Gee G.N., Or. D. (2002). Particle size analysis. In: Methods of soil analysis. J.H. Dane and G.C Topp (Ed.), Part 4. Physical methods. Soil Science Soc. America Book Series No. 5 ASA and SSSA Madison, Wisconsin. Pp. 225-293.
8. Grossman R.B., Reinsch T.G. (2002). The solid phase. 2.1. Bulk density and linear extensibility. In: J.H. Dane and G.C. Topp (Ed.). Methods of soil analysis. Part 4. Physical methods. Soil Sci. Soc. Am. Book series No 5, ASA and SSSA Madison, Wisconsin. Pp. 201-216.
9. Hendershot W.H., Lalende H., Duquette M. (1993) Soils reaction and exchangeable acidity. In: M.R. Carter (Ed.). Soil sampling and methods of analysis. Can. Soc. Soil Sci. Lewis Publisher, London. Pp. 142-145.
10. Walkey A. and Black I.A. (1934). An examination of the different methods of determining SOM and proposed modification of the chronic acid and titration method. *Soil Sci.* 37. Pp. 29-38.
11. Nelson D.N., Sommers L.E. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Methods of soil analysis. Part 2. (Miller, A.D and Keeney, D.K.M). American Society of Agronomy. Pp. 539-579.
12. Olsen S.R., Sommers L.E. (1982). Soil available phosphorus. In: Sparks D.L., Pages A.L., Hennke P.A. Methods of soil analysis. Part 2. Am. Soc. of Agron. and Soil Science. Madison, Wisconsin. Pp. 403-430.
13. Udo E.J., Ibi T.O., Ogumwale J.A., Ano A.O., Esu I.E. (2009) Manual of soil, plant and water analysis. Sibon books limited, Lagos, Nigeria. 183 p.
14. Jackson M.L. (1964). Chemical composition of soil. In: F.E. Bear (Ed.) Chemistry of soil. Van Nostrand Reinhold Co, New York, Pp. 71-144.
15. Thomas G.W. (1988). Exchangeable cations. In: A.L. Page (Ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd edition. American Society of Agronomy and Soil Sci. Amer. Madison, W. 159-165.
16. Bremner J.R., Yeomans J.C. (1988). Laboratory techniques for determination of different forms of nitrogen. In J.R. Wilson (Ed.) Advances in nitrogen cycling in agriculture ecosystem. C.A.B. Int., Wallingford, UK. Pp. 399-414.
17. McLean E.O. (1982). Soil pH and lime requirement. In: A.L. Page et al (Ed). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd (Ed). Amer. Soc Agron & Soil Sci. Soc. Amer. Madison, WI. Pp. 595-624.
18. Soil Survey Laboratory Staff (1992). Soil Survey Laboratory Methods Manual. USDA-SCS Soil Survey Investigation Report No 42. Version 2.0 US Govt. Print. Offices Washington DC, 400 p.
19. Soil Survey Staff (2003). Keys to soil taxonomy, Ninth edition, USDA National Resource Conservation Service, Washington DC, USA. 332 p.
20. Astera M. (2008). Cation exchange capacity in soils. Soil minerals and soil testing for organic gardeners.
21. FAO (1979). Land evaluation criteria for irrigation, report of an expert consultation world soil resources report 50, FAO, Rome.

Received 15.08.2015

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ЗЕМЕЛЬ ЗАБОЛОЧЕННОГО БАССЕЙНА РЕКИ ОГОЧА (ШТАТ ИМО, ЮГО-ВОСТОЧНАЯ НИГЕРИЯ) ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РИСА В УСЛОВИЯХ ДОЖДЕВОГО ОРОШЕНИЯ**C.I. Ernest¹, M.J. Okafor², I.F. Irokwe¹**¹**Department of Soil science and Technology, Federal University of Technology, Owerri, Nigeria.**²**Department of Agricultural Technology, Anambra State College of Agriculture, Mgbakwu, Nigeria.**Для контакта: ernest.dozie@yahoo.com

В стремлении повысить продовольственный достаток и стабилизировать производство риса в Нигерии, мы выполнили исследование по оценке пригодности земель заболоченной поймы реки Огоча, район Нгора-Окпэла, штат Имо, Юго-восточная Нигерия. Три топографические единицы, связанные трансектой посредством Системы глобального позиционирования (GPS), были идентифицированы как подножие склона, средняя часть склона и вершина, соответственно. На каждом из объектов был заложен полнопрофильный почвенный разрез. Описание почвы и оценка пригодности земли были выполнены согласно рекомендациям ФАО. Из каждого горизонта были отобраны пробы почвы, высушены на воздухе и просеяны для стандартной процедуры анализа. Почвы были мелкие и слабо дренированные. В грансоставе почв доминировал песок и они были классифицированы как песчаный суглинок. Плотность сложения и пористость составляли 0.82-1.68 г/см³ и 36.6-69.2 %, соответственно.

Все почвы обладали кислой реакцией (5.28-5.37 pH). Уровень плодородия у всех почв был невысок: содержание органического вещества – 0.4-1.68 %, сумма обменных оснований – 2.68-3.18 смол/kg, емкость обмена катионов – 3.38-4.11 смол/kg, а содержание доступного фосфора – 1.03-2.04 ppm. В то же время, полная обменная кислотность была высока (0.7-0.8 смол/kg), что отображало общую кислотность изученных почв. Процент насыщенности основаниями высокий (76.6-80.1 %), но недостаточен для оптимальных условий для производства риса. Почвы не были засоленными, а индекс их электрической проводимости составлял менее чем 1 дсм⁻¹. Почвы исследованной территории были оценены как слабо пригодные (S3) для производства риса с дождевым поливом, причем, почва у подножия склона имела ограничения в плодородии, грансоставе и мощности. В средней части склона ограничения касались плодородия и грансостава, в то время как на вершине были ограничения в плодородии, грансоставе и топографии.

Ключевые слова: заболоченные земли, почва, рис, оценка пригодности земель, юго-восточная Нигерия.

УДК 631.4

БАЗИ ДАНИХ ҐРУНТІВ БОЛГАРІЇ, МОЛДОВИ, РУМУНІЇ Й УКРАЇНИ ТА ЇХ УЧАСТЬ У РОЗВИТКУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ҐРУНТОВОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ***Світла Русєва¹, Юрій Розлога², Марина Лунгу², Руксандра Вінтіла³, Тетяна Лактіонова⁴**¹**Інститут ґрунтознавства, агротехнології та захисту рослин імені Н. Пушкарьова, Болгарія, Софія, (svetlarousseva@gmail.com);**²**Інститут ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів імені Н. Дімо, Молдова, Кишинів, (iu-rozloga@yahoo.com);**³**Національний науково-дослідний інститут ґрунтознавства, агрохімії та навколишнього середовища (ІСРА), Румунія, Бухарест, (rvi@icpa.ro)**⁴**Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського», Україна, Харків, (tnlaktionova@ukr.net)**

У статті представлено національні підходи до структури ґрунтових баз даних у чотирьох країнах Південно-східної Європи – Болгарії, Молдові, Румунії й Україні. Показано способи збирання і систематизування даних та перелічено основні джерела інформації. Продемонстровано можливості і приклади застосування даних у наукових дослідженнях та оцінюванні стану ґрунтових і земельних ресурсів. Особливої уваги надано аналізу прийнятності національних баз даних для інтегрування та гармонізації їх у міжнародному інформаційному просторі.

Ключові слова: база даних, ґрунт, класифікація ґрунтів, властивості, карта.

* Переклад статті SOIL DATABASES OF BULGARIA, MOLDOVA, ROMANIA AND UKRAINE, AND THEIR PARTICIPATION IN THE EUROPEAN SOIL INFORMATION CONTINUUM (Агрохімія і ґрунтознавство № 83, С. 5-16). Публікується за побажаннями читачів. Переклала Т. Лактіонова

Вступ. Оголосивши 2015 рік «Роком ґрунту», міжнародна організація ФАО надихнула ґрунтознавців усього Світу спрямувати зусилля на популяризацію знань про ґрунтовий покрив і властивості ґрунтів. Величезна значущість ґрунту для життя людства зобов'язує нас відображати це у своїх розробках і публікаціях. Одним із сучасних способів посилення ефективності багатоцільового застосування знань про властивості ґрунту є створення поліфункціональних баз даних ґрунтів.

Національні бази даних можуть бути інтегровані у більш крупні гармонізовані БД, наприклад, для басейна ріки, охопленої територіями декількох країн, або, навіть, для цілого континента. Для цього кожна з національних БД – учасників інтеграції має делегувати частину своїх даних на потребу спільної гармонізованої БД з урахуванням специфічних завдань, які на неї покладають для розв'язання проблем стану навколишнього середовища. Отже, важливо, щоб кожна з національних баз даних мала якомога більше спільних рис у структурі й атрибутивній частині. Здатність національної бази даних властивостей ґрунтів адаптуватися до міжнаціональних трансферів даних залежить від її композиції і наповненості на момент інтегрування.

Цією статтею ми намагаємося коротко інформувати читача про національні особливості баз даних ґрунтів, створених у провідних наукових центрах ґрунтознавства у чотирьох європейських країнах: у Болгарії – Інститут ґрунтознавства, агротехнології та захисту рослин імені Н. Пушкарьова / *N.Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection* (www.iss-poushkarov.org), Молдові – Інститут ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів імені Н. Дімо / *Institute of Pedology, Agrochemistry and Soil Protection "Nicolae Dimo"* (www.ipaps.md), Румунії – Національний науково-дослідний інститут ґрунтознавства, агрохімії та навколишнього середовища (ICPA) / *National Research and Development Institute for Soil Science, Agrochemistry and Environment (ICPA)* (<http://www.icpa.ro/>) та Україні – Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського», (<http://issar.com.ua>).

Співробітники кожного з Інститутів неодноразово успішно використовували накопичену в базах даних інформацію в дослідницькій роботі та в міжнародних проектах з інтегрування національних баз даних. Така діяльність об'єднує зусилля ґрунтознавців різних країн і спрямовує їх на побудову єдиного ґрунтового інформаційного континуума.

1. Болгарія

1.1. Ґрунтові обстеження та карти ґрунтів

Структура ґрунтового покриву Болгарії – результат розвитку природних процесів від пліоцену до сьогоденної субатлантики, фактичного неотектонічного та антропогенного впливу. На території країни розрізняють п'ять типів педо-кліматичних режимів: *cryo-udic*, *meso-udic*, *meso-ustic*, *meso-xeric* and *thermo-xeric* [1]. Протягом останніх 100 років накопичування, оновлення та використання інформації про ґрунти було головною метою інтенсивних досліджень у напрямках ґрунтових обстежень, діагностики, класифікації та картографування.

Систематичне організоване дослідження болгарських ґрунтів було розпочато Н. Пушкарьовим, за завданням Міністерства сільського господарства, у 1911 р. І вже у 1913 р. Пушкарьов представив першу карту ґрунтів Софійської області у масштабі 1:126 000, а перша карта ґрунтів Болгарії була створена у масштабі 1:500 000 1931 року, на якій відображено географічний розподіл основних ґрунтових одиниць. Карту ґрунтів Болгарії масштабу 1:200 000 створили Койнов і Танов [2], і в ній було дано інформації про суттєво більшу кількість ґрунтових, порівняно з тими, що були ідентифіковані на карті 1931 р. У монографії «Ґрунти Болгарії» [3] зібрано всі доступні дані щодо морфологічних, фізичних, хімічних та фізико-хімічних властивостей основних ґрунтів. Систематичне великомасштабне обстеження почалося 1956 року.

Карта ґрунтів Болгарії масштабом 1:400 000 була опублікована 1968 року [4]. Цю карту було створено на основі інформації, здобутої з результатів обстеження,

проведеного у масштабі 1:25 000 на більше, ніж 60 % площі країни. На карті ідентифіковано 67 одиниць ґрунтів на рівнях груп та підгруп, класу гранулометричного складу та ступеню еродованості. Після генералізації карти до масштабу 1:400 000 було також складено карту масштабу 1:1 000 000 та опубліковано її у географічному атласі Болгарії [5]. На цій карті було виділено 45 ґрунтових одиниць. Географічний атлас Болгарії включав також карти географічного розподілу ґрунтів щодо їх гранскладу [6] і реакції ґрунту [7] у масштабі 1:3 000 000, а також карти масштабу 1:2 000 000 ґрунтовогеографічного районування [8], ґрунтово-ерозійного районування [9], та розподілу ґрунтових ресурсів у межах адміністративних районів країни [10].

Карту ґрунтів масштабу 1:400 000 було оцифровано [11] і оцінено просторовий розподіл площ 67 ґрунтових картографічних одиниць

Обстеження ґрунтів у масштабі 1:10 000 почалося 1971 року. До 1988 року ґрунтовий покрив Болгарії було картографовано в масштабі 1:25 000, а великомасштабне обстеження продовжувалося. На зараз ґрунтовими картами масштабу 1:10 000 покрито майже всю територію Болгарії. Більше того, ґрунтовим обстеженням і картами в масштабах від 1:5 000 до 1:1 000 покрито території зі специфічними земельними проблемами, такими, як засолення, та забруднення важкими металами, арсеном, нафтопродуктами та радіонуклідами. 1994 року карту ґрунтів Болгарії масштабу 1:1 000 000 було адаптовано до принципів переглянутої легенди ФАО 1990 і вона була підготовлена для об'єднання в ґрунтові географічні бази даних Європи масштабу 1:1 000 000 [12].

1.2. Ґрунтова інформація, бази даних та моніторинг

Згідно з розширеним систематичним списком ґрунтів Болгарії визначено 200 ґрунтових одиниць, кожна з яких несе закодовану інформацію про глибину профілю, ступеню еродованості, клас гранулометричного складу та каменистість, материнську породу, наявність схилу і земельну оцінку. Формула для кодування ґрунтових одиниць виглядає так:

$$N^a \frac{L_{1,2,3,\dots}}{N_{1,2,3,\dots}} N^b, \quad (1)$$

де: N^a – категорія земель згідно з Земельною оцінювальною системою Болгарії; $L_{1,2,3,\dots}$ - коди для опису ґрунту; N^b – польовий індекс і $N_{1,2,3,\dots}$ - коди класів гранскладу, каменистості, материнської породи та ін. Визначені ґрунтові одиниці характеризовано за описом морфологічних особливостей профілю, вмістом окремих гранулометричних фракцій, рН та вмістом загального вуглецю, азоту, фосфору і карбонатів кальцію на основі даних із 50 000 головних ґрунтових профілів. Крім того, інформація для 250 ґрунтових профілів, які репрезентують основні різновиди ґрунтів, посилена аналітичними даними щодо вмісту гумусу, гідрологічних властивостей ґрунтів, хімічного складу, сттусу Fe і АІБ ємності катіонного обміну, ступеню насиченості основами та ін.

На адміністративному рівні створено архіви основних документів, таких, як записи, зроблені під час обстеження ґрунтів, інформація щодо дистанційного діагностування, таблиці лабораторних даних, кліматичні параметри та ін. Вся потрібна інформація зберігається у Звітах з обстеження ґрунтів у формі тексту, таблиць або карт. Інформація про ґрунтові ресурси була систематизована, оцифрована і вкладаєна в Географічну інформаційну систему ґрунтів Національною службою обстежень ґрунтів між 1992 і 2012 роками.

Структура бази даних схематично представлено на рис. Всі паперові та електронні записи накопичено в Інституті ґрунтознавства, агротехнології та захисту рослин імені Н. Пушкарьова, в Міністерстві сільського господарства і продовольства

та інших державних і недержавних інституціях. Також були оцифровані карти ґрунтів масштабу 1: 200 000 та 1:400 000.

Охороною земель, як природного ресурсу опікується Міністерство екології та води. Існують добре відпрацьовані процедури превентивного захисту ґрунтів від забруднення і Виконавче екологічне агентство, яке відповідає за моніторинг державних земель [13]. Такий моніторинг гарантує контроль і захист земель від (i) забруднення важкими металами та металоїдами – 318 станцій моніторингу, розміщених біля джерел забруднення, таких як промисловість, хімічне виробництво, іригаційні системи та транспортні магістралі; (ii) забруднення стійкими органічними речовинами – 20 моніторингових станцій (PAH and PCB) і 48 станцій для моніторингу пестицидів; (iii) підкислення – 70 полігонів; (iv) засолення – 15 полігонів; (v) ерозія – створено ГІС для оцінювання ризику ерозії ґрунту [14,15,16].



Рисунок. Структура бази даних, пов'язаних з картою ґрунтів Болгарії масштабу 1:200000 [17]

1.3. Кореляція Класифікація ґрунтів

Boyardjiev [18, 19] запропонував кореляцію національної класифікації ґрунтів з Ґрунтовою таксономією (*Soil Taxonomy*) і Світовою довідковою базою (*World Reference Base*) ґрунтових ресурсів (*ISSS-ISRIC-FAO, 1994*), якими вирізняють відповідно 22 і 19 груп ґрунтів. Потім, у 1994, була реалізована карта ґрунтів Болгарії

масштабу 1:1 000 000 [5] з урахуванням переглянутої легенди карти ґрунтів Світу *FAO-UNESCO* [20], на рівні ґрунтових підгруп. Цю карту було підготовлено для ґрунтової географічної бази даних Європи в масштабі 1:1 000 000 [12]. Корреляцію болгарської ґрунтової таксономічної класифікації з *WRB* виконали *Teoharov* [21, 22] і *Shishkov* [23].

2. Молдова

2.1. Геоінформаційна система якості ґрунтів

Геоінформаційну систему якості ґрунтів Республіки Молдова (PM) було започатковано 2011 року. Система включає цифрові графічні матеріали, розміщені в шарі "*Ґрунти PM*" ("*Soils RM*") та аналітичні атрибутивні дані в шарі «ПрофільҐрунту» („*Soil Profiles*"). Архівна інформація в масштабі 1:50 000 Інституту ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів імені Н. Дімо слугувала картографічною основою для створення цифрової карти структури ґрунтового покриву. Матеріали архівної інформації були створені на базі ґрунтового картографування 1-го та 2-го циклів і виготовлені з ґрунтових карт сільськогосподарських полів масштабом 1:10 000. Матеріали були зв'язані з національною координатною системою *MoldRef-99* з використанням програм *MapInfo* і *ArcGIS*. Цифровий шар "*SoilsRM*" було також трансформовано в растровий формат, названий "*SolRastRM*".

2.2. Класифікація ґрунтів

В основу структури ГІС та створення цифрового шару ґрунтового покриву "*SoilsRM*" покладено класичні принципи класифікації та діагностики ґрунтів [24, 25]. Класифікація ґрунтів базується на основних властивостях ґрунтів – об'єднаних у групи відповідно до особливостей їх походження та продуктивності, і слугує обґрунтуванням для шару "*SoilsRM*". Принципи класифікації базовані на таксономічній системі підпорядкованих одиниць [26, 27, 28]. Ця система включає перелік ґрунтів, їх номенклатуру та набір індикаторів, за допомогою яких кожна одиниця ґрунтів може бути визначена на території певної ґрунтової асоціації.

Структура цифрового шару "*SoilsRM*" містить 31 поле (181 індикатор). Шар включає 25 головних полів, в яких розміщені характеристики властивостей ґрунтів, розподілені за 7 групами таксономічної класифікації ґрунтів (клас, тип, підтип, рід, вид, різновид і ряд). Ці групи необхідні для оцінювання та аналізування ґрунтів за допомогою кількісних та якісних індикаторів, щоб визначити їх природний потенціал за різного використання, з метою запобігання та боротьби з деградаційними процесами (ерозія, втрати гумусу, засолення, осолонцювання тощо) та стабілізування якості ґрунту на зрошуваних землях. Інші 6 полів містять основні характеристики ґрунтового полігону (такі як код ґрунту, тип поверхні та інші). Поле "Бонітет" ("*Bonit*") – оцінка земель містить синтетичний параметр, яким відображено продуктивність ґрунту на рівні підтипу. Розрахунок реального балу оцінки земель – залежний від властивостей ґрунту, зроблено з використанням декількох поправкових коефіцієнтів і розміщено у полі "*BonitCalc*" (*Land Evaluation Mark*) [29].

Структурою база атрибутивних даних передбачено доповнення числа індикаторів або параметрів у шарі "*SoilsRM*". Атрибутивна інформація існує для кожного ґрунтового полігону. Ця атрибутивна інформація характеризує властивості ґрунтів на різних кількісних і якісних рівнях (значеннях). Графічна частина бази даних містить 70 473 ґрунтових полігони, площу кожного розраховано з допомогою ГІС-функцій. Загальна площа, яку обіймають ґрунти Молдови, становить 3 109 214 гектарів, тоді як загальна площа країни – 3 385 287 га [30, 31].

2.3. Профільні дані

Щоб підтримувати аналітичну базу даних властивостей ґрунтів Молдови було створено цифровий шар "*ProfilSoil*" для характеристики ґрунтових профілів.

Аналітичні матеріали було взято з архівних даних Інституту ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів імені Н. Дімо, з ґрунтознавчих файлів та дослідницьких результатів Інституту державного планування для землекористування (*State Planning Institute for Land Management*), а також з деяких матеріалів Інституту «Аквапроект». На цей час у базі даних накопичено більше 500 ґрунтових профілів. Уведення даних виконують паралельно з ґрунтовими обстеженнями або дослідженнями.

Структура цифрового шару "*ProfilSoil*" включає декілька компонентів, таких як: загальна характеристика території; польовий опис профіля; характеристика генетичних горизонтів; дані гідрофізичних, гідрогеологічних, гідрохімічних, хімічних, фізичних, фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей ґрунту, а також розраховані параметри. Цей шар включає 220 окремих полів.

Розділ загальної характеристики території включає адміністративну позицію місця закладки ґрунтового профілю (район, населений пункт); землекористування; характеристику рельєфу (експозиція схилу, ухил схилу тощо). Характеристика профілю містить назву організації, прізвище дослідника, або виконавця польових робіт та дату відбирання проб ґрунту; геопозиціонування профілю (координати X, Y, Z); номер профілю; морфометричні особливості профілю; назва ґрунту тощо. Розділ для характеристики генетичних горизонтів включає порядковий номер горизонту, верхню та нижню межу тощо. Перші три основних секції, де розміщено дані про ґрунтовий профіль містять 31 поле.

2.4. Дані по генетичних горизонтах

Для кожного генетичного горизонту в базі даних включено кількісні і якісні показники. До цього розділу входить 191 поле, груповані згідно з видом аналізу і типом властивостей:

- Гідрофізичні властивості (вміст гіроскопічної вологи, польова вологоємність, вологість в'янення, змочуваність, максимальна швидкість фільтрації води тощо) – 6 полів;
- Гідрохімічні властивості (аналіз підґрунтових вод) – 27 полів;
- Фізичні властивості (гранулометричний склад, мікроагрегатний склад, структура ґрунту, щільність твердої фази та щільність ґрунту) – 42 поля;
- Хімічні властивості (вміст загальний та активність карбонатів кальцію, вміст загальних та рухомих форм макроелементів (NPK), вміст загальних та рухомих форм мікроелементів, включаючи важкі метали, вміст пестицидів тощо) – 67 полів;
- Фізико-хімічні властивості (загальний вміст вуглецю, вміст гумусу, реакція ґрунту, вміст обмінних катіонів, склад водної витяжки з ґрунту – 47 полів;
- Фізико-механічні властивості (ступінь набрякання і твердість) – 2 поля

In addition, the database structure contains indices obtained by calculation.

The Soil Quality Geoinformation System of Moldova enables precise spatial visualization of areas, facilitating the identification in the field. Introduced attributive characterization allows updating and assessment of soil evolution tendencies. This system also allows the elaboration of complex thematic digital maps at different scales [32-36].

3. Румунія

3.1. Ґрунтові ресурси

Румунія покриває більше ніж 29 % Дунайського регіону, повністю входячи у цей регіон. Площа країни становить 238 391 км², з яких близько 31% належить горам, 36 % представлено пагорбами або плато і 33 % - це рівнини та Дельта Дунаю.

Ґрунтові ресурси румунських сільськогосподарських земель куеруються на національному рівні Національним науково-дослідним інститутом ґрунтознавства, агрохімії та навколишнього середовища, а на рівні областей та районів – місцевими Управліннями Ґрунтового обстеження та аналізування. Науково-дослідний інститут лісу та лісоведення (*The Research and Development Institute for Forestry and Forest Management*) несе відповідальність за лісові ґрунти.

Методологія обстеження ґрунтів повністю описана у трьох томах. Виданих у 1986 році: I – Збирання та синтезування даних; II – Інтерпретація даних для різних цілей; III – Екопедологічні індикатори [37]. 2009 року було перевидано спеціальну інструкцію для польового опису ґрунтових профілів разом з екологічними умовами [38].

3.2. Класифікація ґрунтів і таксономія

Ґрунти класифіковано згідно з національною системою. Перша система класифікації ґрунтів була опублікована у 1979 р. і називалася «Румунська ґрунтова класифікаційна система („*Romanian Soil Classification System – RSCS*”) [39]. Друга система, названа Румунська система ґрунтової таксономії („*Romanian System of Soil Taxonomy – RSST*”) є чинною з 2003, а оновлена опублікована у 2012 [40].

Певною мірою RSST зберігає основні риси румунської класифікаційної школи, однак, відображує і нові терміни, ті, що визнані у міжнародних класифікаціях, з метою знайти кореляцію RSST з іншими системами і, перш за все, з системою ФАО (тобто, з “*World Reference Base*”, або WRB). З іншого боку декілька років тому стало зрозумілим, що потрібна кропітка робота для узгодження двох румунських систем (RSCS і RSST), і саме цьому було присвячено нову книгу, видану 2014 року [41].

Одночасно ґрунтові картографічні одиниці на карті ґрунтів Румунії масштабом 1:200 000 [42] були переглянуті (перевизначені) з використанням розширеної термінології Системи WRB [43], а саме, 475 оригінальних ґрунтових картографічних одиниць, які раніше було визначено класифікацією RSCS.

Карта ґрунтів Румунії масштабу 1:200 000 містить 50 листів, опублікованих з 1963 до 1993 рр. [44]. Вона слугує основою для створення Географічної інформаційної системи ґрунтових ресурсів Румунії („*Geographic Information System of the Soil Resources of Romania – SIGSTAR-200*”) [45], у якій виділено більше ніж 80 000 контурів ґрунтів. Кожний ґрунтовий полігон має чотири атрибути, взятих із паперової карти (картографічна одиниця, гранулометричний склад верхнього шару, скелетність і ризик зсувів (обвалів).та шість атрибутів виведених експертними правилами (ризик водної і вітрової ерозії, оглешення, псевдооглешення, засолення та підлужування). Окрім інформації про ґрунти кожний лист містить іншу допоміжну інформацію: (i) картосхеми масштабу 1:500 000 рельєфу та поверхневої літології, а також геоботанічні та кліматичні дані; (ii) розрізи із взаємозв'язками між ґрунтовим покривом, рельєфом, поверхневою літологією та глибиною залягання підґрунтових вод.

Відповідно до [46], ця ґрунтова карта масштабу 1:200 000 «майже всю необхідну ґрунтову інформаційну базу для європейської довідкової ґрунтової бази даних (*Geo-referenced Soil Database of Europe*) масштабу 1:250 000, яку планує створити Європейське ґрунтове Бюро (*European Soil Bureau*)».

Цифрова карта ґрунтів SIGSTAR-200 має дві версії, гео-позиціоновані в національній системі координат, яка є «Стереографічною-1970 р.» проекцією на S-42 та еліпсоїді Красовського-1940, та в координатній системі, якої вимагає Європейська директива INSPIRE. І для середніх масштабів проекція Lambert Azimuthal Equal Area на ETRS 1989 та еліпсоїді GRS-80.

4.3. Інформаційні ресурси бази даних

Точна інформація про властивості ґрунтів для всієї території країни є доступною завдяки «Моніторингу якості ґрунтів Румунії» [47, 48]. Цим проектом забезпечується локальна інформація про ділянки, що знаходяться у вузлах сітки розміром 16 км x16 км, затвердженої для Європи Економічною Комісією Організації Об'єднаних Націй (United Nations Economic Commission). Фізико-хімічні методи лабораторних аналізів, як і система координат, що використовується для геопозиціонування ділянок, узгоджені з національними стандартами.

У всіх зразках ґрунту вимірюють такі властивості [48]:

(i) у порушених зразках ґрунту:

- для всього профіля: гранулометричний склад і реакція рН;
- для шару 0-50 см: коефіцієнт гігроскопічності, сума водостійких агрегатів, вміст гумусу, загальний вміст азоту, вміст доступного фосфору та вміст вилучуваного калію;

(ii) у непорушених зразках ґрунту:

- для всього профіля: польовий вміст вологи; щільність будови; насичена гідравлічна провідність, водоутримання за рF 0, загальна пористість та пори, зайняті повітрям;

- для шару 0-50 см: ступінь ущільнення;

Додаткові аналізи [48]:

(i) ґрунти ненасичені на катіони:

- для шару 0-50 см: сума обмінних катіонів, гідролітична кислотність та загальна кислотність при рН = 8.3, обмінний алюміній (для зразків з рН < 5.8), ємність обміну катіонів і процент насиченості катіонами (V);

(ii) ґрунти, насичені катіонами (V = 100 %, рН=7.4-8.5) з ґрунтовими лужно-земельними карбонатами без розчинних солей:

- для всього профіля: загальний вміст карбонатів;

- для шару 0-50 см: ємність обміну катіонів;

(iii) ґрунти з розчинними солями, які часто містять лужно-земельні карбонати та/або гіпс (V = 100 %):

- для всього профіля: кондуктометричний залишок;

- лужні зразки: обмінний натрій, обмінна ємність катіонів, процент насиченості основами, склад солей;

(iv) забруднені ґрунти:

- для шару 0-20 см: вміст важких металів (загальні форми Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Mn, Cr, і Cd), вміст розчинної сірки, вміст розчинного фтора, вміст хлор-органічних інсектицидів (загальний вміст HCH і DDT), кількість бактерій, кількість грибів, та дегідрогеназна активність;

Згідно з результатами, порівняно зі стандартними величинами, потужність шару ґрунту для аналізування може бути збільшеною.

Останніми роками мережа об'єктів моніторингу ґрунтів змінена, чим забезпечено більшу щільність точок контролю з 16 км x 16 км до 8 км x 8 км [49]. Однак, для території країни такі результати ще не доступні.

Іншим джерелом систематичної просторово-часової точкової інформації є дослідження поверхневого шару ґрунту службою LUCAS, організоване Європейським центром ґрунтових даних (European Soil Data Centre). Перше обстеження в Румунії було проведено у 2012 р., коли було відібрано 1300 проб ґрунту з верхнього шару згідно з мережею LUCAS.

Було виміряно такі фізико-хімічні властивості відповідно до стандартів ISO: щобенистість, гранулометричний склад, рН H₂O, рН CaCl₂, вміст органічного вуглецю, вміст карбонатів, вміст розчинного фосфору, загальний вміст азоту, вміст вилучуваного калію, ємність обміну катіонів. Ліцензійна угода на використання даних з бази даних "LUCAS soil" вимагає, що ці дані можуть приєднуватися тільки після відповідного упорядкування щоб уникнути ідентифікації місця знаходження точки. Опубліковано перші результати відносно обстеження „2012 LUCAS” щодо загальних тенденцій основних властивостей ґрунту в поверхневому шарі на рівні статистичного регіону Румунії NUTS 2 [50].

Іншими важливими джерелами інформації, які пов'язані з національною методологією ґрунтових обстежень [37], є такі дві бази даних:

(i) База даних наявних ґрунтових профілів "PROFISOL" (близько 1650 точок, інформацію зібрано з 1960 до 1990 рр.) містить загальну інформацію про профілі (51 показник), загальну інформацію про генетичні (13 показників), морфологічні (24

показники) та ландшафті (38 показників) умови стосовно профіля, морфологічні властивості (110 показників), пов'язані з генетичними горизонтами, фізичні властивості (64+34 показників для ґрунту і 26 показників для материнської породи. Розглянуто максимум 10 генетичних горизонтів і підгоризонтів.

PROFISOL детально описано румунською [51], та англійською [55] і [46] мовами (всі публікації доступні online);

(ii) База даних “*BDUST*” орієнтована на керування інформацією, що характеризує сільськогосподарські ґрунти та землі Румунії у великому масштабі. Дані структуровано по рівнях обстежувальних робіт - *NUTS3* (округи) і *NUTS 5* (“комуни”). Концепцією, яку покладено в основу створення *BDUST*, взято до розгляду корисність накопичуваних даних для найбільш популярних моделей з оцінювання придатності та родючості земель, моделювання ґрунтових процесів та оцінювання урожайності культур. Елементарним просторовим об'єктом у *BDUST* є «земельна картографічна одиниця» (UT) визначена шляхом накладання трьох просторових аспектів: типу ґрунту, екологічної однорідності території та кліматичної однорідності зони. Користувачам надається багато типів звітів, таких як оцінювання земель у межах кожної територіальної одиниці UT (рейтинг земель, кла якості/ придатності/ продуктивності, вимоги до поліпшення земель та агропедомеліоративних робіт), формули, що описують ґрунтові одиниці та виробничі одиниці, розшифрування формул, набір синтетичних даних з оцінки земель та характеристики на рівні адміністративного утворення *NUTS 5*. Детальний опис бази даних *BDUST* дано англійською у [53] з онлайн доступом. На цей час у базі даних *BDUST* зібрано інформацію про приблизно 30 % сільськогосподарських земель Румунії, однак карти не оцифровано через нестачу коштів.

Останній тип досягнень, про які ми повідомляємо у цій статті, стосується педотрансферних функцій і правил, часто використовуваних *Canache* для оцінювання твердості ґрунту (стійкості до penetрації) [54] та інших ключових фізичних властивостей ґрунту, обмежувальних факторів, процесів деградації, здатності ґрунту до обробітку та ґрунтової проникності [55]. *Simota* розвивав напрям прогнозування кривої вологоутримання ґрунту [56].

5. Україна

5.1. Історія створення бази даних

Базу даних «Властивості ґрунтів України» створено на базі матеріалів експедиційних польових досліджень та обстежень на сільськогосподарських землях, виконаних співробітниками Інституту ґрунтознавства імені О.Н.Соколовського (нині ННЦ ІГА) та доступних опублікованих наукових матеріалів у різних джерелах (всього 73 джерела).

Першу генералізацію експедиційних дослідницьких результатів (дещо більше 300 ґрунтових профілів) було завершено в середині 80-х років і видано як «Довідник фізичних властивостей ґрунтів Степу України» [57]. Основою цієї книги були матеріали великомасштабного обстеження ґрунтів сільськогосподарських земель України (1958-1963), що послугувало основою сьогоднішньої бази даних.

На цей час база даних включає 2075 описаних ґрунтових профілів (записи постійно доповнюються), точки закладання яких поширено на всю територію України. Ґрунтова інформація доповнена характеристиками всіх ґрунтоутворювальних факторів та необхідними екологічними параметрами.

На сьогодні це цифрова багатоцільова база даних арибутивної інформації з Системою управління (СУБД) реляційного типу. За інструмент для створення СУБД «Властивості ґрунтів України» обрано сучасну об'єктно орієнтовану, візуально програмовану мову *Visual FoxPro* фірми *Microsoft*, де застосовано *rushmore*-технологію оптимізації запитів [58]. СУБД забезпечує зберігання інформації та

зручний перегляд, зміни, пошук, створення вибірок і сортування даних.

5.2. Структура та особливості конструкції бази даних

Всі атрибутивні дані організовані за такими просторовими рівнями:

- Одиниці адміністративного поділу країни (область, район, населений пункт);
- Просторові одиниці Природно-сільськогосподарського районування (ПСГР) (зона, провінція, округ, район);
- Ґрунтові полігони на картах дрібного (1:1500000) та середнього (1:750000; 1:200000) масштабів;
- Генетичний горизонт у профілі;
- Шар відбирання зразків у межах генетичного горизонту.

У процедурі запису інформації по профілю використано основні таксономічні одиниці Класифікації ґрунтів України (тип, підтип, рід, материнська порода, гранулометричний склад) [59]. Всі дані розміщено у дев'яти дворозмірних таблицях (Т). Кожна таблиця включає тематично підібрану групу параметрів.

Т.1. Адреса і географічні координати місця закладання ґрунтового розрізу. Включено 21 поле з інформацією про адміністративну адресу, довготу, широту і висоту, над р.м., місце у ПСГР та ін.

Т.2. Природно-сільськогосподарське районування (ПСГР) та клімат. У 55 полях розміщено основні дані стосовно кліматичних характеристик, рельєфу та структури ґрунтового покриву у межах природно-сільськогосподарського району (а також округу, провінції і зони). Дано перелік метеорологічних станцій і пунктів у межах району (а також у кожній з просторових одиниць ПСГР). Таблиця також містить довідкову інформацію стосовно майже всіх основних критеріїв характеристики ґрунтового полігону, прийнятих у методології SOTER [60, 61] (відносно клімату, ґрунтовірних порід, рельєфу, рослинності та ґрунтового покриву).

Т.3. Класифікація і загальна характеристика ґрунту і факторів ґрунтоутворення (для ґрунтового полігону, описаного розрізом). 25 цифрових полів, де закодовано всі класифікаційні атрибути для визначення місця ґрунту (профіля) в Класифікації ґрунтів України (1977), та коди цього ґрунту на картах трьох масштабів. Параметри властивостей основних ґрунтоутворювальних факторів деталізовані саме для місця ґрунтового розрізу (стан поверхні, тип та потужність материнської породи, глибина залягання та мінералізація підґрунтових вод та ін.).

Т.4. Економічна та технологічна характеристика ділянки (поля). У 10 полях розміщено різну сільськогосподарську інформацію, що стосується урожайності культур та бонітету ґрунту.

Т.5. Профільні дані. Властивості ґрунту по генетичних горизонтах. У 112 полях таблиці акумульовано інформацію щодо параметрів властивостей ґрунту у межах кожного з генетичних горизонтів і у межах кожного з шарів відбирання проб (як правило, 2-3 шари у верхньому горизонті), або вимірювання *in-situ*.

Таблиця містить такі дані для всього профіля:

- Індекс і порядковий номер генетичного горизонту, верхня та нижня межі горизонту і шару відбирання проби;
- Загальні фізичні властивості (щільність будови ґрунту, щільність твердої фази, загальна і диференційна пористість та ін.);
- Водно-фізичні властивості (польова вологоємність, вологість в'янення рослин, вміст доступної вологи, водопроникність та ін.);
- Гранулометричний склад ґрунту – вміст семи гранулометричних фракцій за методом Н.А.Качинського та код класу гранскладу за USDA/FAO, розрахований спеціально створеною методикою.
- Мікроагрегатний склад ґрунту;
- Структурний склад (процент макроагрегатів таких розмірів: >10, 10-7, 7-5, 5-3, 3-2, 2-1, 1-0.5, 0.5-0.25 мм);

- Вміст водостійких агрегатів (процент стійких у воді агрегатів таких розмірів: >7, 7-5, 5-3, 3-2, 2-1, 1-05, 0.5-0.25 мм);

- Фізико-хімічні властивості (рН, обмінна кислотність, обмінні катіони, органічний карбон, гумус);

- Вміст поживних елементів (загальні і рухомі форми);

- Токсикологічні характеристики (вміст важких металів у рухомих формах).

Т.6. Властивості ґрунту у верхньому шарі. 10 полів з даними щодо водопроникності з поверхні, каменистості, щербенистості та ін.

Т.7. Агровиробнича група. Довідкова таблиця (65 полів), за допомогою якої можна визначити до якої агрогрупи належить ґрунт за середніми параметрами потужності гумусового профілю та вмісту гумусу. Таблиця також містить інформацію про площу, яку обіймає агрогрупа у межах кожного природно-сільськогосподарського округу. Такі відомості можуть бути корисними для обґрунтування будь-якого агрономічно орієнтованого районування.

Т.8. Джерела інформації та аналітичні методи. Таблиця включає посилання на джерела інформації про ґрунтовий профіль та методи, якими виконано вимірювання й аналізування, відомості про дослідника, який виконував опис ґрунту та вказівку на місце зберігання оригінальної інформації.

Т.9. Розраховані параметри. Таблицю призначено для зберігання власних розрахунків параметрів, в т.ч., здобутих за допомогою педотрансферних функцій.

Дані заносять у таблиці в оригінальному вигляді (виміряні параметри) або у вигляді кодів та класів згідно із системою кодування у межах Класифікації ґрунтів України. Для кодування даних використовують 38 спеціальних довідників. Записи загалом зроблено російською, однак найменування таблиць, полів, та розшифрування кодів у довідниках дублюються англійською. Кожен профіль зв'язано з картами трьох масштабів (1:1500000; 1:750000 та 1:200000), чим забезпечується багато можливостей для детальних та інтегрованих оцінок якості ґрунтів і ґрунтового покриву.

5.3. Використання бази даних у національних та міжнародних наукових дослідженнях

Базу даних «Властивості ґрунтів України» використовують у наукових дослідженнях ННЦ ІГА, спрямованих на пошук закономірностей просторового розподілу ґрунтів з різними властивостями з метою їх моніторингу [62], прогнозування еволюції ґрунтових процесів та визначення агрономічної придатності до експлуатації орних земель [63]. Дані було залучено в інтегровані ґрунтові бази даних, створені за ініціативи та підтримки міжнародних проектів, таких як: «Картографування уразливості ґрунтів і земель в Центральній і Східній Європі» (SOVEUR) [64]; Узгоджені дії INCO-Sopernicus з ущільнення ґрунту [65]; Інвентаризація Європейських гідро-педологічних даних (EU-HYDI) [66]; Інтегрована база даних ґрунтових ресурсів Росії, України і Білорусі [67].

З використанням накопичених даних було розроблено педотрансферні моделі для розрахункового визначення різних фізичних властивостей. Типовим прикладом є розрахунок вологості в'янення рослин у чорноземах з використанням процентного вмісту фракцій гранулометричного складу (0.01–0.005; 0.005–0.001 і <0.001 мм) [68].

Просторово орієнтовані параметри фізичних властивостей ґрунтів використано для визначення наборів сільськогосподарської ґрунтообробної техніки, обмеження маси машин та питомого тиску колесами на поверхню ґрунту. З використанням бази даних було створено легенди картосхем, які характеризують придатність ґрунтів України до певних типів обробітку, з визначеною глибиною за допомогою певної техніки. Зрештою ці картосхеми стали ключовою ланкою «Ґрунтово-технологічного районування сільськогосподарських земель України» [69].

Використання великої кількості даних відносно гранулометричного складу

ґрунтів дозволило провести дослідження в результаті яких доведено реальну можливість переходу від результатів аналізу за методом Н.А. Качинського до текстурної класифікації USDA/FAO. Коефіцієнти варіабельності фізичних параметрів ґрунту у зразках з близькими текстурними класами в обох названих вище класифікаціях, так само як і кореляція між вмістом ключових фракцій та фізичними властивостями ґрунтів, мають подібну природу [70].

База даних «Властивості ґрунтів України» є цінним джерелом інформації для визначення якості ґрунтів у різних регіонах країни. Головною складовою якості ґрунту є його фізичні властивості – фізична якість ґрунту. Лабораторія Геоекофізики ґрунтів запропонувала використовувати базу даних для пошуку довідкового еталонного індексу фізичної якості ґрунту (для певних генетичного типу і гранскладу) [71]. Порівняння якості будь-якого ґрунту з еталонним аналогом може слугувати інструментом для об'єктивної оцінки агрономічної корисності ґрунту в регіоні.

З використанням мультифункціональної ґрунтової бази даних було запропоновано набір інноваційних способів оцінювання (через розрахунок бонітетів ґрунтів) сільськогосподарських земель з огляду на властивості ґрунтів, особливості земельної ділянки і характеристики клімату [72].

На основі карти ґрунтів України (М 1:1500000) було створено серію тематичних карт, об'єднаних в електронному атласі, з оцінювання якості ґрунту в різних аспектах [73].

Список використаної літератури

1. *Boyadzhiev T.* Contribution a la connaissance des sols de la Bulgarie. These de doctorat, 1967. Gand, Belgique.
2. *Koinov V. and Tanov E.* Soil Map of Bulgaria at scale 1:200,000. GUGK, 1956. Sofia, Bulgaria.
3. *Antipov-Karataev I.N., Galeva V., Gerassimov I.P., Enikov K., Tanov E. And Tyurin I.* (Eds.) The Soils in Bulgaria. Agricultural literature Publisher, 1960. Sofia, Bulgaria.
4. *Koinov V., Trashliev H., Yolevski M., Andonov T., Ninov N., Hadzhiyanakiev A., Angelov E., Boyadzhiev T., Fotakieva E., Krastanov S. and Staykov Y.* Soil map of Bulgaria at a
5. *Koinov V.* (Ed.) Soil Map of Bulgaria. In: A. Beshkov (Ed.), Atlas of Bulgaria. BAN, GUGK, 1973a. Sofia, Bulgaria.
6. *Koinov V.* (Ed.) Map of the Soil Texture. In: A. Beshkov (Ed.), Atlas of Bulgaria. BAN, GUGK, 1973b. Sofia, Bulgaria.
7. *Koinov V.* (Ed.) Map of the Soil Reaction. In: A. Beshkov (Ed.), Atlas of Bulgaria. BAN, GUGK, 1973c. Sofia, Bulgaria.
8. *Koinov V.* (Ed.) Map of the Soil Geographical Regions. In: A. Beshkov (Ed.), Atlas of Bulgaria. BAN, GUGK, 1973d. Sofia, Bulgaria.
9. *Koinov V.* (Ed.) Map of the Soil Erosion Regions. In: A. Beshkov (Ed.), Atlas of Bulgaria. BAN, GUGK, 1973e. Sofia, Bulgaria.
10. *Koinov V.* (Ed.) Map of the Soil Resources. In: A. Beshkov (Ed.), Atlas of Bulgaria. BAN, GUGK, 1973f. Sofia, Bulgaria. scale of 1:400,000. GUGK, 1968. Sofia, Bulgaria.
11. *Atanassov I., Terytze K., Atanassov A.* Background values for heavy metals, PAH and PCB in the soils of Bulgaria. In: K. Terytze and I. Atanassov (eds.). Assessment of the Quality of Contaminated Soils and Sites in Central and Eastern Europe and Countries (CEEC) and New Independent States (NIS). International Workshop 30 Sept. – 3 Oct. 2001, Sofia, Bulgaria, GorexPress, 2002. Pp. 83-103.
12. *European Soil Bureau*, Scientific Committee. The Soil Geographical Database of Europe at scale 1:1,000,000. Version 3.28, 11/06/1998 (in progress).
13. *Todorova I.* Soil protection in environmental aspect. In: K. Terytze and I. Atanassov (eds.). Assessment of the Quality of Contaminated Soils and Sites in Central and Eastern European Countries (CEEC) and New Independent States (NIS). International Workshop 30 Sept. – 3 Oct. 2001, Sofia, Bulgaria, GorexPress, 2001. Pp. 17-20.
14. *Lazarov A., Rousseva S., Stefanova V., Tsvetkova E., Malinov I.* Geographic Database and Evaluation of Different Soil Erosion Prediction Models for the Purposes of the Soil Information System. Final report of Research Project Contract No 1108-2556. Ministry of Environment and Water, 2002: Sofia.
15. *Rousseva S.S.* Information Bases for Developing a Geographic Database for Soil Erosion Risk Assessments. Monograph. N. Poushkarov Institute of Soil Science, 2002: Sofia.
16. *Rousseva S., Banov M., Kolev N.* Some Aspects of the Present Status of Land Degradation in Bulgaria, In: R. Johnes, L. Montanarella (Eds) The JRC Enlargement Action, Workshop 10-B, Land Degradation. EC-JRC, 2003. Pp. 149-164.
17. *Kercheva M., Teoharov M., Shishkov T., Georgiev B., Rousseva S., Kolev N., Filcheva E., Ilieva R., Krasteva V., Hristov B., Dimitrov E., Lubenova I., Mitreva Z.* 2011. Challenges for soil data dissemination in GS Soil Project, In: International Conference "100 years Bulgarian Soil Science", 200-204.
18. *Boyadzhiev, T.* Soil map of Bulgaria according to the Soil Taxonomy - explanatory notes. Soil Science, Agrochemistry and Ecology, 1994a. 29 (4-6), 43-51.
19. *Boyadzhiev T.* Soil map of Bulgaria according to the FAO-UNESCO-ISRIC revised legend. Soil Science, Agrochemistry and Ecology, 1994b. 29 (4-6), 52-56.
20. *FAO-UNESCO.* Soil Map of the World. Revised Legend. FAO, 1990. Rome.
21. *Teoharov M.* Correlation of soils indicated in map and classification of Bulgaria with World Reference Base (In Bulgarian). Soil Science, Agrochemistry and Ecology, 2004. 39 (4), 3-13. (Bulg.).

22. *Teoharov M.* Reference basis for soils in Bulgaria. AA, ISSNP, 2009. (in Bulgarian).
23. *Shishkov, T.* Implementation of World Reference Base and Soil Taxonomy within the framework of Bulgarian soil classification. International Conference "100 Years Bulgarian Soil Science", 16-20. May 2011, Sofia.
24. *Soils classification and diagnostics* in the USSR. Moscow: Kolos. 1977. 223 p. (Rus.).
25. *Kaurichev I.S.* Soil Science. (4th rev. and adv. edition) Moscow: Agopromizdat, 1989. 719 p. (Rus.).
26. *Krupenikov I.A.* Chernozems from Moldova. Chisinau: Kartea Moldoveneaska. 1967. 427 p. (Rus.).
27. *Krupenikov I.A., Podymov B.P.* Classification and systematic list of the soils from Moldova. Chisinau: Stiinta. 1987. 159 p. (Rus.).
28. *Ursu A.* Soils from Moldova in World Reference Base. Scientific-practical conference sessions on 7-8 Sept. 2006. Current status, soil use and soil protection problems. Chisinau, Phoenix, 2006. Pp. 38-43. (Rom.).
29. *Classification and land evaluation marks of the soils from Moldova.* In: Official Gazette of the Republic of Moldova no. 212-217 (1566-1571) from 26.11.2004. (Rom.).
30. *Rozloga Iurii.* Soil cover structure of the sloping land in Republic of Moldova. Știința Agricolă (Agricultural Science). No. 2. Ch.: USAM, 2010. Pp. 7-11 (Rom.).
31. *Filipciuc V., Rozloga Iu.* Soil cover mapping using GIS technology. "Geo-ecological and bio-ecological problems of the Northern Black Sea Coast", IV International scientific and practical conference on 9-10 November 2012. Tiraspol: State Transnistrian University Publishing house, 2012. Pp.247-249. (Rus.).
32. *Rozloga Iu.* Transnistrian digital soil map. Scientific and practical conference "The Nistru River Basin: Environmental issues and transboundary natural resources management." Tiraspol: State Transnistrian University publishing house, 2010 Pp. 165-168. (Rus.).
33. *Tulumari M.N., Filipciuc V.F., Rozloga Iu.G.* The main forms of Transnistrian soil degradation. Scientific and practical conference "The Nistru River Basin: Environmental issues and transboundary natural resources management." Tiraspol: State Transnistrian University publishing house, 2010. Pp.244-245. (Rus.).
34. *Filipchuk V.F., Rozloga Iu. G.* Transnistrian Irrigation Fund. Scientific and practical conference "The Nistru River Basin: Environmental issues and transboundary natural resources management." Tiraspol: State Transnistrian University publishing house, 2010. Pp. 252-254. (Rus.).
35. *Rozloga Iu., Filipchuk V.F.* Automorph alkaline soils geographical spread and ameliorative characterization in Republic of Moldova. Scientific Conference "Академику Л.С.Бергу - 135 лет" (Academician L.S. Berg - 135 years), Bender: Eco-Tiras ("ELAN POLIGRAF") 2011. 426 p. (Rom.).
36. *Rozloga Iu.* Landslides spatial distribution in Moldova. Scientific Conference "Land use efficiency and soil protection issues". Chisinau: ASM, 2012. Pp. 83-87. (Rom.).
37. *Florea N., Balaceanu V., Rauta C., Canarache A. (co-ordinators).* Metodologia elaborarii studiilor pedologice (Soil Survey Methodology), ICPA Bucharest: Methods and Reports 20A-20B-20C, 3 volumes, 1986. 191 p.+349 p.+226 p. (Rom.).
38. *Munteanu I., N. Florea.* 2009. Ghid pentru descrierea în teren a profilului de sol si a conditiilor de mediu specifice. (Guide for description of the soil profile and specific environment conditions in the field). ICPA Bucharest, SITECH, Craiova, Romania. 230 p. (Rom.).
39. *Conea A., Florea N., Puiu S. (co-ordinators).* Sistemul Român de Clasificare a Solurilor – SRCS (Romanian Soil Classification System - RSCS), ICPA Bucharest, 1979. 174 p. (Rom.).
40. *Florea N., Munteanu I.* Sistemul Român de Taxonomie a Solurilor – SRTS (Romanian System of Soil Taxonomy –RSST, SITECH, Craiova, Romania, 2012. 206 p. (Rom.).
41. *Vlad V., Florea N., Toti M., Mocanu V.* Corelarea sistemului român de clasificare a solurilor (SRCS) cu sistemul român de taxonomie a solurilor (SRTS). Sistemul SRTS+ (Correlation of the Romanian Soil Classification Systems RSCS and RSST. The RSST+ System), SITECH, Craiova, Romania, 2014. 191 p. (Rom.).
42. *Florea N., Balaceanu V., Munteanu I., Asvadurov H., Conea A., Oancea C. (co-ordinators).* Harta Solurilor Romaniei, scara 1:200.000. Legenda Generală. (The Soil Map of Romania at the scale 1:200,000. General Legend), IGFCOT Bucharest, 1994, 1 tile, A1 format. (Rom.).
43. *Vlad V., Florea N., Toti M., Raducu D., Munteanu I., Seceleanu I., Vintila R., Cojocaru C., Anghel V. A., Cotet V., Dumitru S., Eftene M., Gherghina A., Ignat P., Mocanu V., Vranceanu A.* Definition of the soil units of the "1:200,000 Soil Map of Romania" using an extended terminology of the World Reference Base System. In: Annals of the University of Craiova – "Agriculture, Mountain Science, and Cadastral Surveying" Series, Vol. XLII (1), 2012. Pp. 615-639.
44. *Florea N., Balaceanu V., Munteanu I., Asvadurov H., Conea A., Oancea C., Cernescu N., Popovat M. (co-ordinators).* Harta Solurilor Romaniei, scara 1:200.000 (The Soil Map of Romania at the scale 1:200,000). Institutul Geologic -IGFCOT Bucharest, 1963-1993, 50 tiles. (Rom.).
45. *Vintila R., Munteanu I., Cojocaru C., Radnea C., Turnea D., Curelariu G., Nilca I., Jalba M., Picu I., Rasnoveanu I., Siletschi C., Trandafir M., Untaru G., Vespremeanu, R.* Sistemul Informatic Geografic al Resurselor de Sol ale Romaniei "SIGSTAR-200": Metodologie de realizare si principalele tipuri de aplicatii (The Geographic Information System of Soil Resources of Romania "SIGSTAR-200": Development and Main Types of Applications), Proc. XVII-th National Conference of Soil Science, Timisoara, Romania, 34A, 2004, Pp. 439-449. (Rom.).
46. *Munteanu I., Dumitru M., Florea N., Canarache A., Lacatusu R., Vlad V., Simota C., Ciobanu C., Rosu C.* Status of Soil Mapping, Monitoring, and Database Compilation in Romania at the beginning of the 21st century. In: European Soil Bureau - Research Report No. 9, Ispra, Italy, 2004, Pp. 281-296.
47. *Dumitru M., Ciobanu C., Motelica D. M., Dumitru E., Cojocaru G., Enache R., Gament E., Plaxienco D., Radnea C., Carstea S., Manea A., Vranceanu N., Calciu I., Mashali A. M.* Monitoringul starii de calitate a solurilor din Romania - Soil quality monitoring in Romania, Atlas (ISBN 973-0-02137-6), GNP Publisher, Bucharest, Romania, 2000. 53 p, 24 plates. (Rom.).
48. *Dumitru M., Manea A., Ciobanu C., Dumitru S., Vranceanu N., Calciu I., Tanase V., Preda M., Risnoveanu I., Mocanu V., Eftene M.* Monitoringul starii de calitate a solurilor din Romania - Soil quality monitoring in Romania, Atlas, Sitech Publisher, Craiova, Romania, 2011, 82p, 55 plates. (Rom.).
49. *Dumitru S., Dumitru M., Manea A.* Developing the soil quality monitoring network on a 8 x 8 km grid. In: Annals of the University of Craiova – "Agriculture, Mountain Science, and Cadastral Surveying" Series, Vol. XLII (1), 2012, Pp. 219-224.

50. Vintila R., Visan A. N., Dumitru S., Eftene C. A., Radnea C., Voicu P. General tendencies of the main topsoil properties at the level of NUTS 2 statistical regions of Romania resulted from the „2012 LUCAS” survey. XXI-st National Conference of Soil Science - Timisoara, Romania, 2015 (In press).
51. Vlad V., Tarhoaca E., Popa V., Albu V., Iancu R., Baluta M., Tapalaga M., Canarache A., Munteanu I., Florea N., Risnoveanu A., Vlad L., Nache M. Baza de date a profilelor de sol, structura si functiuni. (Soil Profile Database, structure and functions). Stiinta Solului – Soil Science, 32 (2), 1997, Pp. 93-118. (Rom.).
55. Canarache A., Vlad V., Munteanu I., Florea N., Rășnoveanu A., Popa D. The Romanian PROFISOL Database. In: Land Information Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources, Volume: EC, European Soil Bureau, Research Report No.4, EUR 17729 EN, 1998, P. 329-334.
53. Vlad V., Stan M. G., Nilca I. BDUST – The database of the agricultural soil-land units at large scale of Romania. Basic concepts. Lucrări Stiintifice. Seria Agronomie, USAMV University of Iasi, Romania, 53(3), 2010, Pp. 317-323.
52. Canarache A. PENETR - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. Soil and Tillage Research, 16(1), 1990, Pp. 51-70.
54. Canarache A. Functii de pedotransfer pentru estimarea unor insusiri fizice ale solului, factori limitativi, procese de degradare, cerinte de lucrari si elemente de tehnologie (Pedotransfer functions for estimation of physical properties of the soil, limiting factors, degradation processes, soil workability and soil trafficability). In: Metode de analiza utilizate in laboratorul de fizica solului (Laboratory methods of soil physical analyses), SITECH Publisher, Craiova, Romania, 2009, Pp. 283-319. (Rom.).
55. Simota C., Mayr T. Predicting the soil water retention curve from readily-available data obtained during soil surveys. Int. Agrophysics, 10, 1996, Pp. 185-188.
56. Gavrik P.A. 1981. Reference book of soil agrophysical properties of Steppe zone of Ukraine/ Kharkiv, Ukrqiprovodhoz rotaprint. 205 p.
57. Laktionova T.M., Medvedev V.V., Savchenko K.V., Bigun O.M., Nakisko S.G., Sheiko S.M.. 2012. Soil properties database (structure & operating procedure). 2nd edition. Kharkiv: Apostrof.. 170 p. (Rus.).
59. Polupan N.I. 1988. Soil's Classification. In: "Soils of Ukraine & increasing of their fertility" Editor: N.I. Polupan. T.1. Kyiv: Urozhai. Pp. 116-127.
60. Engelen V.W.P. van and J.A. Dijkshoorn (et al.). 2013. Global and National Soils and Terrain Databases (SOTER). Procedures Manual, Version 2.0, ISRIC – World Soil Information, Wageningen.
61. Medvedev V.V., Laktionova T.M., Breus N.M. 2000. Zoning of territory of Ukraine on SOTER methodology. Agrochemistry and Soil Science. Collected papers. No. 60. ISSAR. Kharkiv. Pp.10-18.
62. Medvedev V.V. 2012. Soil monitoring of the Ukraine. The Concept. Results. Tasks. (2nd rev. and adv. edition). Kharkiv: CE "City printing house". 536 p. (Rus.).
63. Medvedev V.V., Plisko I.V., Bihun O.M. 2014. Invested attraction of an arable lands for Ukraine (the method of determination and mapping analytical estimation). Kharkiv: «Zebrine printing office» Ltd. 186 p. (Ukr.).
64. Medvedev V.V., Laktionova T.M. 1999. SOVEUR project for Ukraine. Soil degradation status and vulnerability assessment for Central and Eastern Europe: Preliminary results of the SOVEUR project. Proceedings of concluding workshop (Busteni, 26-31 Oktober 1999). Pp. 91-93.
65. Medvedev V.V., Laktionova T.M., Lyndina T.E. 2000. Database "Overcompaction of soil" in Ukraine and their practice aspects. Supplement of 2nd Workshop and Intenational Conference on Subsoil Compaction. 29-31 May, 2000. Szent Istvan University Godollo. Hungary. Pp. 13-18.
66. Laktionova T., Medvedev V., Bigun O., Nakis'ko S., Savchenko K., Sheyko S. 2013. Soil data from Ukraine //European Hydopedological Inventory (EU-HYDI) / European Commission, Joint Research Centre. Publications Office of the European Union. Luxembourg. pp. 106-110.
67. Shoba S.A., Alyabina I.O., Ivanov A.V., Kolesnikova V.M., Krasilnikov P.V., Urusevskaya I.S., Laktionova T.N., Medvedev V.V., Bigun O.N., Nakis'ko S.G., Sheyko S.N., Savchenko K.V., Tcytron G.S., Matychenkov D.V., Shul'gina S.V., Kaluk V.A., Shibut L.I. 2012. The development of an integrated database of soil resources of Russia, Ukraine and Belarus. 4th International Congress EUROSOL, 2-6 July 2012 Soil Science for the Benefit for the Mankind and Environment. Fiera del Levante. Bari, Italy.
68. Laktionova T. M., Nakisko S. G. 2014. Particle Size Distribution as a Basic Characteristic for Pedotransfer Prediction of Permanent Wilting Point// Agricultural Science and Practice.- N 1. Pp. 13-19. Available on: <http://agrisp.com/ua/publications>
69. Medvedev V.V., Laktionova T.N. 2007. Soil-technological zoning of arable land of Ukraine. Publisher "13 Printing house". Kharkiv. 395 p. (Rus.).
70. Laktionova T.M. 2011. About of opportunity for use of USDA/FAO soil textural classification in Ukraine. Agrochemistry and Soil Science. Collection of papers. No. 74. Kharkiv: NSC ISSAR P. 28-36. (Ukr.).
71. Laktionova T.M., Bigun O.M., Sheyko S.M., Nakisko S.G. 2013. The register of standard parameters of soil physical quality for arable land of Ukraine. Visnyk L'vivskogo universytetu. Seriya geografichna. V.44. Pp.161-169. (Ukr.).
72. Medvedev V.V., Plisko I.V. 2006. Estimation and soil quality of arable land of Ukraine. CE "13 Printing house". Kharkiv. 386 p. (Rus.).
73. Atlas of the maps of Ukrainian soil properties [Electronic resource]. 2007. Kharkiv. Elect. optical disk (CD-ROM): colour; 12 cm. System requirement: Pentium; Windows. Title Ukr.: Elektronnyi Atlas kart vlastyvostey gruntiv Ukrainy.

Стаття надійшла до редколегії 13.09.2015

The Ukrainian translation of paper “**SOIL DATABASES OF BULGARIA, MOLDOVA, ROMANIA AND UKRAINE, AND THEIR PARTICIPATION IN THE EUROPEAN SOIL INFORMATION CONTINUUM**”.

Authors: **Svetla Rousseva, Iurii Rozloga, Marina Lungu, Ruxandra Vintila, Tatyana Laktionova.** (AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE. Collected papers. No. 83. Kharkiv: NSC ISSAR, 2015, Pp. 5-16).

It is published under the offer of readers. Translated by T. Laktionova

АГРОХІМІЯ AGROCHEMISTRY

УДК 631.416.4

ДО ПРОБЛЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДІАГНОСТИКИ КАЛІЙНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ

А.О. Христенко¹, В.С. Шаповалова¹, А.П. Нешта²

¹ ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського",
м. Харків, Україна, (khristenko.an@mail.ru)

² Харківська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»

Метою роботи було виявити можливі способи удосконалення системи діагностики калійного стану ґрунтів України. Шляхом статистично-математичного аналізу даних підтверджено, що застосування "жорстких" методів аналізу зразків ґрунту без урахування гранулометричного складу призводить до істотного викривлення інформації про вміст калію у ґрунтах різного типу. Запропоновано способи і методи визначання вмісту рухомого калію у ґрунті, які дозволяють більш точно оцінювати калійний стан ґрунтів різного генезису, і різних за гранулометричним складом.

Ключові слова: ґрунти, калійне живлення, калійний стан, удосконалена діагностика, хімічні методи, гранулометричний склад, математичні моделі.

Вступ. Важливим напрямом вирішення проблеми калію в землеробстві є удосконалення діагностики калійного стану ґрунтів.

В результаті різкого зниження доз застосовуваних добрив, яке спостерігається останніми десятиріччями, вміст рухомого калію у більшості орних ґрунтів України в даний час знаходиться на рівні природного. Як буде показано далі, такий вміст відповідає середньому рівню забезпеченості сільськогосподарських рослин даним елементом живлення. Тому для отримання високих урожаїв культур на більшості орних земель країни необхідно обов'язково вносити калійні добрива.

Використання калійних добрив сприяє не лише підвищенню врожаю, але й поліпшенню якості вирощеної продукції, тому інтерес до проблеми калію в землеробстві останніми роками зростає в багатьох країнах світу [1-3].

Одним із факторів спаду застосовуваності калійних добрив у землеробстві є помилкова думка, що більшість ґрунтів України, особливо важкого гранулометричного складу, добре забезпечені доступним рослинам калієм. Причиною такої думки є, очевидно, недосконалість методичних аспектів діагностики калійного стану ґрунтів, складність якої є серйозною перешкодою на шляху підвищення ефективності калійного удобрення. Відсутність об'єктивної інформації про трофічний стан ґрунтів веде до вкрай неефективного використання дуже дорогих добрив, вартість яких, до того ж, постійно зростає [4].

Проведений нами системний аналіз наявних аналітичних даних щодо вмісту рухомих сполук калію в ґрунтах показав, що використання більшості стандартних методів аналізування у багатьох випадках призводить до значних помилок.

Проблема полягає в тому, що ґрунти з більшим умістом тонкодисперсних часточок (фракції розміром менше 0,01 мм, за Качинським – фізична глина) містять більше калієвмісних мінералів типу польових шпатів та тришарових алюмосилікатів. Відомо, що частина калію із мінералів добре екстрагується розчинами кислот і лугів ("жорсткі" методи), але більша частина цього калію рослинам не доступна [5].

Оцінку вмісту доступного рослинам калію у витяжці 0,2 М HCl (метод Кірсанова) необхідно проводити з урахуванням гранулометричного складу ґрунту [6]. Адже відомо, що застосування "жорстких" методів аналізу на легких ґрунтах веде до суттєвого заниження оцінки їх насиченості калієм, а на важких ґрунтах, навпаки, ця оцінка завищується. При цьому похибка може становити 100-200 % і більше.

Для об'єктивної характеристики калійного стану ґрунтів одним із авторів запропоновані нормативні поправки, якими враховано вплив вмісту у ґрунті елементарних часточок <0,01 мм (%) на точність визначення вмісту K_2O . Поправки (у вигляді таблиць) включені в три національні стандарти України, що дозволило підвищити точність діагностики калійного стану ґрунтів України.

Наприклад, результати аналізу ґрунту за методом Чирикова, описаним у ДСТУ 4115 (з поправками на вплив гранулометричного складу) суттєво відрізняються від результатів за ГОСТ 262041 (без поправок). Крім того, у нормативному документі України (ДСТУ 4115) обмежено сферу використання методу – його рекомендовано застосовувати тільки для ґрунтів опідзоленого ряду зони Лісостепу.

Проведені останніми роками дослідження, а також досвід практичного застосування нових нормативних документів показали їх певні недоліки: приведені не значення поправок на вплив гранулометричного складу ґрунтів, а нормативи похибки. Така форма подання інформації ускладнює процес її обробки, процес перерахунку важко автоматизувати. Крім того, відсутні поправки на гранулометричний склад ґрунтів у діапазоні вмісту фізичної глини 21-45 %. Відсутня також можливість поправки на значення менше ніж 5 % фізичної глини, що може призвести до певних помилок.

Мета досліджень. Удосконалити систему діагностики калійного стану ґрунтів України. Визначити основні умови і значення окремих показників ґрунтів, за яких результати аналізування хімічними методами Чирикова і Дашевського відображають реальний стан ґрунтової родючості.

Об'єкти і методи досліджень. Статистично-математичний аналіз, який включає аналіз та узагальнення літературних даних, а також матеріалів автоматизованого банку даних агрохімічних властивостей ґрунтів на основі СУБД Access 98. Банк містить дані аналізів близько 2000 зразків ґрунтів України та інших країн СНД як із власних, так і з літературних джерел.

Хімічні аналізи ґрунтів виконано згідно з нормативними документами України (ДСТУ) і ГОСТу СРСР. У ґрунтових зразках визначали: гранулометричний склад ґрунту за ДСТУ 4730; вміст рухомих сполук калію за Чириковим (ГОСТ 262041 і ДСТУ 4115) і за Дашевським (ДСТУ 7603).

Аналіз результатів досліджень. Проведені дослідження підтвердили відоме положення про тісний зв'язок результатів визначення K_2O за методом Чирикова з гранулометричним складом ґрунту (вміст мулу або фізичної глини). Залежність формалізовано графіком і представлено на рисунку 1.

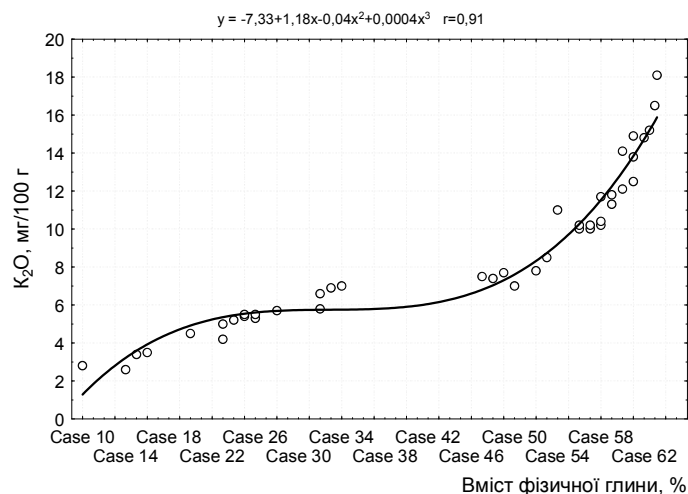


Рис. 1. Кількість K_2O , що вилучається кислотним екстрагентом (метод Чирикова) залежно від вмісту у ґрунтах фізичної глини. Орний шар основних ґрунтів України з природним вмістом калію

Статистичною обробкою даних інформаційного банку виявлено, що метод Чирикова дозволяє об'єктивно оцінити калійний стан ґрунту за вмісту фізичної глини від 38 до 42 %. Імовірно, саме на таких ґрунтах розроблено групування насиченості («забезпеченості») їх калієм. Якщо ж вміст фізичної глини є більшим, або меншим від цього діапазону, то метод Чирикова автоматично штучно «завищує» або «занижує» оцінку.

Цей висновок підтверджено результатом порівняльного оцінювання природного стану родючості ґрунтів за даними кислотного методу Чирикова і сольового методу Дашевського (рис. 2).

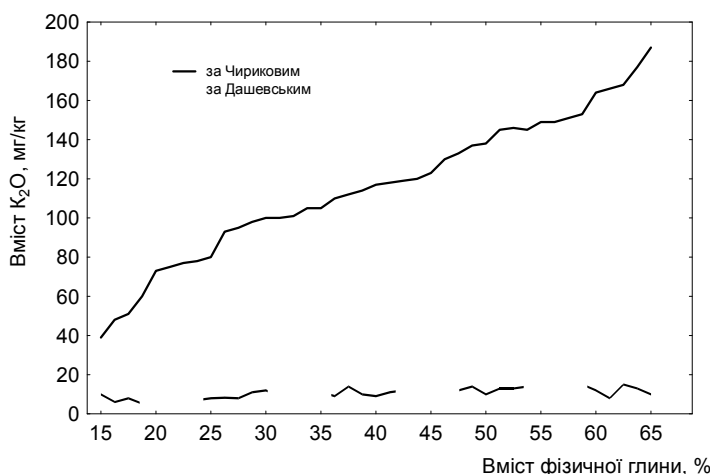


Рис. 2. Вміст K_2O в орному шарі неудобрених або малодобрених орних ґрунтів України різного гранулометричного складу, за даними кислотного і сольового методів

Дані, одержувані за методом Дашевського, на відміну від інших методів, практично не залежать від параметрів гранулометричного складу ґрунту:

$$Y = 0,75 + 0,002X \quad (r = 0,12) \quad (1)$$

де Y – вміст K_2O за Дашевським, мг/100 г ґрунту; X – вміст фізичної глини, %.

Згідно з рівнянням, підвищення вмісту фізичної глини на 10 % збільшує кількість екстрагованого із ґрунту калію всього на 0,02 мг/100 г ґрунту. Тобто, розчин $MgSO_4$ концентрації 0,03 % практично не екстрагує недоступні рослинам сполуки ґрунтового калію.

Раніше було встановлено, що реальний природний вміст K_2O в орному шарі основних ґрунтів України знаходиться в межах середньої забезпеченості рослин цим елементом живлення. Для методу Чирикова цей рівень відповідає значенню, близькому 60 мг K_2O /кг, для метода Дашевського – 5-10 мг K_2O /кг ґрунту [7].

У більшості випадків невисока ефективність калійного удобрення на важких ґрунтах у зонах Лісостепу і Степу пояснюється не недостатнім для рослин вмістом рухомого калію у ґрунті, а нестатком вологи для його реалізації. Відомо, що ефективність застосування мінеральних добрив, особливо калійних, в Україні знижується від західних, більш зволжених, до східних і південно-східних, більш посушливих провінцій.

В результаті статистичної обробки літературних даних [8, 9, 10], було виявлено, що ефективність калійних добрив, внесених під посіви цукрових буряків (K_{60} на фоні NP), залежно від значень гідротермічного коефіцієнта (ГТК), характеризується таким рівнянням:

$$Y = 97,76 - 185,64 X + 109,76 X^2, \quad r = 0,92, \quad (2)$$

де Y – окупність добрив, кг зерна кукурудзи / кг K_2O ; X – значення ГТК.

Згідно з рівнянням, за значення ГТК Селянинова (ГТК_{V-IX}), наприклад, 1,5, окупність 1 кг К₂О добрив прибавкою урожаю коренеплодів буряків становить 66,3 кг. А за значення ГТК_{V-IX} 0,9 – всього 19,6 кг коренеплодів (рис. 3). Подібні закономірності було віднайдено і за аналізування ефективності добрив, внесених під інші культури.

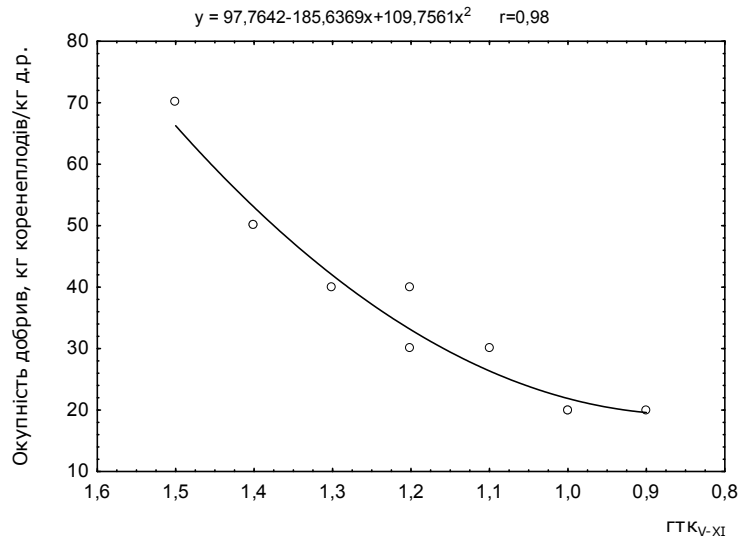


Рис. 3. Динаміка окупності калійних добрив прибавкою урожаю коренеплодів буряків у напрямку з північного заходу на південний схід України, залежно від значень ГТК_{V-IX}

На основі результатів статистичної обробки даних інформаційного банку одержано формули, які дозволяють підвищити точність оцінки калійного стану ґрунтів завдяки урахуванню вмісту фізичної глини. Перевірка адекватності створених математичних моделей показала, що більша точність оцінки калійного стану ґрунтів досягається у разі поділу ґрунтів за гранулометричним складом на дві групи.

Вміст К₂О у ґрунтах з умістом фізичної глини 40 % і менше пропонується розраховувати за такою формулою:

$$K_2O(\text{розр.}) = K_2O(\text{факт.}) + k - 0,27B - 0,0085B^2 \quad (3)$$

де К₂О (розр.) – розрахунковий вміст рухомого калію, мг К₂О/кг ґрунту; К₂О (факт.) – фактичний вміст рухомого калію за даними метода Чирикова, мг К₂О/кг ґрунту; В – вміст фізичної глини, %; k – константа рівняння.

Для ґрунтів же з умістом фізичної глини більше 40 % вміст К₂О пропонується розраховувати за формулою:

$$K_2O(\text{розр.}) = K_2O(\text{факт.}) - k + 15,4B - 0,189B^2 \quad (4)$$

У таблиці 1 представлено дані щодо фактичного і розрахункового (за формулами 3 і 4) вмісту рухомого К₂О в удобрених і неудобрених орних ґрунтах Харківської області. Вміст фізичної глини в досліджуваних ґрунтах коливається від 15 % (супіщані ґрунти) до 62 % (середньоглинисті ґрунти).

При цьому фактичний вміст калію (згідно з ГОСТ 262041) у цій групі ґрунтів коливається від 39,0 до 147,0 мг/кг. У разі використання поправки в розрахунку вмісту рухомого калію за формулами 3 і 4, виявили, що реальний (розрахований) вміст є більш рівним у групі і становить 57,5-61,3 мг/кг, що відповідає середній забезпеченості рослин. Це повністю співпадає з оцінкою забезпеченості за сольовим методом Дашевського.

Цими даними ще раз підтверджено необхідність подальшого розширення і поглиблення досліджень, спрямованих на удосконалення методичного забезпечення діагностики калійного стану ґрунтів.

1. Фактичний і розрахунковий уміст рухомого калію у ґрунтах Харківської області (орний шар)

Ґрунт	Вміст фізичної глини, %	Вміст K_2O за Чириковим (мг/кг) і забезпеченість рослин калієм		Вміст K_2O за Дашевським (фактичний, мг/кг) і забезпеченість рослин калієм
		фактичний	розрахунковий (за формулою 3 або 4)	
Дерновий опідзолений (надзаплавна тераса р. Харків)	15	39,0 (низька)	57,5 (середня)	6,2 (середня)
Чорнозем типовий, (Харківський район)	36	57,0 (середня)	60,8 (середня)	7,0 (середня)
Чорнозем опідзолений (Харківський район)	52	85,0 (підвищена)	60,1 (середня)	6,5 (середня)
Чорнозем типовий (Чугувський район)	60	125,0 (висока)	60,0 (середня)	7,2 (середня)
Чорнозем звичайний (Балаклійський район)	62	147,0 (висока)	61,3 (середня)	7,5 (середня)

Висновок. Підтверджено, що застосування "жорстких" хімічних методів, у тому числі, методу Чирикова, в аналізованні ґрунтів легкого гранулометричного складу призводить до суттєвого заниження оцінки забезпеченості сільськогосподарських рослин калієм, а на важких ґрунтах, навпаки, до її завищення.

Для об'єктивної характеристики калійного стану ґрунтів за методом Чирикова запропоновано спосіб, який включає використання математичних формул для перерахунку фактичних аналітичних результатів із залученням інформації про вміст фізичної глини у ґрунті. Проблема підвищення точності діагностики калійного стану ґрунтів може бути також частково вирішена за використання методів на основі сольових екстрагентів, у тому числі, методу Дашевського.

Список використаної літератури

1. *Asadi S.* Influence of different potassium fertilizer sources on sunflower production: 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1 – 6 August 2010, Brisbane / Safoora Asadi. – Australia, 2010. – P. 16-18.
2. *Bernardi A.C.C.* Variable-Rate Application (VRA) of potassium fertilization for soybean in Brazil / A.C.C. Bernardi, L.M. Gimenez, P.L.O.A. Machado // Electronic International Fertilizer Correspondent. Quarterly correspondent from IPI. International Potash Institute. – e-ific No. 27, June 2011. – P. 14-18.
3. *Szewczuk A.* Effect of different potassium soil levels and forms of potassium fertilizers on micro-elemental nutrition status of apple trees in early fruition period / A. Szewczuk, A. Komosa, E. Gudarowska // J. Elementol. – 2009. – 14 (3). – P. 553-562.
4. *Прокошев В.В.* Освещение проблемы калия в ж. «Агрохимия» // Агрохимия. – 2004. – № 1. – С. 18-24.
5. *Христенко А.А.* Оценка химических методов определения содержания подвижного калия в почвах / А.А. Христенко // Агрохимія і ґрунтознавство. Міжвід. тематичн. наук. зб. 2007. – Вып. 67. – С. 90-98.
6. *Прокошев В.В.* Калий и калийные удобрения / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин // Практическое руководство. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
7. *Христенко А.О.* Рухомість "рухомих" елементів живлення рослин у ґрунті / Христенко А.О. // Вісник аграрної науки. – 2009 р. м № 8. – С. 16-20.
8. *Носко Б.С.* Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. – К.: Урожай, 1990. – 224 с.
9. *Носко Б.С.* Калий в почвах Украины и эффективность калийных удобрений / Б.С. Носко, Н.В. Лисовой, В.М. Столяр – Харьков: ИПА УААН, 1996. – 177 с.
10. *Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України / М.І.Полупан, В.Б.Соловей, В.І.Кисіль, В.А. Величко.* Рекомендовано Міністерства та допущено МІНАП Укр. як навч. посібн для студентів вищих навч. закладів. – Київ: Колообіг, 2005. – 303 с.

Стаття надійшла до редколегії 21.09.2015

TO PROBLEMS OF IMPROVE THE DIAGNOSTICS OF POTASSIUM STATUS OF SOILS**A.O. Khristenko¹, V.S. Shapovalova¹, A.P. Neshta²****¹National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky"***(khristenko.an@mail.ru)***²Kharkiv regional state project-technological center of soils fertility protection and products quality**

The aim of work was to improve the system of diagnostics of potassium status of soils of Ukraine. Method: statistical and mathematical automated data bank analysis. As a result was confirmed that the use of "hard" (with acidic extractors) methods of analysis without the account of soils texture leads to a significant distortion of the assessment of plants providing of potassium on these soils.

As a result, it proposed a series of methods and techniques for more precise assessment of potassium state of concrete soils.

Conclusions. The ways and methods to more accurately assess the condition of soil potassium.

Keywords: *soil potassium nutrition, potassium status, diagnostics, chemical methods, particle size distribution, mathematic model.*

ОХОРОНА ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ SOIL PROTECTION and RECLAMATION

УДК 631.41; 631.416.9; 504.53.06: 504.054

ПРОГНОЗУВАННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО СТАТУСУ ҐРУНТОВОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ РЕМЕДІАЦІЇ І ВИКОРИСТАННЯ

**В.Л. Самохвалова¹, В.І. Лопушняк², А.І. Фатєєв¹, В.М. Горякіна¹,
В.В. Шимель¹**

¹ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків,
Україна (v.samokhvalova@mail.ru)

²Львівський національний аграрний університет, Дубляни, Львівська обл., Україна

Обґрунтовано спосіб прогнозування вмісту рухомих форм важких металів (ВМ) та мікроелементів (МЕ) у ґрунтовій системі на прикладі обстежених ґрунтів різного генезису у різних природно-кліматичних зонах України, забруднених ґрунтів у Харківській та Донецькій областях та інтенсивно удобрюваних (орґано-мінеральна, орґанічна та мінеральна системи удобрення) ґрунтів у Львівській області. У розробленому методичному підході шляхом використання параметрів гідролітичної кислотності (H_r) та групового складу гумусу ($C_{ГК}/C_{ФК}$) ґрунту в математичних моделях прогнозується вміст рухомих форм МЕ і/або ВМ у ґрунтах різних типів, чим забезпечується експресність оцінки та підвищення точності прогнозування мікроелементного статусу ґрунтів.

Ключові слова: ґрунт, мікроелементи, важкі метали, груповий склад гумусу, гідролітична кислотність, техногенне забруднення, технологічне навантаження, спосіб, прогнозування.

Вступ. У сучасних умовах зростаючих техногенних та технологічних навантажень на ґрунти спостерігається їх забруднення надлишком біогенних елементів та важких металів (ВМ) на фоні дефіциту елементів живлення рослин, що негативно впливає на якість рослинної і тваринної продукції, екологічний стан ґрунтів та призводить до їх деградації. Тому розробка методів ремедіації хімічно деградованих ґрунтів та відновлення їх структури, функцій є актуальною проблемою. Основою для вирішення цієї задачі є нові методичні підходи щодо прогнозування елементного статусу ґрунтів за природних умов, впливу фактору технологічного навантаження і техногенного забруднення ВМ на базі діагностування й оцінювання екологічного стану ґрунтів різного генезису. Логічним продовженням чого є розробка нових технічних рішень (способів), як індикаторів ефективності наукових досліджень та, водночас, інноваційних продуктів, що мають нематеріальну форму та у сукупності визначаються як інтелектуальний капітал (знання, інформація, інтелектуальна власність) з його можливою наступною трансформацією в інноваційні послуги.

Мета дослідження – розробити спосіб прогнозування вмісту рухомих форм ВМ і МЕ у ґрунтовій системі для ефективної ремедіації за рахунок розширення спектру інформативних діагностичних показників, визначання додаткового показника гідролітичної кислотності ґрунту із застосуванням орґано-мінеральної та/або мінеральної та/або орґанічної систем удобрення і за техногенного забруднення ВМ і отриманих математичних моделей за встановлених залежностей показників гідролітичної кислотності (H_r), групового складу гумусу ($C_{ГК}/C_{ФК}$) та вмісту рухомих форм МЕ і/або ВМ ґрунту з можливістю підвищити точність та експресність прогнозування вмісту хімічних елементів у ґрунтах різного генезису, з одночасним збільшенням ремедіаційної здатності ґрунту певного типу.

Об'єкти і методи дослідження. Розроблення способу включало: проведення патентного пошуку згідно з ДСТУ 3575; польовий етап - ґрунтово-геохімічні дослідження на локальному і регіональному рівнях, в тому числі, за умов технологічного навантаження на ґрунти Львівської області та за умов сталого впливу джерел атмотехногенних емісій забруднення неорґанічної природи Зміївської ТЕС

ПАТ "Центренерго" НАК "Енергетична компанія України" (Харківська обл.) та ВАТ «Авдіївський коксохімічний завод» (Донецька обл.) та проведення серії стаціонарних польових дослідів; аналітичний етап - визначення рівнів вмісту рухомих форм МЕ і ВМ у чорноземних ґрунтах різної буферної здатності за використання екстрагентів ацетатно-амонійного буферного розчину з рН 4,8 та 1н НСІ згідно з ДСТУ 4770.1 - ДСТУ 4770.9; камеральний етап – оцінювання мікроелементного статусу ґрунтів за експертного оцінювання нормативно-довідкової документації, статистична обробка отриманих даних.

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

Об'єкти дослідження – ґрунти Полісся, Лісостепової і Степової природно-кліматичних зон України (дерново-підзолисті, ясно-сірі, сірі, темно-сірі; чорноземи опідзолені, типові, звичайні та південні; темно-каштанові, каштанові тощо) за впливу забруднення ВМ та за його відсутності; інактиватори токсичності органічної та неорганічної природи; методичні підходи щодо прогнозування мікроелементного статусу ґрунтів різних типів, у тому числі і за техногенного забруднення ВМ і технологічного навантаження. Методи досліджень – універсальні загальнонаукові методи, методи теоретичного аналізу, системний та екосистемний підходи, ландшафтно-геохімічні, лабораторно-аналітичні; статистичні методи обробки даних, експертне оцінювання нормативно-довідкової документації.

Польові дослідження щодо технологічного навантаження проводили в умовах стаціонарного досліду кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії Львівського НАУ Західного Лісостепу України з вивчення ефективності впливу органо-мінеральної, органічної та мінеральної систем удобрення у відомій ефективній кількості співвідношення комбінації ґрунтополіпшувачів на іммобілізацію рухомих форм ВМ та активацію МЕ у ґрунтах із відбором ґрунтових зразків та встановленням закономірностей змін вмісту МЕ та ВМ (Cd, Pb) та динаміки гумусного стану і трансформації органічної речовини у ґрунті польової сівозміни із певним чергуванням культур.

Застосовували мінеральну, органічну та органо-мінеральну системи удобрення (табл.1), які було збалансовано за внесенням основних елементів живлення, а внесення органічних і мінеральних добрив оптимальними дозами проводили за використання чинних методичних рекомендацій [1] відповідно до типу ґрунту і природно-кліматичних умов певної зони [2].

Ґрунтово-геохімічні дослідження щодо техногенного навантаження ВМ на ґрунт проводили за умов сталого впливу джерел поліелементного забруднення Зміївської ТЕС ПАТ "Центренерго" НАК "Енергетична компанія України" Харківської області, ВАТ «Укрцинк» і ВАТ «Авдіївський коксохімічний завод» Донецької області природно-кліматичних зон Лісостепу і Степу України. Відбирання зразків ґрунту здійснювали згідно з ДСТУ 4287:2004 з орного (0-20 см) та підорного (20-40 см) шарів. У зразках ґрунту за лабораторних досліджень методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії відповідно до чинних методик згідно з ДСТУ 4770.1:2007 – ДСТУ 4770.9:2007 проводили визначення рухомих форм МЕ і ВМ, що екстрагуються амонійно-ацетатним буфером ААБ рН 4,8; загальний вміст органічної речовини в ґрунтах – за методом Тюріна відповідно до ДСТУ 4289:2004; фракційно-груповий склад гумусу (вуглецю гумінових і фульвокислот) – за методом Конової-Бельчикової згідно з МВВ 31-497058-006-2002; гідролітичну кислотність ґрунту – за методом Каппена згідно з ГОСТ 26212-91.

Оцінку екологічного стану ґрунтів щодо мікроелементного статусу та вмісту ВМ проводили згідно з діючими нормативами і методичною базою, використовуючи встановлені фонові рівні вмісту МЕ (ВМ) для ґрунтів певної природно-кліматичної зони України [3]. Отриману аналітичну інформацію статистично обробляли із використанням модулів кореляційного, дисперсійного, регресійного та факторного аналізів у рамках пакета *Statistica 10.0*, включаючи розрахунки за рівняннями лінійної, ступеневої і логарифмічної регресії. Для якісної оцінки тісноти зв'язку використовували множинний коефіцієнт детермінації за шкалою Чеддока: 0,3 - 0,3 – незначний зв'язок; 0,3 - 0,5 – помірний; 0,5 - 0,7 – істотний; 0,7 - 0,9 – високий; 0,9 - 0,99 – дуже високий; 1,0 – функціональний.

Аналіз результатів досліджень. Аналіз існуючої патентної документації свідчить про те, що близьким за технічною суттю до розробленого способу є відомий спосіб визначення вмісту у ґрунті доступних біофільних елементів для підвищення точності прогнозу потреби рослин в елементах живлення [4]. Спосіб включає визначення загального вмісту біофільного елемента у ґрунті, інкубацію зразка в закритій капсулі за $85 \pm 3^\circ \text{C}$ і вологості 40-100 % повної вологоємності із внесенням асоціативної культури термофільних мікроорганізмів у кількості 0,15-1,0 млрд/г ґрунту; вимірювання по завершенню процесу мінералізації доступного біофільного елемента, а також вмісту його малорухомої форми і визначення ступеня рухомості елемента для прогнозування. Мета досягається за рахунок прискорення процесу мінералізації, утворення більшої кількості малодоступних форм біофільних елементів за рахунок руйнування ґрунтово-поглинального комплексу (ГПК). Недоліком способу є відсутність показників точності прогнозних оцінок, трудомісткість та ресурсовитратність його реалізації.

Відомо інший спосіб прогнозування зміни вмісту рухомих Zn і Cu у ґрунті [5], яким передбачено внесення мінеральних добрив, відбирання зразків ґрунту, визначення стандартними методами вмісту рухомих форм азоту та фосфору та розрахунок, на основі математичних моделей і встановленого тісного кореляційного зв'язку, співвідношення мінерального азоту та рухомого фосфору з подальшим визначанням прогнозованого вмісту рухомих форм цинку та міді у ґрунті за регресійними рівняннями: для Zn - $Y = 1,6677X^{0,1387}$; для Cu - $Y = -0,0038 \times 0,0719X^2 - 0,0314$, де Y - прогнозований (розрахунковий) вміст рухомих цинку або міді, мг/кг ґрунту; X - співвідношення мінерального азоту ($N - NO_3 + N - NH_4$) та рухомого фосфору (P_2O_5).

До недоліків способу слід віднести обмеженість його застосування лише на зрошуваному темно-каштановому ґрунті за умов систематичного внесення мінеральних добрив; неможливість прогнозування вмісту інших МЕ у ґрунтах, окрім Zn та Cu. До того ж, систематичне внесення мінеральних добрив (азотні, фосфорні і комплексні добрива, сульфатні форми калійних добрив), що є фізіологічно кислотними, призводить до збільшення рухомості металів-токсикантів у ґрунті та їх міграції у суміжні з ґрунтом середовища [6], також негативно впливає і на органічну речовину ґрунту, посилюючи рухомість органічних сполук, їх мінералізацію і деструкцію, викликає спрощення їх структури на ґрунтах різного генезису, особливо втрати органічних речовин зростають в умовах ґрунтоутворення з ознаками підзолистого типу (світло-сірі, сірі, темно-сірі ґрунти, чорноземи опідзолені) чим сприяє погіршенню якості гумусу. За таких умов необхідним є застосування органічної та/або органо-мінеральної систем удобрення у максимальній відповідності до ґрунтово-кліматичних умов певного регіону й вимог ресурсозбереження та екологічної безпеки. Все вище перелічене не ураховано у способі, що значно знижує функціональну можливість і ефективність його використання.

Найбільш близьким за механізмом реалізації і результатом, що досягається, є

спосіб прогнозування забезпеченості ґрунтів МЕ за математичними моделями [7]. Спосіб включає відбирання зразків, їх аналізування. У зразках визначають середній вміст вуглецю гумінових ($C_{ГК}$) і фульвокислот ($C_{ФК}$) та їх співвідношення. На основі статистико-математичного аналізу, одержують регресійні рівняння, за якими визначають прогнозований вміст МЕ (ВМ) у ґрунті. Однак недоліками запропонованого способу є обмеженість його використання за визначання прогнозованого вмісту рухомих форм МЕ /ВМ, як за оцінювання рівня забезпеченості ґрунтів МЕ так і небезпеки надлишкового накопичення ВМ у ґрунтах, внаслідок впливу на співвідношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ неконтрольованого вмісту рухомих форм МЕ /ВМ у ґрунтах різних буферних властивостей (результат високої природної просторової варіабельності, що значно підвищується за умов забруднення ВМ (техногенне навантаження), внесення органічних і мінеральних добрив (технологічне навантаження) та різної кислотності ґрунтів в залежності від напряму і розвитку ґрунтоутворювальних процесів в окремих типах і відмінах ґрунтів, їх гранулометричного складу). Отже збільшення рухомості ВМ та органічної речовини ґрунту за одночасного дисбалансу вмісту гумінових та фульвокислот (їх вміст то зменшується, то збільшується), зменшення рухомості МЕ, унеможлиблює коректне використання відношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ для вирішення задачі прогнозування вмісту МЕ і ВМ у ґрунтах. Саме тому необхідним є проведення додаткових досліджень і урахування даних щодо інших показників властивостей ґрунтів, насамперед гідролітичної загальної кислотності ґрунту (ураховує актуальну і обмінну кислотність), що впливає на співвідношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ і визначає рухомість МЕ /ВМ і, відповідно, рівень забезпеченості ґрунтів МЕ та небезпеки забруднення ВМ за таких умов. До того ж поширювати дані щодо прогнозованого вмісту рухомих форм МЕ (ВМ) на ґрунти дослідної території не є коректним тому, що дослідна територія складається, як правило, з ґрунтів різних буферних властивостей (як різних типів так і/ або ґрунтів одного типу проте різного гранулометричного складу), які характеризуються відповідно різними рівнями вмісту $C_{ГК}$ та $C_{ФК}$, МЕ (ВМ) внаслідок високої природної просторової варіабельності. Тому необхідним є у кожному випадку проведення відповідних розрахунків і визначення найбільш впливових факторів, окрім визначення $C_{ГК}$ та $C_{ФК}$ і їх співвідношення, для вирішення задач прогнозу як рівня забезпеченості ґрунтів МЕ так і оцінювання небезпеки надлишкового накопичення ВМ у ґрунтах. Отже заявлена у способі можливість альтернативного визначання вмісту рухомих форм МЕ (ВМ) лабораторно-аналітичним методом у спеціалізованих агрохімічних лабораторіях не може бути досягнута. Таким чином, все вище перелічене призводить до вагомого зниження ефективності прогнозування вмісту МЕ (ВМ) за одночасного збільшення трудомісткості і ресурсовитратності реалізації способу.

За результатами інформаційно-аналітичних досліджень встановлено існуючі у ґрунтах різних типів залежності гідролітичної кислотності ґрунту, відношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ (табл.1-2, рис. 1-2) і вмісту МЕ /ВМ у ґрунті та істотні відмінності між вибірками даних, проведено оцінювання впливу фактору техногенного забруднення ВМ та/або технологічного навантаження за запропонованих систем удобрення. Доведено достовірність їх впливу на результативну ознаку (вміст МЕ /ВМ у ґрунті) з одержанням відповідних рівнянь залежностей (моделі), на базі яких розраховано прогнозовані значення вмісту рухомих форм МЕ та/або ВМ, наприклад, Pb (1), Cd (2), Ni (3), Zn (4) у ґрунті за одночасної візуалізації встановлених закономірностей зв'язку показників властивостей ґрунту на діаграмах (рис. 2 а-г) та у форматі відповідних рівнянь (1-5) та електронних таблиць.

Таким чином, наприклад, встановлені лінійні залежності вмісту рухомих форм ВМ та відношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ і гідролітичної кислотності ґрунту характеризують такі рівняння:

$$Pb = 0,15 - 0,27 x + 0,40 y \quad (r = 0,71; R^2 = 0,50; F(2,9) = 4,4) \quad (1)$$

$$Cd = 0,24 - 0,15x + 0,012y \quad (r = 0,62; R^2 = 0,45; F(2,9) = 2,8) \quad (2)$$

$$Ni = -1,1 + 0,61x + 0,5y \quad (r = 0,97; R^2 = 0,94; F(2,9) = 78,5) \quad (3)$$

$$Zn = -9,02 + 3,45x + 1,95y \quad (r = 0,86; R^2 = 0,75; F(2,9) = 13,4) \quad (4)$$

де Pb, Cd, Ni, Zn – прогнозований вміст рухомих сполук відповідного металу у ґрунті, мг/кг; x – відношення C_{ГК}/C_{ФК}, y – гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту.

1. Груповий склад органічної речовини темно-сірого ґрунту за впливу технологічного навантаження

Варіант	Σ ГК	Σ ФК	C _{ГК} / C _{ФК}
1. Без добрив (контроль)	34,7 100	34,5 100	1,01
2. Мінеральна система удобрення N ₃₉₀ P ₂₁₀ K ₄₃₀	35,1 100	34,2 100	1,03
3. Органо-мінеральна система удобрення : 20 т/га гній +5 т/га солома + N ₂₇₀ P ₁₅₃ K ₂₆₀	37,4 100	30,6 100	1,22
4. Органо-мінеральна система удобрення : 30 т/га гній + 15 т/га сидерат + 5 т/га солома + N ₁₀₀ P ₁₁₀ K ₁₇₃	38,5 100	29,1 100	1,32
5. Органо-мінеральна система удобрення : 40 т/га гній + 15 т/га сидерат + 5 т/га солома + N ₅₀ P ₈₅ K ₁₁₃	39,0 100	28,6 100	1,36
6. Органічна система удобрення : 50 т/га гній + 15 т/га сидерат + 5 т/га солома + N ₂₅ P ₆₀ K ₆₀	39,3 100	28,4 100	1,38

Примітка. Над ризикою – відсоток від загального вуглецю; під ризикою – відсоток фракції від суми ГК або ФК у шарі ґрунту 0-20 см

2. Груповий склад гумусу ґрунтів різного генезису за впливу техногенного забруднення (рівень перевищення фонового вмісту ВМ – у 8-10 разів)

Ґрунти	C _{ГК}	C _{ФК}	C _{ГК} / C _{ФК}
Дерново-підзолистий (контроль)	0,17	0,2	0,85
Дерново-підзолистий (забруднений ВМ)	0,16	0,28	0,57
Чорнозем опідзолений (контроль)	0,84	0,39	2,1
Чорнозем опідзолений (забруднений ВМ)	0,80	0,41	1,95
Чорнозем звичайний (контроль)	0,96	0,38	2,5
Чорнозем звичайний (забруднений ВМ)	0,93	0,42	2,21

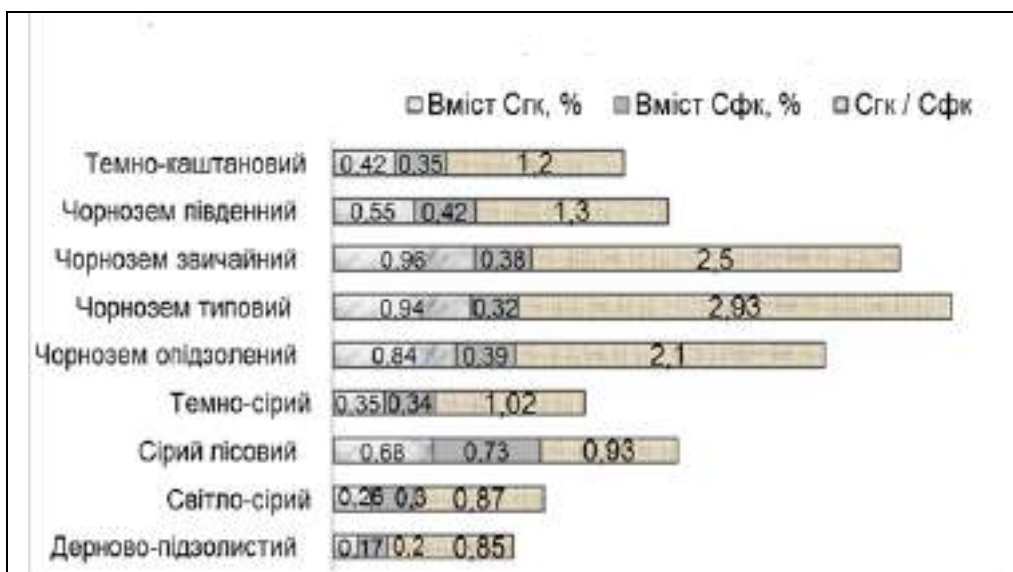


Рис.1. Груповий склад органічної речовини ґрунтів різного генезису

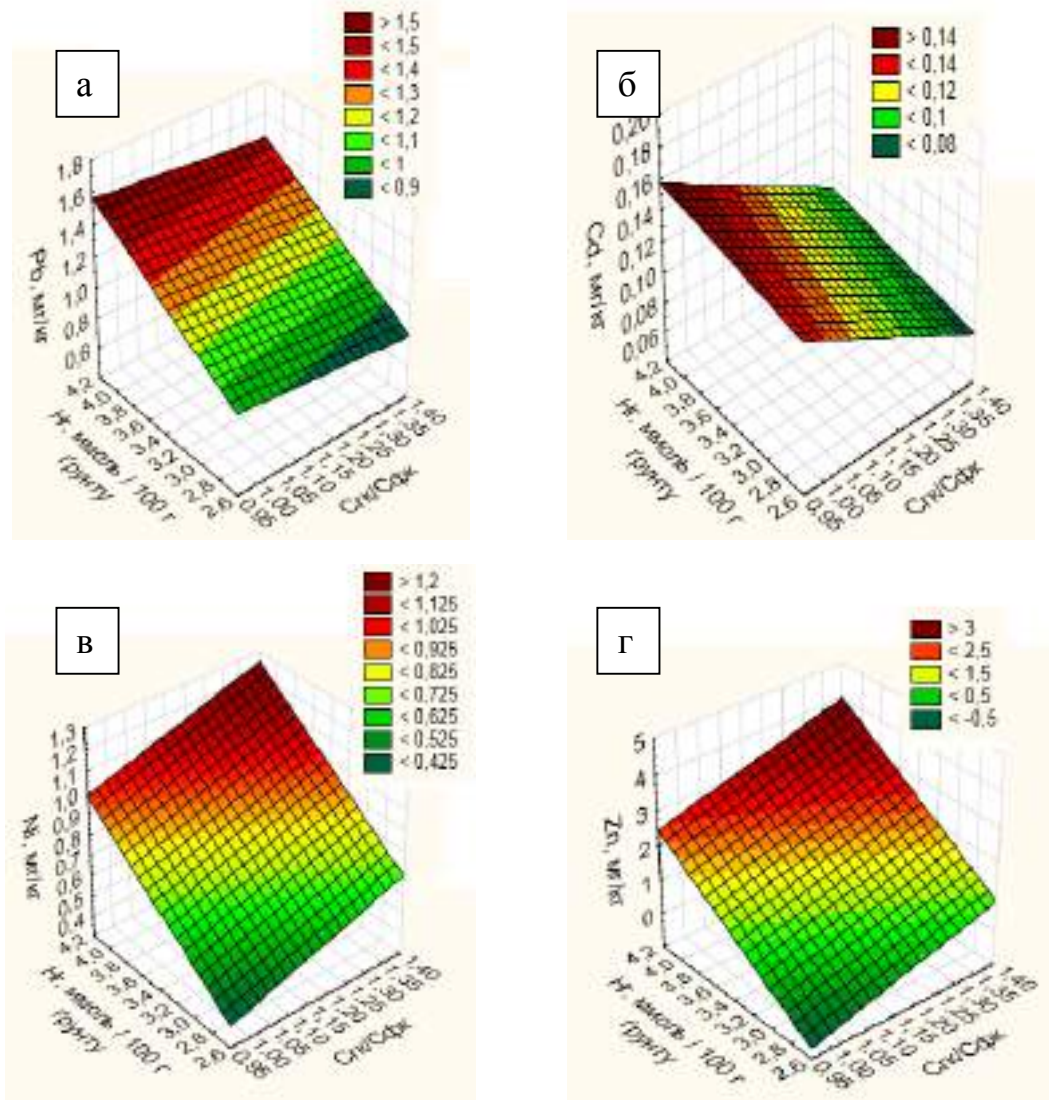


Рис. 2. Взаємозв'язок мікроелементного статусу ґрунту з параметрами гідролітичної кислотності та груповим складом гумусу

Поширюючи алгоритм способу на інші типи ґрунтів, так само, проводять розрахунки з одержанням відповідних рівнянь залежностей, за якими визначають прогнозовані значення вмісту МЕ /ММ у ґрунтах, як за умов відсутності технологічного і техногенного навантаження на ґрунт, так і за умов їх впливу (табл.3).

Окрім того, запропонований алгоритм способу дозволяє підтвердити доцільність використання показника гідролітичної кислотності ґрунту на підставі встановлених закономірностей щодо вмісту гумусу у ґрунті зі зростанням у його складі фракції ГК-2 і зменшенням рухомої фракції ГК-1, яка містить обмінні катіони водню карбоксильних груп [8], що формують кислотність ґрунту, зокрема гідролітичну, за умов різних рівнів навантажень на ґрунтову систему, що доведено відповідним рівнянням:

$$H_g = 15,14 + 0,54 \cdot x - 1,0008 \cdot y \quad (R = 0,96; R^2 = 0,92; F(2,9) = 53,68) \quad (5)$$

де H_g – гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту; x – гумінові кислоти фракції 1, ГК-1; % від $C_{\text{заг}}$, y – гумінові кислоти фракції 2, ГК-2; % від $C_{\text{заг}}$.

Одночасно, доцільність використання показника відношення $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$ ґрунту доведено його діагностичною ефективністю щодо індикації спрямованості процесів мінералізації органічної речовини та якості гумусового стану ґрунту. Так, визначення показника $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$ дозволило встановити гуматно-фульватний тип гумусу темно-сірого

ґрунту на підставі зміщення співвідношення у бік ГК (рис.1, табл.1, вар.3-6) з найкращим співвідношенням підвищення гуматності гумусу. Однак, за умов техногенного навантаження ВМ на ґрунт встановлено, що його забруднення не змінює тип гумусу ґрунту, який відповідає біокліматичним умовам його формування, проте впливає на скорочення групи С_{ГК} та розширення групи С_{ФК} у складі гумусу (табл.2), що свідчить про ризик збільшення рухомості МЕ /ВМ за впливу забруднення ґрунту та їх транслокації до рослин і міграції у суміжні з ґрунтом середовища.

3. Прогнозований вміст мікроелементів та важких металів за урахування виду навантаження та типу ґрунту

Вид навантажень та тип ґрунту	Прогнозований / фактичний* вміст рухомих форм МЕ та ВМ у ґрунті, мг/кг ґрунту			
	Pb	Cd	Ni	Zn
<i>За відсутності навантажень на ґрунт</i>				
Дерново-підзолистий	2,5 / 2,65*	0,1 / 0,11*	0,19 / 0,21*	0,6 / 0,78*
Світло-сірий лісовий	1,5 / 1,84*	0,1 / 0,08*	0,5 / 0,56	0,5 / 0,58*
Сірий лісовий	2,1 / 2,15*	0,1 / 0,13*	0,5 / 0,56	1,8 / 1,92*
Темно-сірий опідзолений	1,1 / 1,1*	0,1 / 0,09*	1 / 0,9*	1 / 1,06*
Чорнозем опідзолений	1,9 / 2,04*	0,1 / 0,13*	0,7 / 0,62*	1 / 1,22*
Чорнозем типовий	2 / 2,2*	0,1 / 0,2*	0,5 / 0,45*	1,6 / 1,75*
Чорнозем звичайний	2,5 / 2,73*	0,1 / 0,18*	0,6 / 0,66*	1,8 / 1,82*
<i>За впливу органо-мінеральної системи удобрення (технологічне навантаження)</i>				
Темно-сірий опідзолений	0,92 / 0,9*	0,07 / 0,07*	0,8 / 0,7*	1,25 / 1,2*
<i>За впливу забруднення ВМ (техногенне навантаження)</i>				
Чорнозем опідзолений	6 / 6,9*	1,5 / 1,2*	4 / 3,8*	4 / 4,3*

Завдяки запропонованому способу отримуємо можливість збільшити прогнозованість мікроелементного статусу та якості групового складу гумусу ґрунту певного типу за природних умов і впливу технологічного та техногенного навантажень, з одночасним зниженням рухомості ВМ у ґрунті (рис. 3) та ефективної його ремедіації і відновлення природних властивостей, що показує зниження вмісту рухомих сполук Cd від 0,17 до 0,05 мг/кг ґрунту, Pb – від 1,75 до 0,65 мг/кг ґрунту та інших металів в орному (0-20 см) і підорному (20-40 см) шарах ґрунту (рис. 3), зниження показника гідролітичної кислотності і зростання частки гумінових кислот у гумусі, як результат застосування системи ґрунтополіпшувачів різної природи в ефективній кількості співвідношення їх комбінації (табл.1).

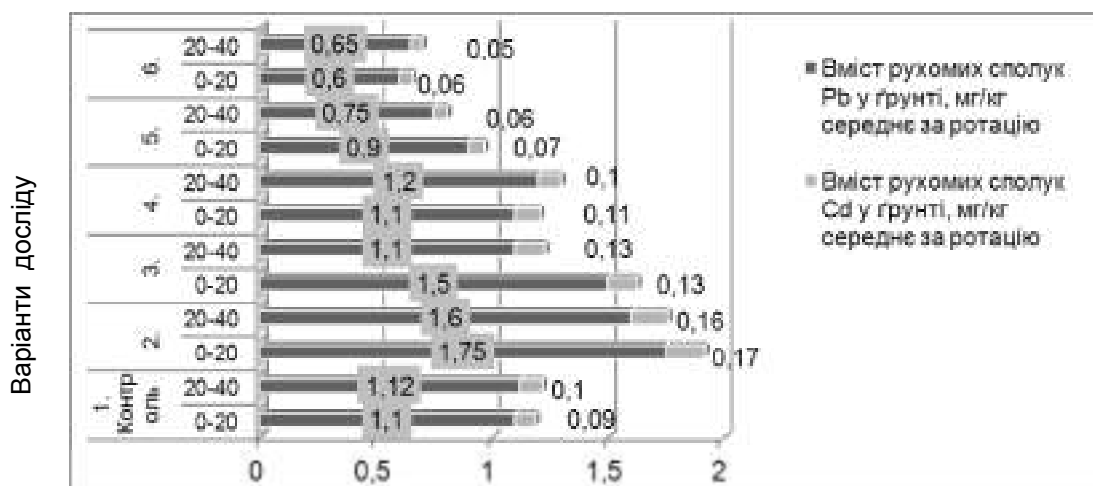


Рис. 3. Вплив запропонованих систем удобрення ґрунту на зниження вмісту рухомих форм Cd і Pb

Отже, реалізація запропонованого алгоритму забезпечує одночасне усунення негативних наслідків технологічного навантаження і техногенного забруднення ВМ на ґрунтову систему та, як наслідок, регулювання групового складу гумусу ґрунту як критерію визначення його якості, а саме: на високобуферних ґрунтах – залучення заходів щодо підтримки умов гуміфікації, близької до нейтральної реакції ґрунтового середовища, регуляції окисно-відновного режиму, застосування сидератів; на малобуферних ґрунтах – забезпечення надходження у ґрунт органічної речовини як джерела лабільного гумусу, підтримка слабо кислої та близької до нейтральної реакції ґрунтового середовища для забезпечення утворення активних ГК (гумінових кислот), що сприяє поліпшенню гумусового стану ґрунту за одночасної більшої прогнозованості мікроелементного статусу та екологічного стану ґрунту.

Розроблений спосіб прогнозування мікроелементного статусу ґрунтової системи для ефективної ремедіації і використання доцільно використовувати в агроекології за вирішення питань діагностики, оцінювання, прогнозування статусу МЕ та небезпеки надлишкового накопичення ВМ у ґрунтах; у тому числі і техногенно забруднених, для розробки способів ремедіації забруднених територій як складових комплексу методів екологічної ремедіації ґрунтів, і, як наслідок, для зниження техногенного і технологічного навантаження на ґрунти різного генезису, інтенсивності процесів їх деградації і для відновлення властивостей.

Розроблений новий методичний підхід захищено охоронним документом [9].

Висновки. Відмітними рисами та перевагами розробленого та патентнозахищеного технічного рішення (способу), порівняно з відомими способами та підходами, є такі:

- експресність отримання та підвищення точності прогнозованих значень вмісту МЕ та ВМ у ґрунтах;
- універсальність завдяки придатності способу для всіх типів ґрунтів різних природно-кліматичних зон.

Список використаної літератури

1. Власюк П.А. Довідник агронома з удобрення / За ред. П.А. Власюка, П.О. Дмитренка - К: Держсільгоспвидав, 1962. - 680 с.
2. Добрива та їх використання: Довідник. – К.: Арістей, 2010. – 254 с.
3. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт-рослина Методика / За ред. А.І. Фатєєва, В.Л. Самохвалової. - Харків: КП «Міська Друкарня», 2012. – 146 с.
4. Пат. на полезную модель 2050544 RU, МПК: G01N33/24 Способ определения доступных для минерализации биодоступных элементов почвы и степени их доступности / Исламов С.С.; заявитель и патентообладатель Агрофизический научно-исследовательский институт (RU). - № 5030236/15; заявл. 12.02.1992; опубл. 20.12.1995. – 6 с.
5. Пат. на корисну модель 58720 UA, МПК: (2011.01) A01B 79/00 Спосіб прогнозування змін вмісту рухомих форм цинку і міді у зрошуваному темно-каштановому ґрунті при систематичному внесенні мінеральних добрив / Мелашич А.В. (UA); Філіп'єв І.Д. (UA); Вожегова Р.А. (UA); Лавриненко Ю.О. (UA); Коковіхін С.В. (UA); заявник та патентоутримувач Інститут землеробства південного регіону (UA). - u201010994; заявл. 13.09.2010; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8. – 3 с.
6. Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі. Методичні рекомендації / А.І. Фатєєв, В.Л. Самохвалова. - Харків: КП «Міська Друкарня», 2012. – 70 с.
7. Пат. на корисну модель 89939 UA, МПК (2014.01) A01B 79/00 Спосіб прогнозування забезпеченості ґрунтів мікроелементами / Фатєєв А.І. (UA); Семенов Д.О. (UA); Смірнова К.Б. (UA); Мірошніченко М.М. (UA); Ликова О.А. (UA); Шемет А.М. (UA); Янковська Т.Є. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського" НААН (UA). - № u201311847; заявл. 08.10.2013; опубл. 12.05.2014, Бюл. № 9 – 5 с.
8. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. - М: Изд-во МГУ, 1990. - 325 с.
9. Пат. на корисну модель 95649 UA, МПК: (2014.01) A01B 79/00, A01N 63/00, B09C 1/00, C09K 17/00; G01N 33/24 (2006.01) Спосіб прогнозування вмісту рухомих форм важких металів та мікроелементів у ґрунтовій системі для ефективності ремедіації і використання / Самохвалова В.Л. (UA); Лопушняк В.І. (UA); Фатєєв А.І. (UA); Горякіна В.М. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського" (UA). - u201408753; заявл. 04.08.2014; 25.12.2014, Бюл. № 24. – 8 с.

Стаття надійшла до редколегії 8.06.2015

FORECASTING OF MICROELEMENT STATUS OF SOIL SYSTEM FOR EFFICIENT REMEDIATION AND USING

V.L. Samokhvalova¹, V.I. Lopushnjak², A.I. Fateev¹, V.M. Gorjakina¹, V.V. Shymel¹

¹National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine

²Lviv National Agrarian University, Dublyany Lviv region, Ukraine
(v.samokhvalova@mail.ru)

Grounded the method for forecasting of the heavy metals (HM) and trace elements (TE) mobile forms content in the soil system on the example of surveyed soils of different genesis on their trace element status in different climatic zones of Ukraine, contaminated soils around Zmiyiv TPP PJSC "Tsentrnergo" NJSC "Energy Company of Ukraine" Kharkiv Region, JSC "Ukrtsynk" and JSC "Avdeyevka Coke-Chemical Plant" Donetsk region climatic zones of Forest-steppe and Steppe zones of Ukraine and soils of the Lviv region of Western Forest-steppe zone of Ukraine on the effectiveness influence of organic-mineral, organic and mineral fertilizing systems. Elaboration of the method include conducting a patent search; field stage - soil-geochemical research on the local and regional levels, including the conditions of the technological load on the soil and the conditions for sustainable impact of pollution emission sources of inorganic nature; fixed a series of field experiments; analytical stage of determining performance of soils properties; in-office stage - the assessment of trace element status of soils for expert evaluation of regulatory reference documentation, statistical data processing. The essence of the utility model: by defining an additional indicator of hydrolytic acidity of soils with application of organic-mineral and /or mineral and / or organic fertilizing systems and technogenic pollution by the HM and received by the established mathematical models dependences of hydrolytic acidity, group composition of humus, and ME and /or HM mobile forms content in the soil provided an effective prediction of their content with the subsequent extension of the method algorithm on other types of soils which ensures the universality of the method, the express receipt and improving accuracy of the predicted values of the TE and HM content in soils. Technical result: providing the possibility to increase the accuracy and forecasting the express content of chemical elements in soils of different genesis with simultaneous increase remediation capacity of the soil of a particular type by expanding the range of informative indicators for predicting the content of HM and TE mobile forms in the soil system. Distinctive features and benefits of the proposed technical solution in comparison with known methods and approaches are the express receipt and improve the accuracy of predicted values of the TE and HM content in soils; universality of the method for all types of soils of different climatic zones of Ukraine. A method of trace element status prediction system for soil remediation and the effective use should be used in agroecology on issues of diagnosis, assessment, forecasting and TE status danger of excessive accumulation of HM in soils; including technogenic contaminated, for elaboration ways of contaminated areas remediation, as components of complex methods of environmental remediation of soils and, consequently, to reduce man-made and technological loads on soils of different genesis, intensity of their degradation and recovery properties. A new methodological approach protected with patent (patent for utility model 95649 UA 2014).

Key words: soil, trace elements, heavy metals, the group composition of humus, hydrolytic acidity, technogenic pollution, technological load, the method of forecasting.

УДК 631.459.2: 631.111.2

ОЦІНКА ВОЛОГОНАКОПИЧЕННЯ В ҐРУНТАХ СТЕПОВИХ АГРОЛАНДШАФТІВ

В.О. Белоліпський, М.М. Полулях

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна
(belolipskiy-42@mail.ru)

Досліджували можливість кількісного оцінювання гідрологічних параметрів ґрунтоводоохоронного агроландшафту (АЛ) з адаптацією протиерозійного облаштування на водозборі. Виявили, що функціонування АЛ визначається гідрологічними параметрами ґрунтів, характеристиками природного та антропогенного середовища (щільність будови ґрунту, атмосферні опади, коефіцієнт захисної дії лісосмуг, агрофон). Розраховано емпіричні моделі коефіцієнта зволоженості ґрунту у квітні, коефіцієнта дефіциту вологи в травні-червні, липні-серпні та вересні-жовтні. Доведено, що оцінювання функціонування АЛ та його оптимізування можна проводити за моделлю

вологозабезпеченості ґрунту у певні періоди вегетації. Моделі функціонування ґрунтоводоохоронного агроландшафту дозволяють провести природно-антропогенне групування ландшафтів за дефіцитом продуктивної вологи (від 0,7 НВ) та запропонувати диференційовані заходи щодо збереження вологи для конкретних періодів вегетації сільгоспкультур.

Ключові слова: агроландшафт (АЛ), агрофон, моделювання, вологозабезпечення, оптимізація, фактори, методи, коефіцієнт, дефіцит.

Вступ. Більше 80 % орних земель України, а це – понад 26,4 млн га, мають типи водного режиму (непромивний, періодично промивний), що формують дефіцит зволоження, переважаючий або періодичний [1].

Ця ситуація підсилюється тим, що у степовій зоні України за останні 111 років (з 1900 до 2011) середньорічна температура повітря підвищилася на 0,3–0,7 °С. І за даними Гідрометцентру, більш частими стали посухи, особливо в степових регіонах, де за час із 1960 до 2010, 25 років були посушливими [2].

Для більш якісного інформаційного забезпечення сільськогосподарського виробництва і прогнозування його розвитку треба опрацювати методологію оцінки агроресурсів на локальному, регіональному та державному рівнях [3]. З цією метою доцільно використовувати довгострокові стаціонарні агротехнічні дослідження, які є інформаційною базою для визначення ефективності природних і антропогенних факторів та агроєкосистем. [4].

Водний режим є дуже важливим фактором, який лімітує родючість ґрунтів в умовах Степу України. Проблему водозабезпечення можна вирішити тільки шляхом удосконалення заходів, які гарантують максимальне накопичення, збереження і раціональне використання продуктивної вологи [5].

Серед системи заходів щодо припинення руйнування ландшафтної сфери, перш за все, слід вирішити питання оптимізації ерозійно-гідрологічної сталості ґрунтів у сучасних сівозмінах [6, 7].

Виходячи з вищевикладеного, ми спробували проаналізувати дію складників процесу вологонакопичення у ґрунтах і визначити параметри їх можливої оптимізації на прикладі одного степового агроландшафту.

Управління гідрологічним режимом ґрунтів на водозборі має протікати шляхом деталізації його за фазами (періодами) органогенезу сільськогосподарських культур у ґрунтозахисній системі: ґрунт → лісомеліорація → стокорегульвна здатність агрофонів.

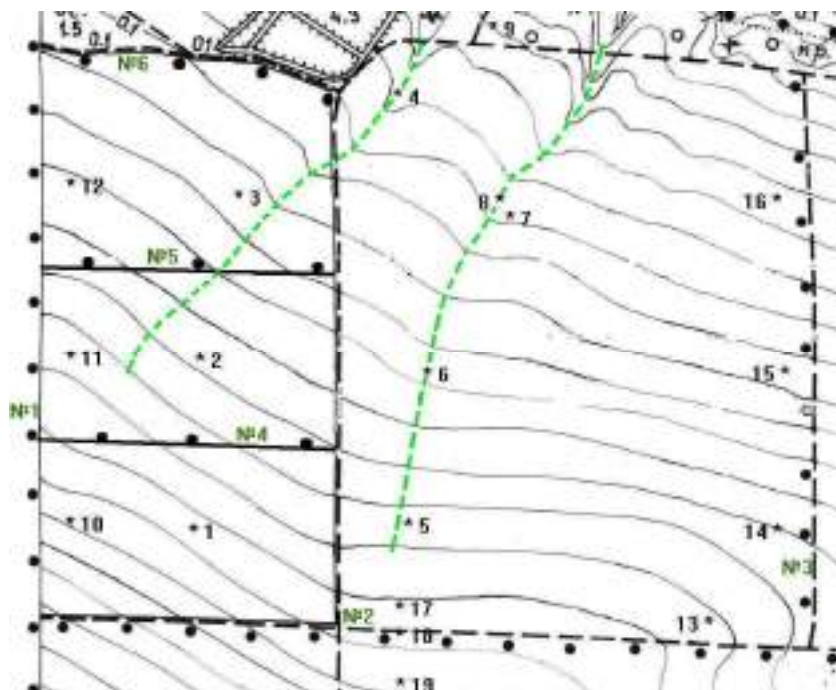
Раціональна організація територій землекористування господарств, зокрема, балкових водозборів, та ґрунтоводоохоронні прийоми разом з використанням агрозаходів ґрунтозахисної спрямованості забезпечать поглинання 10-15 мм стоку, посилення протиерозійної стійкості і зменшення ерозійних втрат ґрунту на 4-5 т/га до екологічно припустимого рівня 1,5-2,0 т/га. Урожайність зернових культур підвищиться на 4-5 ц/га, а соняшника – буде утримуватись стабільно на рівні 17-20 ц/га [6, 8].

Метою даної роботи є оцінка функціонування ґрунтоводоохоронного АЛ за гідрологічними показниками з адаптацією протиерозійного облаштування на водозборі.

Об'єкт дослідження – агроландшафт балкового водозбору з різними агрофонами та системою полезахисних лісосмуг.

Матеріали та методи досліджень. Географічно дослідження на локальному рівні представлено об'єктом балка "Стукалово" (північна експозиція схилу). Вивчається просторова структура агроландшафту на водозборі зі схилом крутістю 2–4°. На території агроландшафту існують такі угіддя: переліг, система ґрунтозахисних лісосмуг (старі та молоді, 2011 р.) та чотиріпільна сівозіміна (пар – озимина – зернобобові – соняшник), структура якої визначала розміщення агрофонів у часі та просторі за елементами АЛ. Ґрунт – чорнозем звичайний малогумусний

важкосуглинковий на лесоподібних суглинках (рис. 1).



*- точки
спостережень

Рис. 1. Об'єкт досліджень – водозбір балки “Стукалово”

Польові дослідження проведено згідно з традиційною схемою польових ґрунтових досліджень методом закладання ґрунтових розрізів та відбирання зразків згідно з ГОСТ 17.4.3.01-83 13.080.01 (Т58), ДСТУ 4287:2004, ДСТУ ISO 10381-1:2004, ДСТУ ISO 10381-4:2005 із застосуванням приладів GPS для визначення географічних координат.

У зразках ґрунту із шарів 0-10 та 10-20 см визначали протиерозійну стійкість, вміст гумусу, щільність будови, структурно-агрегатний склад. Вміст вологи визначали пошарово, через 10 см у шарі 0-100 см. Періодичність відбирання зразків – один раз кожного місяця протягом вегетації.

Аналітичні методи:

- структурно-агрегатний аналіз ґрунтових зразків – згідно з ДСТУ 4744:2007. Якість ґрунту. Визначання структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І. Саввінова;
- визначення вмісту вологи – термостатно-ваговим методом (за ГОСТ 28268-89);
- визначення вмісту гумусу, – за Тюрнімом, згідно з ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини.

Виявлення впливу факторів вологонакопичення в агроландшафті балкового водозбору та їх кількісна оцінка проведені залишковим методом, який дозволяє виявити ефект впливу кожного з них шляхом побудови парних залежностей та послідовного виключення впливу кожного з n-визначених факторів [6].

Аналіз результатів дослідження. У статті зроблено спробу оцінити параметри вологозабезпеченості ґрунту агроландшафту та параметри її оптимізування у критичні періоди вегетації (2011-2014 рр.): фаза посіву ранніх ярих культур (квітень); період формування врожаю (травень-червень); післязбиральний період (липень-серпень); період посіву озимих культур (вересень-жовтень).

Досліджувані показники та методи їх визначення. З метою моделювання вологозабезпечення та розрахунку параметрів фактори відібрано та згруповано таким чином (рис. 2):

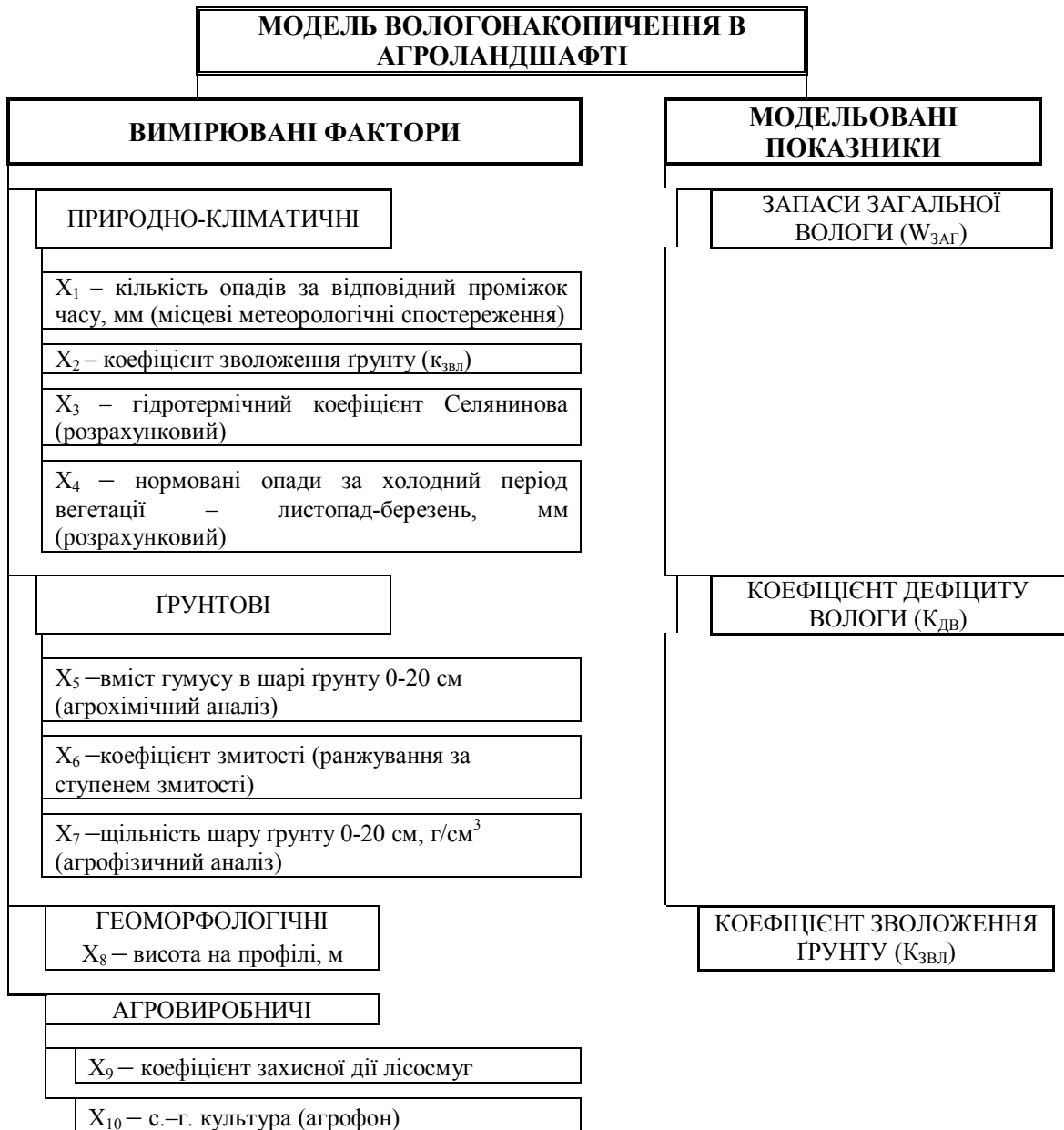


Рис. 2. Досліджувані фактори вологонакопичення в агроландшафті

Розглянемо формули і порядок розрахунку параметрів вимірюваних факторів, перелічених на рис. 2.

X₃ Гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК)

$$ГТК = \frac{10 \sum H}{\sum t} \quad (1),$$

де: H – опади за проміжок часу, мм; $\sum t$ – сума активних температур, °С.

X₂ Коефіцієнт зволоження ґрунту (K_{звг})

$$K_{звг} = \frac{W_{прод}}{0,7 * НВ} \quad (2),$$

де: W_{прод.} – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм; НВ – найменша вологоємність, мм. Градація НВ для ґрунтів різного ступеня змитості така: незмиті – 348, слабозмиті – 334, середньозмиті – 320, сильнозмиті – 308 мм [9].

Коефіцієнт дефіциту вологи ($K_{дв}$)

$$K_{дв} = 1 - K_{звл} \quad (3)$$

де: $K_{звл}$ – коефіцієнт зволоження ґрунту.

X_4 Нормовані опади – розрахунковий ($H_{норм}$)

$$H_{норм} = \frac{\sum N_{факт}(листопад-березень)}{\sum N_{середньобагаторічна}(листопад-березень)} \quad (4)$$

де: $\sum N_{факт}$ (листопад-березень) та $\sum N_{середньобагаторічна}$ – фактична та середня багаторічна суми опадів за відповідний проміжок часу.

Коефіцієнт захисної дії лісових насаджень ($K_{здлс}$):

$$K_{здлс} = \left(\frac{30h_1}{l_1} + \frac{30h_2}{l_2} + \frac{30h_n}{l_n} \right) \quad (5)$$

де: h_1, h_2, h_n – висота лісосмуг, м – прийнята 10 м; l_1, l_2, l_n – відстань від точок спостережень до відповідних лісових смуг чи насаджень, м.

X_6 Коефіцієнт змитості визначено ранжуванням груп ґрунтів за ступенем впливу на них ерозійних процесів, починаючи зі слабозмитих, як типових для об'єкту досліджень: слабозмиті – 1,00; слабозмиті-намиті – 1,05; середньозмиті – 1,08; намиті – 1,10; сильнозмиті – 1,22.

X_{10} Агрофон представлено коефіцієнтами, визначеними ранжуванням вологонакопичення (запаси загальної вологи, мм) за дослідними даними: дискування – 1,0; соняшник по озимим, зернобобовим і кукурудзі – 1,10; переліг – 1,17; озимі по стерньовим, зернобобові по озимим – 1,21; зернобобові по пару, ранні зернові та кукурудза по стерньовим – 1,25; лісосмуга – 1,28; зяб по озимим, стерньовим – 1,31; зяб безполицевий – 1,34; зяб полицевий по соняшнику – 1,36.

Далі представляємо моделі, якими охарактеризовано зв'язок зволоженості ґрунту з різними факторами впродовж вегетаційного періоду.

1. Модель вологозабезпечення ґрунтоводоохоронного агроланд-фшафту в квітні (фаза посіву ранніх ярих культур)

Для гідрологічного обґрунтування накопичення вологи в ґрунті в даному періоді вегетації на основі експериментальних даних були проаналізовані фактори, які впливають на цей процес ($Y_{зар}$) та розроблено математичну модель.

На рис. 3 (графік А) показано перший, найбільш тісний регресійний зв'язок між коефіцієнтом зволоження та агрофоном (X_{10}), апроксимований рівнянням $Y_1=0,2277 X_{10}^{1,656}$ за випадкових значень X_1 - X_9 , тобто за "інших різних умов".

Подальші регресійні зв'язки подані після послідовного виключення досліджуваних чинників: Y_2 – після X_{10}, X_{15} , Y_3 – після X_{10}, X_{15} та X_7 і так далі. При цьому залишковий результат значення коефіцієнта зволоження ґрунту у шарі 0-100 см (наприклад, Y_2) залежить від чинника X_5 при випадковому поєднанні ще не досліджених чинників X_4, X_7, X_8, X_9 . Подібні графічні регресії встановлені для решти чинників (рис. 3 В-Е).

Комплексна емпірична модель коефіцієнта зволоженості ґрунту в квітні місяці виражається рівнянням регресії (рис. 3):

$$Y_{заг} = A * X_{10}^{1,656} * X_4^{-0,6231} * X_8^{0,5514} * X_7^{-0,4896} * X_5^{0,1852} * X_9^{-0,0733} \quad (6),$$

де А – постійний коефіцієнт, який дорівнює 0,015.

Точність моделі: $E = 2,24$, коефіцієнт множинної кореляції $R = 0,964$.

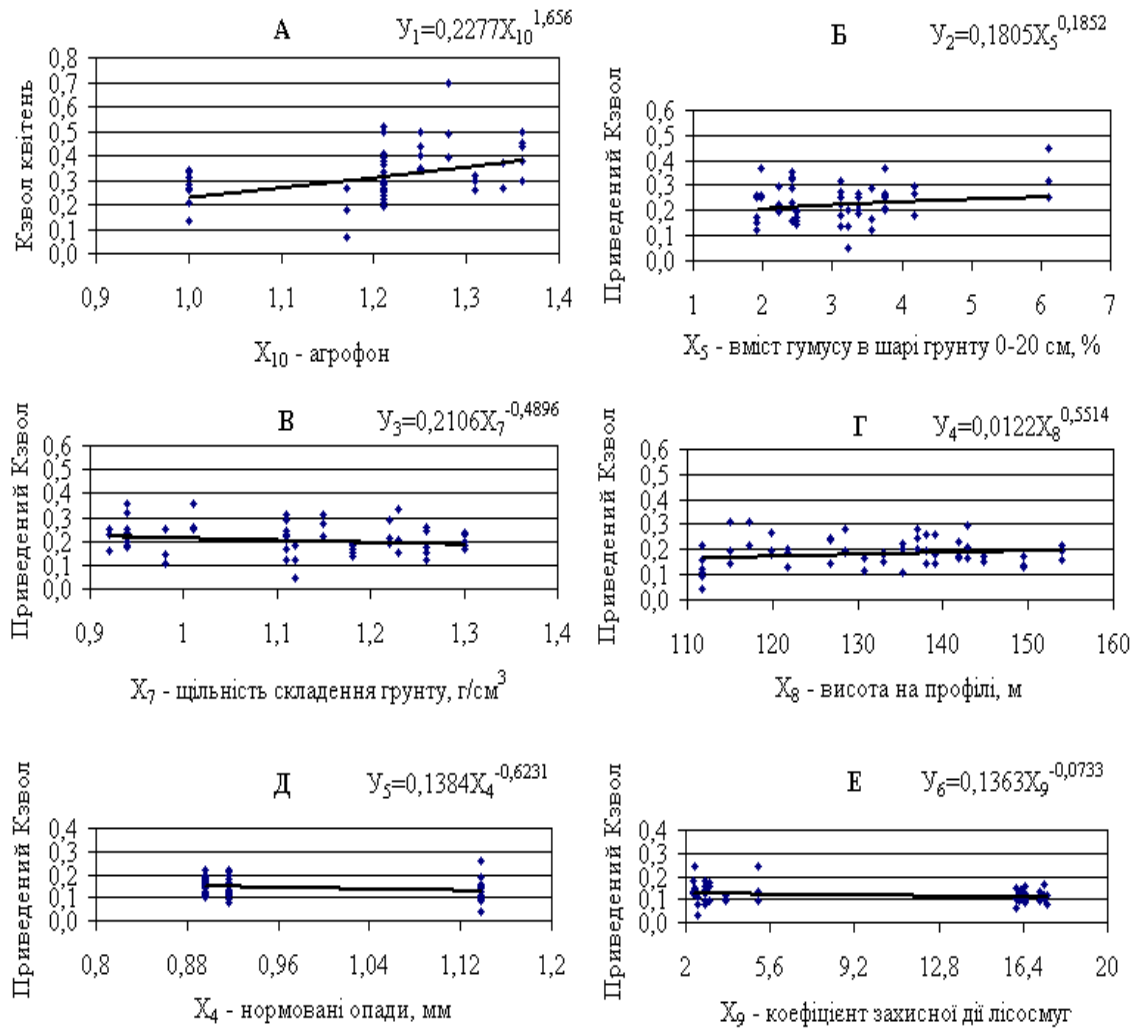


Рис. 3. Залежність коефіцієнта зволоженості ґрунту у шарі 0–100 см у квітні від:

А – агрофону (X_{10}), Б – вмісту гумусу (X_5), В – щільності будови ґрунту (X_7), Г – висоти на профілі (X_8), Д – нормованих опадів (X_4), Е – коефіцієнта захисної дії лісосмуг (X_9)

Для даного періоду вегетації виявлено провідні фактори впливу на вологонакопичення та ступінь їх впливу: X_{10} – агрофон (46,2 %) → X_4 – нормовані опади (17,4 %) → X_8 – висота на профілі (15,4 %) → X_7 – щільність будови ґрунту (13,7 %) → X_5 – вміст гумусу (5,2 %) → X_9 – коефіцієнт захисної дії лісосмуг (2,1 %).

Аналіз функціонування моделі показав таке:

Фактор X_{10} (агрофон) – зі збільшенням параметра показника у моделі підвищується коефіцієнт зволоження.

Фактори X_8 (висота на профілі) та X_5 (вміст гумусу) – параметри вказують на просторову диференціацію вологонакопичення (верх-середина-низ), поліпшення умов зволоження у привододільній зоні, на відміну від схилу нижче, а також, – поліпшення вологозберезувальних властивостей ґрунту зі збільшенням вмісту гумусу.

Фактор X_7 (щільність будови ґрунту) внаслідок багаторічного поверхневого обробітку на більшості агрофонів має значення 1,1–1,3 г/см³, тому відповідно, модель свідчить про зменшення коефіцієнта зволоження зі зростанням щільності.

Фактор X_4 (нормовані опади). Виявлене зменшення вологонакопичення за збільшення фактору X_4 у моделі свідчить про неоднорідність опадів та їх втрату через поверхневий стік.

Фактор X_9 (коефіцієнт захисної дії лісосмуг). Загальний аналіз впливу фактора на вологонакопичення показує недостатню лісозахисність об'єкту. При

цьому спостерігаємо дві окремі щільні групи точок з коефіцієнтами 2,3–5,6 (лісосмуги – поперек схилу) та 16,1–17,4 (лісосмуги – вздовж схилу) (рис. 3, Е).

Детальний аналіз вказує про позитивний вплив захисної дії лісосмуг, розташованих поперек схилу на зволоження ґрунту – польова зона (рис. 4. А) та негативний – за подовжнього розташування лісосмуг – прилегла зона (рис. 4, Б).

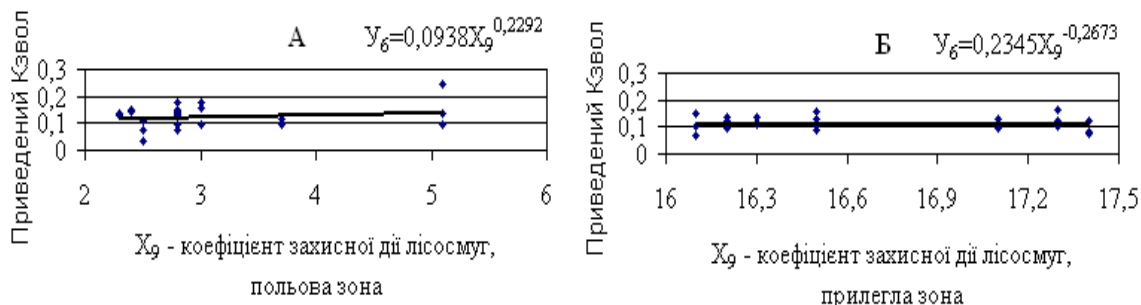


Рис. 4. Вплив коефіцієнта захисної дії лісосмуг на коефіцієнт зволоженості ґрунту (квітень): А – розташування лісосмуг поперек схилу, Б – уздовж схилу

2. Моделі вологозабезпечення ґрунтоводоохоронного агроландшафту за період травень-жовтень

Період формування врожаю (травень-червень). Комплексна емпірична модель коефіцієнта зволоженості ґрунту описується рівнянням регресії:

$$Y_{\text{Кзв}} = A * X_{10}^{-0,3925} * X_7^{0,203} * X_6^{0,0639} * X_3^{0,08} * X_2^{-0,0242} * X_9^{-0,0007} \quad (7),$$

де А – постійний коефіцієнт, який дорівнює 1,092. Точність моделі: E=0,127, коефіцієнт множинної кореляції R = 0,998.

Вплив факторів: X_{10} – агрофон (51,3 %) → X_7 – щільність будови ґрунту, г/см³ (26,5 %) → X_3 – ГТК_{V-VI} (10,4 %) → X_6 – коефіцієнт змитості ґрунту (8,4 %).

Фактор X_{10} (агрофон) – зі збільшенням параметра зменшується дефіцит вологи.

Фактор X_6 (коефіцієнт змитості ґрунту) негативно впливає на зволоженість ґрунту через погіршення його водно-фізичних властивостей внаслідок ерозійних процесів. Його нівелювання з диференціацією за агрофонами (фактор X_{10}) може суттєво зменшити дефіцит вологи та сприяти збільшенню врожаю.

Фактор X_9 (коефіцієнт захисної дії лісосмуг) на вологонакопичення у травні-червні позитивно впливає за розташування лісосмуг поперек схилу (польова зона) – дефіцит вологи зменшується; та негативно – за подовжнього розташування (прилегла зона) – дефіцит вологи збільшується, що зумовлено слабким вологонакопичувальним ефектом подовжніх лісосмуг: на прилеглій до них зоні, шириною до 50 м.

Післязбиральний період (липень-серпень). Комплексна емпірична модель коефіцієнта дефіциту ґрунтової вологи в липні-серпні описується рівнянням регресії:

$$Y_{\text{Кдв}} = A * X_6^{0,1984} * X_7^{0,1323} * X_3^{-0,1173} * X_8^{0,1169} * X_5^{-0,0389} * X_5^{0,0095} \quad (8),$$

де А – постійний коефіцієнт, який дорівнює 0,563.

Точність моделі: E = 0,44; коефіцієнт множинної кореляції R= 0,993.

Вплив факторів: X_6 – коефіцієнт змитості (28,6 %) → X_7 – щільність будови ґрунту (19,1 %) → X_5 – вміст гумусу (17,0 %) → X_3 – ГТК_{VI-VII} (17,0 %).

Дія фактора X_9 (коефіцієнт захисної дії лісосмуг) на вологонакопичення у липні-серпні підтверджує позитивний вплив захисної дії лісосмуг, розташованих поперек схилу (польова зона) – дефіцит вологи зменшується, а за подовжнього розташування лісосмуг (прилегла зона) – дефіцит вологи збільшується. Для зменшення негативного впливу подовжніх лісосмуг доцільно застосування комплексу

ґрунтоохоронних заходів (зменшення ущільнення ґрунту ґрунтообробною технікою, збільшення водозатримувальних заходів у прилеглий до лісосмуг зоні).

Період сіви озимих (вересень-жовтень). Комплексна емпірична модель коефіцієнта зволоженості ґрунту у вересні-жовтні описується рівнянням регресії:

$$Y_{\text{Кдв}} = A * X_{10}^{-0,8869} * X_3^{-0,1066} * X_6^{0,0076} \quad (9),$$

де А – постійний коефіцієнт, який дорівнює 0,983. Точність моделі: E=0,29, коефіцієнт множинної кореляції R= 0,995.

Вплив факторів: X_{10} – агрофон (88,8%) → X_3 – ГТК_{IX-X} (10,7%) → X_9 – коефіцієнт захисної дії лісосмуг (0,5%).

Фактор X_9 (коефіцієнт захисної дії лісосмуг). Дія фактора на вологонакопичення у вересні-жовтні дещо змінюється порівняно з попередніми періодами вегетації сільгоспкультур – спостерігається позитивний вплив обох груп, але у варіанті лісосмуг, розташованих упоперек схилу, зменшення дефіциту води більш явно виражено.

Порівняльний аналіз вологозабезпеченості агроландшафту в період вегетації (квітень-жовтень) дозволяє виявити провідні групи факторів управління гідрологічним режимом ґрунтів (рис. 5):

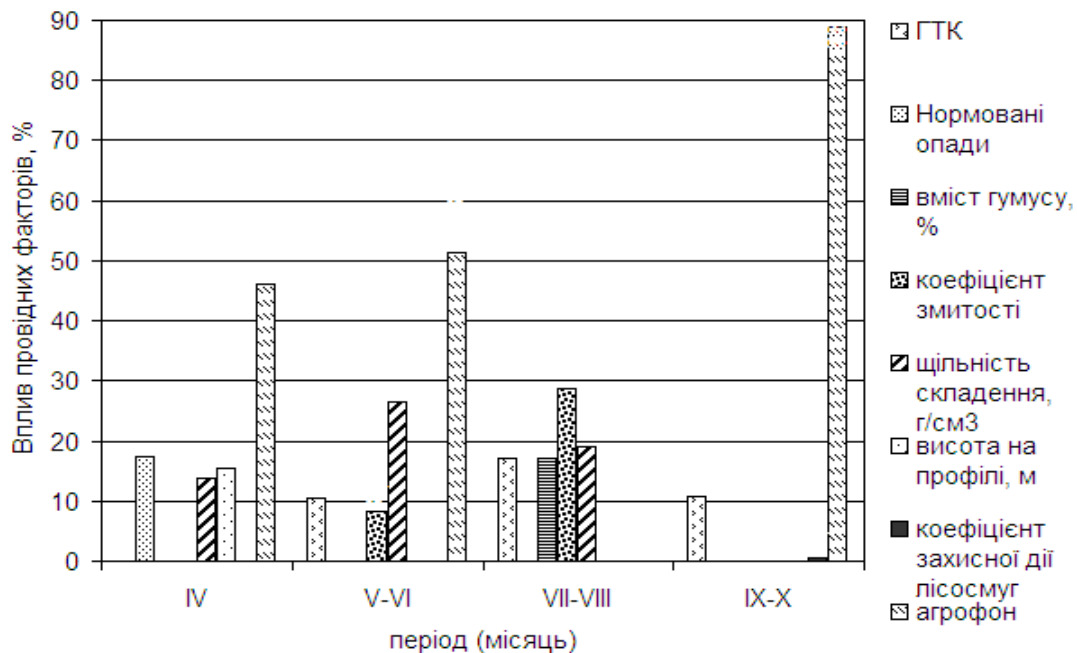


Рис. 5. Провідні фактори вологозабезпечення агроландшафту

При цьому негативна роль природного фактору (X_3) – ГТК зміщується від відсутності впливу в період посіву ранніх ярих культур до 10,4 % – в період формування врожаю, 17 % – в післязбиральний період та 10,7 % – у період сіви озимих. Екстремальність цих періодів пом'якшується заходами з поліпшення властивостей ґрунтів (щільність будови, змитість та вміст гумусу).

Таким чином, оптимізацію гідрологічних параметрів ґрунтів доцільно проводити за такими напрямками:

- Застосування вологонакопичувальних та вологозберезувальних агротехнологій;
- Розущільнення гумусового та верхнього перехідного горизонтів еродованих ґрунтів;
- Підвищення ґрунтозахисного впливу лісосмуг у просторовій організації водозбору.

Висновки

1. Теоретично обґрунтовано результуючий показник оцінки функціонування агроландшафту – вологозабезпеченість ґрунту. Фактори впливу на цей показник згруповані в блоки: *природнокліматичні* – зволоження ґрунту, кількість опадів, середня температура повітря, ГТК Селянинова, нормовані опади, коефіцієнт; *ґрунтові* – вміст гумусу в шарі ґрунту 0-20 см, коефіцієнт змитості ґрунту, щільність будови в шарі ґрунту 0-20 см; *геоморфологічні* – висота на профілі; *агровиробничі* – коефіцієнт захисної дії лісосмуг, агрофон.

2. Накопичення вологи за осінньо-зимовий період зумовлюється, перш за все, агрофоном і нормованими опадами (46,2 та 17,4 % відповідно) і висотою на профілі та щільністю будови ґрунту (15,4 та 13,7 %). Низькі вміст гумусу в ґрунті та захищеність водозбору лісосмугами слабо впливають на зволоження ґрунту в цей період.

3. Негативна роль природного фактору (X_3) – ГТК зміщується від відсутності впливу в період посіву ранніх ярих культур до 10,4 % – в період формування врожаю, 17 % – в післязбиральний період та 10,7 % – у період сівби озимих. Його екстремальність у ці періоди пом'якшується заходами з поліпшення властивостей ґрунтів (щільність будови, змитість та вміст гумусу).

4. Для характеристики впливу лісосмуг на вологонакопичення запропоновано інтегрований показник – коефіцієнт захисної дії лісосмуг, який розраховують через висоту лісосмуги і відстань до неї

Список використаної літератури

1. *Медведев В.В.* Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины / В.В. Медведев, И.В. Плиско // Харьков: Изд-во "13 типография": – 2006.
2. *Черенков А.В.* Урожайность. Когда засуха уже не случайность / А.В. Черенков и др. // Зерно, №11, 2011. – С. 38–45.
3. *Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року* / за ред. Ю.О. Лупенка, В.Я. Месель-Веселяка. – К.: ННЦ "ІАЕ", 2012. – 182 с.
4. *Тараріко Ю. О.* Вплив агротехнічних і агрометеорологічних факторів на продуктивність агроєкосистем / Ю. О. Тараріко, А. В. Чернокозинський, Р. В. Сайдак // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 5. – С. 64–67.
5. *Медведев В.В.* / Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур // В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова, Л.В. Донцова Л.В. // Харьков: Апостроф, 2011. – 224 с.
6. *Белолипский В.А.* Эколого-гидрологический анализ почвооохранных агроландшафтов Украины / В.А. Белолипский, С.Ю. Булыгин // Почвоведение. - 2009. – №6. – С. 733-743.
7. *Зубець М.В.* Ерозія: стан та шляхи розв'язання проблеми / М.В. Зубець, С.А. Балюк, Д.О. Тимченко // Вісн. аграр. науки. – 2008. – №3. – С. 8–12.
8. *Тараріко О.Г.* Охрана та відновлення деградованих ґрунтів відповідно проекту ґрунтової директиви Євросоюзу / О.Г. Тараріко, В.О. Греков, В.М. Панасенко // Вісн. аграр. науки. – 2011. – №5. – С. 9–13.
9. *Шелякин Н.М., Белолипский В.А., Головченко И.Н.* Контурно-мелиоративное земледелие на склонах. – К.: Урожай, 1990. – 168 с.

Стаття надійшла до редколегії 09.08.2015

EVALUATION OF MOISTURE ACCUMULATION IN SOILS OF STEPPE AGRICULTURAL LANDSCAPES

V. Belolipskiy, N. Polulyakh

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
(belolipskiy-42@mail.ru)

The purpose. Quantification of hydrological parameters of soil water protection agrolandscape (AL) adaptation arrangement anti-erosion in the catchment area.

Methods. Laboratory and field, mathematical and statistical modeling AL.

Results. Operation AL defined soil hydrological parameters, natural and built environment (density of addition, soil, rainfall, the coefficient of the protective effect of windbreaks, soil fertility).

Designed empirical coefficient model soil moisture in the month of April; the coefficient of moisture deficit in May and June, July and August, September and October.

Conclusions. Evaluation of the functioning of the AL and its optimization can be carried out according to the model of soil moisture for the selected period of vegetation. Models of the functioning of soil water guarding agrolandscape will allow for natural and anthropogenic grouping AL deficit of available moisture (0.7 FWC) and offer differentiated issues incorporated for specific agricultural growing seasons cultures.

Keywords: *agrolandscape, agrobbackground, modeling, vegoose-sufficiency, optimization, factors, methods, coefficient, deficit.*

УДК 631.4

ОЦЕНКА ЭКОМОРФОГЕНЕЗА ПЕДОЗЕМА И ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТВЕРДОСТИ

А.В. Жуков, Г.А. Задорожная

**Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
Днепропетровск, Украина, (zadorojhnaya_galina@list.ru)**

Исследована вариабельность твердости педозема и чернозема обыкновенного. Методами описательной статистики установлено сходство абсолютных значений и динамики изменения средних значений твердости изученных почв, а также противоположная динамика изменений коэффициента вариации по профилю в разных почвенных субстратах. Динамика геостатистических характеристик в педоземе и черноземе существенно отличается, что выражается в различиях линейных размеров морфологических структур, являющихся элементами неоднородности. Вводится понятие почвенной экоморфы, как обусловленной средой структурной формы развития почвы.

Ключевые слова: *твердость почвы, чернозем, педозем, рекультивация, экоморфы.*

Введение. Педозём – это тип технозёмов, при формировании которого используется насыпка гумусированного материала, полученная при снятии верхних горизонтов почв в местах добычи полезных ископаемых открытым способом. Гумусированный материал наносится на слой из грунтов либо технологической смеси горных пород. Мощность гумусированного слоя должна соответствовать мощности гумусированных горизонтов зональных почв для воссоздания почвенного покрова, по своим производственным свойствам соответствующего нарушенным землям, ранее существовавшим на месте горной разработки. Таким образом, педозёмы должны быть техногенными аналогами зональных почв при их сельскохозяйственном использовании [1-5].

По функциональности рекультивированные земли могут превзойти исходный почвенный покров. В некоторых работах говорится о позитивной динамике плодородия педозёмов при правильной агротехнике и формировании предпосылок для получения стабильных высоких урожаев, иногда превосходящих уровень, получаемый с зональных почв [6]. Но в структурном отношении рекультоземы значительно отличаются от природных аналогов на всех пространственно-иерархических уровнях. Вскрышные горные породы, которые разрабатываются даже из одного стратиграфического яруса, не могут быть охарактеризованы как однородные субстраты. Современный технологический процесс вскрыши надрудной толщи геологических отложений не предусматривает селективную разработку каждого яруса отдельно. Технологическим оборудованием за один проход разрабатывается 6–8 м геологической толщи, в состав которой входят разнокачественные по составу и свойствам горные породы. Это обуславливает формирование отвалов с различными эдафическими характеристиками [1]. Таким образом, вертикальная неоднородность толщи горных пород в результате техногенеза преобразуется в горизонтальную неоднородность физических, физико-

химических и технологических свойств рекультивируемых земель. Значительная горизонтальная неоднородность на различных масштабных уровнях является характерным свойством рекультоземов. Созданные педозёмы демонстрируют изменчивость своих свойств в пространстве, во времени и в результате почвообразовательного процесса. В естественных биогеоценозах пространственная изменчивость свойств приводит к пестроте экологических условий и играет положительную роль в функционировании микробо-, фито- и зооценоза [1, 7, 8]. Использование рекультивационных земель в качестве сельскохозяйственных угодий существенно меняет роль неоднородности. При достижении элементами неоднородности настолько крупного размера, что это приводит к пестрополю, а вместе с тем и к недобору урожая, неоднородность почвенного покрова оказывается явлением сугубо вредным [9].

Интегрированным показателем, который отражает неоднородность комплекса почвенных свойств, может выступать твердость почвы [10] – физический показатель, отражающий ее способность в естественном сложении сопротивляться сжатию и расклиниванию. Твердость почвы напрямую влияет на формирование структуры растительного покрова [10]. Формируя благоприятную или ограничивающую среду для развития корневой системы, регулируя направление потоков влаги, твердость почвы влияет на бонитет растений и их видовой состав [7, 8]. Непосредственно и путем формирования растительного покрова твердость влияет на структуру животного населения, воздействуя на количественный и качественный состав популяций данной территории [11], а также на формирование структуры популяций педобионтов [7]. Кроме всего вышеперечисленного следует отметить, что изучение твердости почвы помогает оценить количественную сторону почвенных экоморфических явлений. Во время исследования твердости рекультоземов нами был обнаружен новый для почвоведения класс морфоструктур [12, 13]. Это цельные части почвенного тела, имеющие индивидуальные параметры, характер взаимодействия, выходящие по размерам за пределы горизонтов. Структурная целостность, индивидуальность, зависимость от экологических условий дает основание отнести выявленные нами эдафические структурные элементы к разряду почвенных экоморф. Наличие почвенных экоморф показано нами при описании строения дерново-литогенных почв на серо-зеленых глинах, красно-бурых глинах и на лессах. Установлено наличие их функциональной роли в экосистеме в аспекте пространственной организации растительности [12, 13]. Иначе говоря, изучение пространственной неоднородности твердости почвы позволяет увидеть особенности строения почвы, связанные с ее экологической ролью в экосистеме. Мы полагаем, что дальнейшее развитие учения об экоморфических особенностях почвы дополнит наши познания о пространственной неоднородности почвенных экологических условий, поможет построению полноценных прогнозов почвообразования в техноземах, разработке эффективных и адекватных технологических приемов для оптимизации пространственной неоднородности.

Целью настоящей работы является обоснование существования внегоризонтных морфологических образований в педоземе и их сравнительный анализ с элементами строения зональной почвы (чернозема обыкновенного) на основе изучения пространственного варьирования показателей твердости.

Объекты и методы исследований. Сбор материала на педоземе проводился 13 июня 2013 г. на участке рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна в г. Орджоникидзе. Название почвы дано по Л.В. Етеревской и соавт. [14]. Полевые исследования на черноземе обыкновенном проводились 3 июля 2013 г. на степном участке, примыкающем к склону балки Камянистая (южная окраина г. Днепропетровск).

Каждый из опытных полигонов представляет собой регулярную сетку с размером ячеек – 3 м и состоит из 7 трансект по 15 проб. Соответственно размер полигона в обоих местах идентичен и составляет 42 м × 18 м.

Измерение твердости почв проводится в полевых условиях с помощью ручного пенетromетра Eijkelkamp на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Основной рабочей частью твердомера является плунжер, навинченный на нижний конец штока, который с помощью рукоятки сквозь измеряющую пружину вталкивается в исследованную почву. При этом измеряющая пружина сжимается пропорционально величине сопротивления деформации почвы [15]. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет $\pm 8\%$. Измерения твердости почвы сделаны конусом поперечного сечения 2 см² в каждой ячейке полигона. При статистических расчетах были использованы программы Statistica 7.0, Origin 6.0 Professional, для оценки геостатистических показателей и картографирования – программа Surfer 8.0.

Результаты и обсуждения. Общие закономерности, обнаруженные во время исследований на педоземе и черноземе обыкновенном, выявляются с помощью описательной статистики данных твердости почв. Средние значения твердости закономерно увеличиваются с глубиной от значений $2,20 \pm 0,09$ МПа в слое 0-5 см до $6,34 \pm 0,24$ МПа в слое 45-50 см в педоземе и от $1,58 \pm 0,06$ МПа до $6,64 \pm 0,18$ МПа в черноземе обыкновенном (рис. 1, А). С вероятностью 95 % интервал с границами 2,02–6,81 МПа твердости в педоземе и 1,46–7,00 МПа – в черноземе обыкновенном перекрывает средние значения, что не выявляет достоверных различий изучаемого показателя между опытными полигонами. Однако, вариативность у показателей твердости изученных почв по слоям существенно отличается. В черноземе обыкновенном наибольшие значения коэффициента вариации изучаемого признака наблюдаются в верхних слоях почвы (0-20 см от поверхности), где вариативность признака достигает 30,66–37,97 % (рис. 1, Б).

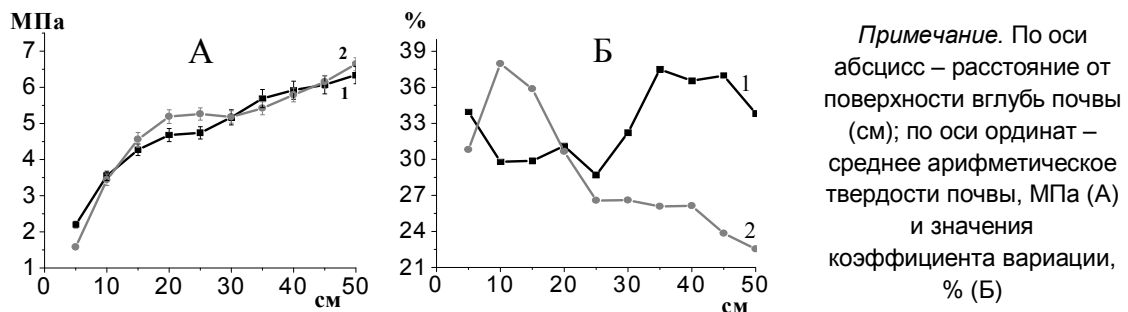


Рис. 1. Вариативность описательных статистик твердости педозема (1) и чернозема обыкновенного (2)

В нижних изученных слоях чернозема изменчивость коэффициента вариации показателей твердости уменьшается до 22,54 % в слое 45-50 см от поверхности. Этот результат вполне ожидаем: почва поверхностных слоев поддается воздействию большего количества факторов, которые влияют на ее неоднородность. Ими являются атмосферные явления, жизнедеятельность растений и животных, антропогенные воздействия, а вглубь по профилю почва становится более гомогенной. В педоземе наибольший разброс показателей твердости встречается в поверхностном слое (0-5 см) и в слоях ниже 30 см от поверхности. Вероятно, на вариативность изучаемого признака молодой почвы воздействие оказывают несколько иные факторы. Ими могут быть примеси литологического характера, неизбежно присутствующие в верхнем слое педозема после его формирования [1], влияние нижележащих слоев почвы, состоящих из технической смеси глин, трещиноватость рекультивируемых почв [2], и т.д. Также, причиной большого

разброса показателей твердости нижних слоев педозема может быть методическая особенность измерения твердомером: показания прибора резко изменяются при попадании плунжера на образования повышенной твердости. Такими образованиями являются агрегатные отдельности глыбистой фракции в педоземах. Как установлено нами ранее, содержание глыбистой фракции здесь колеблется в пределах 20,05-47,98 % [16].

Усреднение показателей дает общее представление о почвенных свойствах, но не позволяет оценить особенности их расположения в пространстве. Для выявления закономерностей пространственного распределения показателей твердости почвы был применен геостатистический анализ и такие его статистики как нагетт-эффект, «порог», уровень пространственной зависимости и радиус влияния.

Нагетт-эффект отражает непространственную компоненту изменчивости признака и увеличивается с глубиной в почвенных показателях обоих опытных участков (рис. 2, А). Частичный порог отражает пространственную зависимость (рис. 2, Б). Совместный учет частичного порога и нагетт-эффекта позволяет оценить уровень пространственной зависимости (показатель SDL, или пространственное отношение) (рис. 2, В) и дает возможность судить о наличии закономерности изменения изучаемого признака в зависимости от расположения в пространстве.

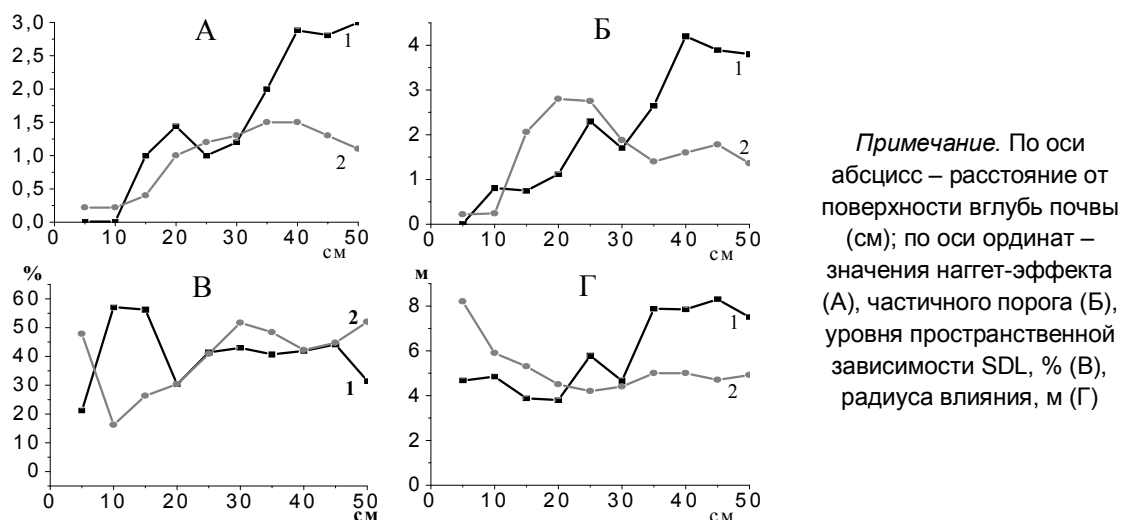


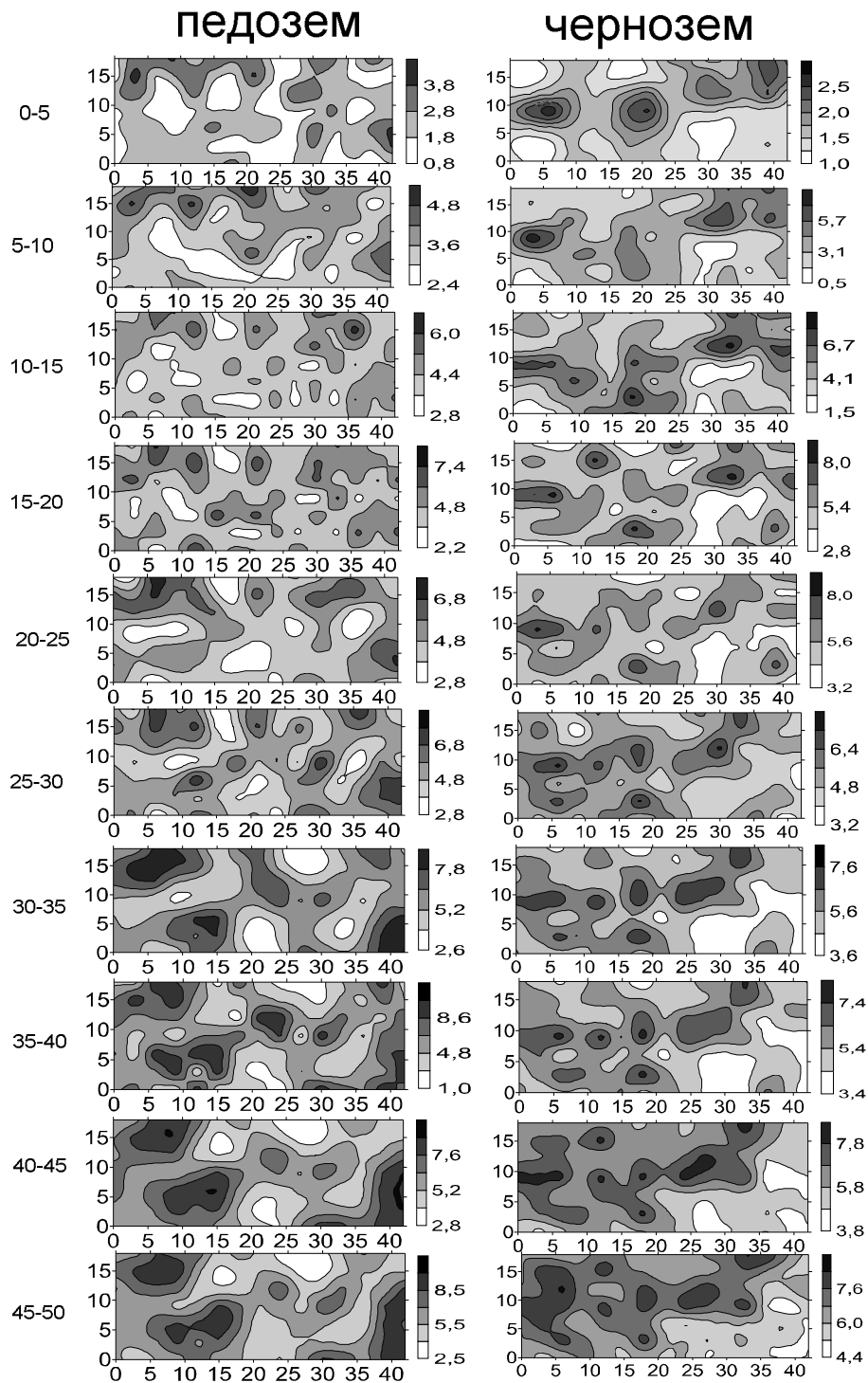
Рис. 2. Динамика геостатистических параметров твердости педозема (1) и чернозема обыкновенного (2) по профилю.

Если SDL находится в пределах 0–25 %, то речь идет о сильной пространственной зависимости, 25–75 % – умеренной, 75 % – слабой [17]. Данные, полученные в нашем эксперименте, в общем, обладают средней степенью пространственной зависимости. Наиболее низкие значения SDL наблюдаются в распределении показателей твердости педозема в поверхностном слое и в слое 5-10 см от поверхности в черноземе обыкновенном, что говорит о наиболее высоком уровне пространственной зависимости в этих слоях в сравнении с остальными. Причиной снижения формальной оценки пространственной зависимости в ниже расположенных слоях может быть выход за пределы разрешающей способности стратегии отбора проб пространственных структур изучаемого явления или процесса. Выход для решения такого рода проблем – адаптивная стратегия отбора проб [18, 19].

Радиус влияния – это расстояние, в пределах которого наблюдается взаимосвязь между точками пространства по изучаемому признаку. Этот показатель отражает средние линейные размеры морфологических структур, являющихся элементами неоднородности. Для показателей твердости педозема его величина колеблется в пределах 3,80–8,30 м, а для показателей чернозема обыкновенного –

4,20–8,20 м. Согласно величине радиуса влияния в педоземе данные морфоэлементы мельче в верхних слоях. С углублением вниз по профилю их размер имеет выразительную тенденцию к увеличению. В черноземе обыкновенном, напротив, диаметр обговариваемых морфологических образований наибольший в поверхностном слое. Уменьшаясь вниз по профилю до уровня 20 см, в нижних изученных слоях (20–50 см) он остается почти неизменным.

Для удобства восприятия построены карты, которые позволяют визуализировать эти морфоэлементы и их взаимное расположение (рис. 3).



Примечание. 0-5, ..., 45-50 – расстояние от поверхности вглубь почвы, см. По оси абсцисс – длина полигона, м, по оси ординат – ширина полигона, м.

Рис. 3. Карты пространственного распределения показателей твердости почвы по слоям в 2012 и 2013 годах.

На представленных картах темным цветом обозначены места повышенной твердости. Их взаимное расположение определяет строение почвы и ее морфоэлементов. Твердые образования располагаются в более мягком почвенном материале, который обозначен на картах светлым цветом. Вероятнее всего здесь формируются преимущественные потоки влаги. С продвижением вглубь форма и размеры морфоэлементов изменяются: в педоземе их срезы укрупняются, а в черноземе обыкновенном – несколько уменьшаются книзу. Иначе говоря, в трехмерном пространстве элементы строения педозема имеют конусообразный вид с узкой верхней частью и массивным основанием. В черноземе обыкновенном крупные сверху морфоэлементы несколько сужаются и с глубины 20 см остаются относительно одинаковыми до глубины 50 см, о чем свидетельствует и величина радиуса влияния (рис. 2, Б). Строение морфоэлементов не является постоянным и видоизменяется со временем, о чем было сказано в наших предыдущих работах [12, 13]. Мы предполагаем, что путем формирования подобного строения почва, как природное тело, приспосабливается к выполнению своей экологической роли в экосистеме. Широкие основания, предположительно, могут быть элементами устойчивости и противозерозионной стабильности. Также, повышенная твердость нижних слоев педозема может быть результатом миграции солей из технологической смеси глин, расположенной непосредственно под насыпным гумусированным слоем [20]. Чередование участков с повышенной и пониженной твердостью в верхних слоях почвы создает пространственную неоднородность экологических условий для существования, динамики и разнообразия биоценозов, и выступает как неперемное условие нормального функционирования и устойчивости экосистем.

Изучение пространственной неоднородности твердости педозема и чернозема обыкновенного позволило выявить структурно индивидуальные объекты, которые являют собой внегоризонтные морфоструктуры, не описанные ранее ни в одной из систем классификации элементов организации почвы [21, 22]. Подобные элементы строения почвы найдены нами и в других типах почв [12, 13]. При исследовании дерново-литогенных почв на лессах нами выявлена связь варьирования показателей твердости с пространственной организацией растительности [13]. Установлено что безусловным «драйвером» процесса формирования строения почвы является растительность, которая оказывает упорядочивающее воздействие на почвенное тело. В свою очередь, структурированность почвенного тела создает разнообразие экологической ниши растительного сообщества, в рамках которой протекают динамические перестройки растительного покрова. При изменении во времени строения почвы эта зависимость сохраняется, что подтверждает экологическую обусловленность габитуальной морфологии найденных почвенных отдельностей и дает нам основания ввести понятие «почвенная экоморфа».

Термин «экоморфа» применяется нами по аналогии с экоморфами растений [23-25]. Понятие почвенной экоморфы отражает фактическое состояние почвы как системы ее адаптации к внешним условиям, значительной частью которых является воздействие живых организмов и прежде всего растительности. На наш взгляд почвенные экоморфы представляют собой обусловленные средой структурные формы развития почвы, и в качестве таковых, они принадлежат к числу важнейших неотъемлемых элементов почвообразования. В соответствии с выполняемыми почвой функциями в биогеоценозе посредством описанных морфологических преобразований в любой момент времени обеспечиваются необходимые формы контакта почвы с окружающей средой. Неоднородность твердости почвы создает основу для конвергентного развития почвенных габитуальных форм и обеспечивает экологически значимый комплексный результат в масштабах целостной почвенной системы – формирование экоморф.

Исследуя экоморфогенез двух разных почв, мы наблюдаем параллельный вариант развития почвообразовательного процесса, осуществленный на различной генетической основе, в виде появления аналогичных форм строения. В этой аналогии нет полного подобия, однако сохраняется общий смысл почвенной экоморфы, как потенциально возможного пути развития строения различных почв. Экоморфические характеристики педозема отличаются от таковых чернозема обыкновенного. При схожих описательных статистических параметрах, динамика геостатистических характеристик в педоземе и черноземе существенно отличается, что выражается в различиях размеров и формы почвенных экоморф разных субстратов. Обнаруженные нами морфологические элементы педозема обладают собственными размерами, структурной целостностью, индивидуальностью, характером взаимосвязи. Они отделены от смежного почвенного пространства градиентными границами, которые относят к наиболее «естественным», поскольку их положение в почвенном пространстве в наименьшей мере зависит от позиций и взглядов исследователя [9], что подтверждает реальность феномена почвенной экоморфы.

Выводы

1. Средние значения твердости закономерно увеличиваются с глубиной со значений $2,20 \pm 0,09$ МПа в слое 0-5 см до $6,34 \pm 0,24$ МПа в слое 45-50 см в педоземе и от $1,58 \pm 0,06$ МПа до $6,64 \pm 0,18$ МПа в черноземе обыкновенном. Наибольшие значения коэффициента вариации показателей твердости чернозема обыкновенного наблюдаются в верхних слоях почвы (0-20 см), где вариативность признака достигает 30,66-37,97 %. В педоземе наибольший разброс показателей твердости встречается в поверхностном слое (0-5 см) и в слоях ниже 30 см от поверхности.

2. Полученные данные обладают средней степенью пространственной зависимости. Наиболее низкие значения пространственного отношения SDL наблюдаются в распределении показателей твердости педозема в поверхностном слое и в слое 5-10 см от поверхности в черноземе обыкновенном, что говорит о наиболее высоком уровне пространственной зависимости в этих слоях в сравнении с остальными.

3. В обеих изученных почвах обнаружены внегоризонтные морфологические структуры, являющиеся элементами неоднородности. Динамика показателя «радиус влияния» по профилю позволяет говорить о различиях в строении обнаруженных структур. В педоземе данные морфоэлементы мельче в верхних слоях, а с углублением их размер увеличивается. В черноземе обыкновенном, напротив, диаметр обговариваемых морфологических образований наибольший в поверхностном слое. Уменьшаясь вниз по профилю до уровня 20 см, в нижних изученных слоях (20-50 см) он остается почти неизменным.

4. Вводится понятие почвенной экоморфы, как обусловленной средой структурной формы развития почвы.

Список использованной литературы

1. *Пространственная экология и рекультивация земель* / [Демидов А.А., Кобец А.С., Грицан Ю.И., Жуков А.В.] – Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А.Л.», 2013. – 560 с.
2. Жуков О.В. Фізичні властивості рекультоземів Нікопольського марганцеворудного басейну / О.В. Жуков, Г.О. Задорожня, І. В. Лядська // Питання Степового лісознавства та лісової рекультивациі земель, 2014. Вип. 43. – С. 93-102.
3. Ergüler Z.A. Relative contribution of various climatic processes in disintegration of clay-bearing rocks / Z.A. Ergüler, and A. Shakoor // *Engineering Geology*, Kariuki and van der Meer, 2004. – № 108. – P. 36-42.
4. Бекаревич Н. Е. Породы надрудной толщи и их агробиологическая оценка / Н.Е. Бекаревич // *О рекультивации земель в степи Украины*. – Днепропетровск: Промінь, 1971. – С. 20-37.
5. Nettleton W.D. Gypsiferous soils of the western United States. In *Asid sulfate weathering* / Nettleton, W. D., R. E. Nelson, B. R. Brasher, P. S. Derr J.A. Kittrick, D.S. Farning add L.R. Hossner // *Soil Science Society of America Publication*, 1982. – № 10. – P. 147-68.
6. Демидов А.А. Пространственная вариабельность агрегатного состава техноземов / А.А. Демидов, Ю.И. Грицан, А.В. Жуков // *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. – 2010, № 2. – С. 11-19.

7. Андрусевич К.В. Экоморфическая характеристика мезофауны дерново-литогенных почв на серо-зеленых глинах участка рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна / К. В. Андрусевич // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – Симферополь. – 2014. – Т. 27 (66), № 2. – С. 11-20.
8. Бондарь Г.А. Экологическая структура растительного покрова, сформированного в результате самозарастания дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках / Г.А. Бондарь, А.В. Жуков // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011. – № 1. – С. 54-62.
9. Дмитриев Е. А. Теоретические и методологические проблемы почвоведения / Е.А. Дмитриев. – М.: ГЕОС, 2001. – 374 с.
10. Медведев В.В. Твердость почвы / В.В. Медведев. – Харьков: КП «Городская типография». – 2009. – 152 с.
11. Жуков А.В. Влияние эдафических факторов на обилие популяции моллюсков *Vallonia pulchella* в дерново-литогенных почвах на красно-бурых глинах / А. В. Жуков, К. В. Андрусевич // Zoocenosis-2013. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах. VII Міжнародна наукова конференція. Україна, Дніпропетровськ, ДНУ, 22–25.10.2013 р. – С. 139–138.
12. Жуков О.В. Экоморфична організація ґрунтового тіла: геостатистичний підхід / О.В. Жуков, Г.О. Задорожна // Біологічні студії, 2015. – Том 9, № 3. – С. 34–49.
13. Жуков А.В. Роль внегоризонтных почвенных морфоструктур в организации растительности дерново-литогенных почв на лёссовидных суглинках (Никопольский марганцево-рудный бассейн) / А. В. Жуков, Задорожная Г.А. // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, 2015. – Вип. 25. – С. 68-80.
14. Єтеревська Л.В. Рекультивовані ґрунти: підходи до класифікації і систематики / Л. В. Єтеревська, Г. Ф. Момот, Л. В. Лехцієр // Ґрунтознавство, 2008. - Том. 9, № 3. - С. 147-150.
15. Козлов Д.Н. Традиции и инновации в крупномасштабной почвенной картографии / Д.Н. Козлов, Н.П. Сорокина / Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. – М.: Из-во Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, 2012. – С. 53-57.
16. Жуков А.В. Агрегатная структура техноземов Никопольского марганцево-рудного бассейна / А.В. Жуков, Г.А. Задорожная, И.В. Лядская // Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького – 2013. – Т. 3, № 3. – С. 274-286.
17. Cambardella C.A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F., Konopka A.E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils // Soil Science Soc. Am. J. 1994. Vol. 58. Pp. 1501–1511.
18. Жуков А.В. Оптимальная стратегия отбора почвенных образцов на основании данных об электрической проводимости техноземов / А.В. Жуков, Г.А. Задорожная, Е. В Андрусевич // Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2012, № 4. - С. 64-80
19. Балюк Ю.А. Адаптивная стратегия отбора проб для оценки пространственной организации сообществ почвенных животных урбанизированных территорий на различных иерархических уровнях / Балюк Ю.А., Кунах О.Н., Жуков А.В., Задорожная Г.А., Ганжа Д.С. // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого – 2014. – № 4 (3). – С. 8-33.
20. Таріка О.Г. Агроєкологічне обґрунтування освоєння і використання лесоподібного суглинка при рекультивації земель в Нікопольському марганцеворудному басейні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к. с.-г. н.: спец. 03.00.16 «екологія» / О.Г. Таріка – Дніпропетровськ, 2006. – 25 с.
21. Захарченко А.В. Топографическая и физическая лужистость почвенных слоев / А.В. Захарченко, И.Н. Росновский, Д.А. Ивлев // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – 300 (II). – С. 153-159.
22. Розанов Б.Г. Морфология почв: Учебник для высшей школы / Б.Г. Розанов. Москва: "Академический проект", 2004. 431 с.
23. Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР. – Киев.: Изд-во КГУ, 1950. – 263 с.
24. Алеев Ю. Г. Экоморфология. К.: Наук. Думка, 1986. – 424 с.
25. Жуков О.В. Экоморфи Бельгарда–Акімова та екологічні матриці / О. В. Жуков // Екологія та ноосферологія, 2010. – Т. 21, № 3–4. – С. 109–111.

Статья поступила в редколлегия 15.09.2015

PEDOZEM AND CHERNOZEM ECOMORPHOGENESIS ASSESSMENT BY SOIL PENETRATION RESISTANCE DATA

A. V. Zhukov, G. A Zadorozhnaya

Oles Honchar Dnipropetrovs'k National University, Dnipropetrovs'k, Ukraine,
(zadorojhnaya_galina@list.ru)

Soil penetration resistance variability of pedozem and ordinary chernozem have been investigated. Methods of descriptive statistics establish similarity of absolute values and dynamics of change of average values of penetration resistance of the studied soils, and also opposite dynamics of changes of factor of a

variation on a profile in different soil substrata. Dynamics of geostatistical characteristics in pedozem and chernozem essentially differs that is expressed in distinctions of the linear sizes of the morphological structures which are elements of heterogeneity. The concept soil ecomorphes as the caused environment of the structural form of development of soil has been proposed.

Keywords: *hardness of soil, chernozem, pedozem, recultivation, ecomorphes.*

УДК 631.427.22

ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ҐРУНТІВ

М.Ю. Журавель¹, О.Є. Найдьонова², В.В. Яременко³

¹ТОВ «ПСНЦ Інтелект-сервіс Лтд», Харків, Україна

²ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна (*oxana-naudyonova@mail.ru*)

³Спільне підприємство «Полтавська газонафтова компанія», Полтава, Україна

Проведено дослідження з визначення агроекологічного стану ґрунту на території бурового майданчику нафтовидобувної свердловини, рекультивованого до 1994 р. Визначено параметри мікробіологічних показників фонових ґрунту і ґрунту чотирьох точок поблизу свердловини з різними рівнями забруднення важкими металами та іншими компонентами бурового розчину. Надано порівняльну оцінку стану мікрофлори ґрунту в обраних точках за показниками чисельності, структури і функціонування мікробних ценозів. Встановлено відхилення більшості досліджуваних показників ґрунту в різних точках спостереження від фонових характеристик ґрунту в несприятливий бік, зниження біологічної активності. Показано доцільність використання комплексу найбільш інформативних біологічних показників для оцінювання якості рекультивації і стану рекультивованих ґрунтів, забруднених під час буріння нафтогазових свердловин у радянський період.

Ключові слова: *біологічні показники, мікробний ценоз ґрунту, рекультивовані ґрунти, ферментативна активність ґрунту, фітотоксична активність ґрунту.*

Вступ. Здійснення моніторингу ґрунтів з метою контролю якості рекультивації бурових майданчиків є необхідною складовою гарантування екологічної безпеки діяльності нафтогазовидобувних підприємств.

Чутливими індикаторами змін властивостей ґрунтів, що зазнали антропогенних навантажень, техногенного забруднення, зокрема, компонентами бурового розчину, важкими металами (ВМ), нафтою, тощо, є мікробіологічні показники. Вони першими реагують на забруднення і пов'язані з ним зміни хімічних, фізико-хімічних і фізичних властивостей ґрунту та адекватно відображують їх ступінь. Тому невід'ємною складовою екологічного моніторингу рекультивованих ґрунтів у місцях видобутку нафти і газу повинен бути мікробіологічний моніторинг.

Винятково висока інформативність мікробіологічних показників визначає необхідність їх застосування не лише під час оцінювання стану ґрунтів, забруднених нафтопродуктами та супутніми поліюантами, а й задля встановлення ефективності рекультивації ґрунтів після закінчення робіт з видобутку нафти і газу.

Родючість ґрунту значною мірою залежить від стану його мікрофлори й біологічної активності. Існує багато показників, що характеризують величезну різноманітність біологічних властивостей ґрунту. Оскільки проблема оцінки наслідків діяльності нафтогазовидобувних підприємств і компаній у контексті екологічних проблем стає надзвичайно актуальною, в останній час з'явилося безліч наукових публікацій, присвячених її розв'язанню. Велику кількість робіт на цю тему опубліковано в матеріалах міжнародних наукових конференцій «Сучасний стан

чорноземів», «Екологія та біологія ґрунтів» (2013, 2014 рр., Ростов-на Дону). Науковці одностайно дійшли єдиного висновку: для оцінки стану нафтозабруднених і рекультивованих ґрунтів найбільш чутливими й універсальними показниками є чисельність головних еколого-трофічних і таксономічних груп мікроорганізмів, певних функціональних груп (вуглеводнеокиснювальних бактерій, бактерій роду *Azotobacter*), ферментативна активність ґрунту і показники фітотоксичності.

Мета досліджень – визначити доцільність оцінки стану рекультивованих ґрунтів майданчиків буріння нафтогазових свердловин за мікробіологічними показниками.

Об'єкти і методика досліджень. Об'єктами досліджень були ґрунт на території колишнього бурового майданчика свердловини № 23 Ігнатівського родовища (СП «Полтавська газонафтова компанія») рекультивований до 1994 р. і фоновий ґрунт.

На попередніх етапах моніторингу ґрунту (у 2011-2014 рр.) було виявлено наслідки техногенного впливу – забруднення орного шару барієм, свинцем, цинком, незважаючи на давність проведення бурових робіт (1980-ті роки) [1]. Причиною є те, що старі майданчики, як правило, були рекультивовані зі значними порушеннями. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком кукурудзи на біологічному етапі рекультивації показали пригнічення росту рослин на рекультивованому ґрунті. У листі кукурудзи було зафіксовано підвищені концентрації свинцю [1]. Певний ступінь забруднення ґрунту підтверджувався і візуально на супутникових знімках ділянки (рис. 1).



Рис. 1 Фрагмент космічного знімку супутника GeoEye ділянки свердловини № 23 і розташування точок відбору зразків

Агроекологічний стан ґрунту визначали за трьома групами показників:

1. Чисельність мікроорганізмів основних еколого-функціональних груп, а саме: бактерій, що засвоюють органічний і мінеральний азот, актиноміцетів, мікроскопічних

грибів, оліготрофних бактерій, вуглеводнеокислювальних бактерій, бактерій роду *Azotobacter*;

2. Ферментативна активність ґрунту;

3. Токсичність ґрунту.

Мікробіологічні дослідження проводили в лабораторії мікробіології ґрунтів ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» у зразках, відібраних 20.05.2015 на ділянках фонового ґрунту (на відстані 800 м від гирла свердловини) і рекультивованого ґрунту (у точках №№ 3, 17, 18, 21 у межах колишнього майданчика) із шару 0-25 см. Схему розташування точок зображено на рис. 1. Вибір контрольних точок для досліджень обумовлювався різним рівнем забруднення ґрунту компонентами бурових розчинів, встановленим раніше (табл. 1).

1. Рівні забруднення ґрунту в досліджуваних точках (шар 0-30 см) [1]

Точки відбору зразків	Валовий міст забруднювачів ¹ , мг/кг ґрунту			Відношення Si/Ca
	Pb	Zn	Ba	
Фон	25	80	500	16
№ 3	25	80	630	7,8
№ 17	1000	120	150000	1,7
№ 18	80	80	20000	10
№ 21	320	200	50000	2,5

¹ – визначено методом спектрального аналізу

Біологічні показники визначали за такими методами:

- чисельність основних груп мікрофлори методом мікробіологічного посіву на тверді поживні середовища [2]: органотрофних бактерій – на м'ясо-пептоновий агар (МПА); мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук, і актиноміцетів – на крохмаль-амонійний агар (КАА); оліготрофних мікроорганізмів – на голодний агар (ГА); грибів – на середовище Ріхтера; азотобактера – на середовище Ешбі з додаванням мікроелементів; вуглеводнеокислювальних бактерій – на середовище з нафтою (повторність 4-кратна – кожен ґрунтовий зразок висівали на кожне живильне середовище на 4 паралельні чашки Петрі);

- розрахункові показники, зокрема мінералізації [3], оліготрофності [4] та мікробної трансформації органічної речовини ґрунту (МТОРГ) [5], які характеризують напруженість мінералізаційних процесів і трофічний режим ґрунту, – за співвідношенням окремих груп мікроорганізмів; сумарний біологічний показник (СБП) та показник біологічної деградації (ПБД) – методом відносних величин за Дж. Ацці [6];

- біохімічну активність ґрунтів за активністю ферментів фотокolorиметричним методом: інвертази – методом, викладеним Д.Г. Звягінцевим із співавторами [2, с. 157-158], дегідрогенази за А.Ш. Галстяном [7] і поліфенолоксидази за Л.А. Карягіною та Н.А. Михайловською [8];

- наявність токсичності ґрунту визначали методом ґрунтових пластин і методом замочування насіння у водній витяжці з ґрунту [2, с. 202-204].

Достовірність здобутих у ході досліджень даних оцінювали із застосуванням дисперсійного аналізу з використанням стандартного пакету програм «*Statistica 6.0*».

Стан мікробних угруповань оцінювали з урахуванням чисельності мікроорганізмів головних еколого-функціональних груп, згідно з розробленою нами раніше шкалою [9]. Підсумкове оцінювання стану мікробних ценозів ґрунту проводили з використанням інтегрованого показника біологічного стану ґрунту (ІПБС) за С.І. Колесніковим, К.Ш. Казєєвим і В.Ф. Вальковим [10, 11].

Аналіз результатів досліджень. Мікробіологічні дослідження показали відсутність суттєвої різниці чисельності бактерій, що засвоюють органічний азот, у фоновому ґрунті і ґрунті, відібраному в точках №№ 3 і 21 (табл. 2). У ґрунті точок №№ 17 і 18 кількість бактерій цієї групи достовірно перевищувала їх вміст у фоновому ґрунті на 36 % та 84 % відповідно. Підвищена чисельність цієї групи бактерій може бути обумовлена наявністю рухомих форм ВМ у дозах, що обумовлюють стимулюючий ефект, які також було виявлено дослідженнями минулого року в ґрунті на точці № 17.

Чисельність мікроорганізмів усіх інших досліджуваних груп у рекультивованому ґрунті на всіх контрольних точках була нижчою, ніж у фоновому. Так, чисельність мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні форми азоту, в точці № 3 була нижчою, ніж у фоновому ґрунті на 44 %, в ґрунті на точці № 17 – на 47 %, № 21 – на 32 %. Різниця між чисельністю мікроорганізмів цієї групи в фоновому ґрунті та ґрунті точки № 18 була статистично несуттєвою.

Також неістотною була різниця між кількістю актиноміцетів у ґрунті на точці № 18 і фоновому. В усіх інших точках зниження чисельності актиноміцетів відносно фону було суттєвим: № 3 – на 32 %, № 17 – на 28 %, № 21 – на 29 %. Відомо, що актиноміцети є індикаторами забруднення ґрунту ВМ і можливо, пригнічення актиноміцетів обумовлено цим фактором.

2. Чисельність мікроорганізмів головних еколого-трофічних, таксономічних і фізіологічних груп та показники, що характеризують функціональний стан мікробних ценозів

Точки відбору зразків	Кількість мікроорганізмів, млн (гриби – тис.) КУО в 1 г сухого ґрунту							Показник				
	Мікроорганізми, що засвоюють азот			Актиноміцети	Гриби	Оліготрофи	Евтрофи	оліготрофності	мінералізації	МТОРГ	СБП, %	ПБД, %
	органічний	мінеральний	всього									
Фон	14,27	49,63	35,28	14,35	25,61	37,60	63,93	0,59	3,48	18,37	89	0
№ 3	13,89	27,65	17,90	9,75	10,00	26,37	41,55	0,63	1,99	20,87	54	-34
№ 17	19,41	26,16	15,81	10,35	17,52	23,68	45,59	0,52	1,35	33,81	65	-20
№ 18	26,29	40,45	27,79	12,66	10,96	30,74	66,75	0,46	1,54	43,38	77	-2
№ 21	16,32	33,56	23,40	10,16	8,99	24,82	49,89	0,50	2,06	24,26	66	-29
НІР _{0,05}	3,64	9,35	–	3,51	7,24	8,62	–	–	–	–	–	–

Чисельність мікроміцетів у рекультивованому ґрунті була значно нижчою, ніж у фоновому на всіх досліджуваних точках, а найменшою – у зразку з точки № 21 – на 65 % нижче фону.

Кількість оліготрофних бактерій достовірно не відрізнялася від показника фону лише у ґрунті на точці № 18. У точках №№ 3, 17 і 21 кількість оліготрофів була меншою на 30, 37 і 34 % відповідно.

За літературними даними важливим біодіагностичним показником стану забрудненого нафтопродуктами ґрунту є чисельність вуглеводнеокиснювальних бактерій і чисельність бактерій роду *Azotobacter*. Хоча за наявними відомостями ґрунт досліджуваної ділянки не був забруднений нафтою, ми провели облік чисельності бактерій цих груп.

Найбільшою кількістю вуглеводнеокиснювальних бактерій була у фоновому ґрунті, а у ґрунті контрольних точок – нижчою у 2-16 разів (табл. 3).

3. Чисельність вуглеводнеокиснювальних бактерій і азотобактера

Точки відбору зразків	Вуглеводнеокиснювальні бактерії, млн КУО/г ґрунту	Азотобактер, обростання грудочок, %
Фон	6,96	100
№ 3	3,62	100
№ 17	2,11	99
№ 18	0,79	98
№ 21	0,43	88
$HP_{0,05}$	1,81	–

Чисельність Азотобактера була високою в усіх зразках. Дещо меншою вона виявилася у ґрунті точок №№ 17, 18 і 21, але це не є істотним зменшенням. За експериментальними даними багатьох дослідників азотфіксувальні бактерії, зокрема Азотобактер, є дуже чутливими до хімічного забруднення ґрунту.

Спостереження за ростом Азотобактера показали, що першими рясно обросли грудочки ґрунту із різних точок колишнього бурового майданчика, а на чашках із фоновим ґрунтом ріст Азотобактера був відсутній. Але згодом, обростання грудочок фоновому ґрунту з'явилось, хоча і не таке рясне, як рекультивованого ґрунту. На нашу думку, це пов'язано із підвищеною щільністю зразка фоновому ґрунту (як відомо, Азотобактер є аеробним мікроорганізмом). Іншим поясненням може бути наявність у рекультивованому ґрунті (точки №№ 17 і 21) підвищеного вмісту молібдену, який входить у склад домішок бариту, і міг стимулювати азотфіксацію.

Для нормального функціонування ґрунтів є важливим не тільки чисельність різних груп мікроорганізмів, але і їх співвідношення (див. табл. 2).

Показник оліготрофності має значення менші за одиницю, що свідчить про достатню забезпеченість ґрунту доступними поживними речовинами. Дещо нижчі значення, порівняно з фоновим ґрунтом, мають показники мінералізації у зразках рекультивованого ґрунту, що є позитивним моментом і свідчить про спрямованість мікробіологічних процесів у бік збереження запасів органічної речовини. Про це свідчить і коефіцієнт МТОРГ, значення якого для всіх точок рекультивованого ґрунту більші, ніж для фоновому. Максимальне значення коефіцієнта МТОРГ зафіксовано для ґрунту у точці № 18. Слід зауважити, що у цій точці нижчою за фоновий ґрунт була лише чисельність грибів, чисельність інших груп або достовірно не відрізнялася від фона, або перевищувала його. Так, загальна кількість евтрофних мікроорганізмів тут перевищувала фон.

Найвище значення СБП визначено для фоновому ґрунту (див. табл. 2). Невелике відхилення від показника фону в бік погіршення відмічено для ґрунту точки № 18. Приблизно однакові, дещо більші відхилення (на 27 і 26 %) розраховано для ґрунту точок №№ 17 і 21. Найбільш пригніченим відносно фоновому ґрунту (на 39 %) виявився мікробний ценоз ґрунту в точці № 3.

Згідно зі значеннями ПБД, ґрунт у точці № 18 вважається недеградованим, у точках №№ 17 і 21 – слабо деградованим, № 3 – середнього ступеня деградованості.

Для розуміння і пояснення причин такого стану мікрофлори ґрунту в різних точках майданчика необхідна більш детальна інформація про вміст у ґрунті залишкових кількостей нафтопродуктів, ВМ, або інших супутніх політантів, що потрапляють у ґрунт під час видобутку нафти.

Основними забруднювачами дослідженої ділянки ґрунту внаслідок буріння нафтовидобувної свердловини є барій, оскільки він використовувався у складі баритового концентрату (BaSO_4) для виготовлення бурових розчинів, а також свинець та цинк. Наявність свинцю і цинку у відходах буріння пояснюється їх присутністю як супутніх домішок у бариті.

Важливим показником біологічної активності ґрунту є його ферментативна активність, яка тісно корелює з його родючістю.

Відсутність дегідрогеназної активності у фоновому ґрунті очевидно пояснюється його підвищеною щільністю (табл. 4). Найвищою активністю дегідрогенази характеризується ґрунт у точці № 18.

4. Ферментативна активність ґрунту

Точки відбору зразків	Дегідрогеназа, мг ТФФ/100 г за 24 години	Інвертаза, мг глюкози/1 г за 24 години	Поліфенолоксидаза, мг 1,4-п-бензохінону/100 г за годину
Фон	0	5,20	508,80
№ 3	129,80	5,48	2205,00
№ 17	120,40	2,23	2420,00
№ 18	191,40	3,03	2508,00
№ 21	140,50	2,46	2777,60
НІР _{0,05}	6,31	0,39	30,10

Інвертазна активність ґрунту лише у точці № 3 була дещо (статистично недостовірно) вищою за фоновий ґрунт, а у ґрунті на інших точках – нижчою. Істотно і статистично достовірно нижчий рівень активності інвертази у зразках ґрунту у точках №№ 17, 18, 21, імовірно, пов'язаний із вмістом важких металів, що узгоджується з численними літературними даними, згідно з якими саме інвертазна активність найбільш чутливо реагує на хімічне забруднення, зокрема на забруднення ВМ [10].

Саме в точках №№ 17 і 21 попередніми дослідженнями було виявлено підвищені концентрації у ґрунті як рухомих, так і міцнозв'язаних та валових форм ВМ. Так, у точці № 21 в 2013 році вміст рухомих форм свинцю становив 74,24 мг/кг, що у 37 разів перевищує ГДК і у 148 разів перевищує фоновий вміст. Найвищий рівень поліелементного забруднення ґрунту констатовано у точці № 17.

Активність поліфенолоксидази у рекультивованому ґрунті, навпаки, була вищою, ніж у фоновому (у точках №№ 3, 17, 18 і 21 у 4,3; 4,8; 4,9 і 5,5 раза, відповідно). Така картина обумовлена тим, що поліфенолоксидаза менш чутлива до забруднення ВМ, але її активність може стимулюватися невеликими дозами міді, яка входить у склад активного центра цього ферменту. Вміст рухомої міді у зразках рекультивованого ґрунту перевищував фоновий, але був меншим за ГДК.

Узагальнюючи дані з ферментативної активності ґрунтів методом відносних величин, ми віднайшли найбільш високу ферментативну активність ґрунту (82 %) у точках №№ 3 і 18, а у точках №№ 17 і 21 – 64 і 73 % відповідно. У фоновому ґрунті усереднена активність досліджуваних ферментів становить 57 % без урахування дегідрогенази і 37 % з її урахуванням.

Таким чином, серед показників ферментативної активності лише інвертазна активність у зразках рекультивованого ґрунту виявилась зниженою, порівняно із фоном. Дегідрогеназна і поліфенолоксидазна активність ґрунту у контрольних точках значно перевищувала показники фонового ґрунту.

Результати визначення фітотоксичної активності ґрунту методом ґрунтових пластин показали відсутність інгібуючої дії рекультивованого ґрунту на схожість насіння тестової культури (табл. 5). Як тест-культуру обрано кукурудзу, оскільки вона вирощується на досліджуваній рекультивованій ділянці, і за літературними даними, вона є чутливою до дії забруднювачів, зокрема нафти. Вимірюванням довжини головних корінців і ростків проростків кукурудзи виявили пригнічення їх росту і розвитку. Згідно з методикою [2, с. 202-203], токсичними вважаються ґрунти, що пригнічують проростання насіння тест-культур більше ніж на 20 %. Фоновий ґрунт не пригнічував росту корінців і стимулював ріст проростків. Ґрунт у точці № 3 виявився токсичним – довжина корінців була меншою, відносно контролю, на 27 %, а висота проростків – на 32 %. Параметри рослин, пророщених на ґрунті з точки № 18 відрізнялись від контролю на 28 і 56 % відповідно. Максимально пригніченим (на 35 %) виявився ріст корінців кукурудзи на ґрунті з точки № 17, а ґрунт з точки № 21, як і фоновий, не виявив токсичної дії на ріст корінців, а ріст ростків навіть дещо стимулював.

Результати, отримані методом замочування насіння протягом доби в ґрунтовій витяжці, були схожими, але дещо відрізнялися від наведених вище. Так, витяжки з ґрунту із точок №№ 3 і 17 пригнічували схожість насіння на 21 %, порівняно з водним контролем, а також негативно впливали на ріст корінців проростків – середня їх довжина була меншою, ніж у контролі на 23 і 30 %. Витяжка з ґрунту у точці № 21 суттєво не вплинула на ріст корінців, а витяжки з ґрунту з точки № 17 і фонового стимулювали ріст корінців на 20 і 16 % відповідно. На ростки всі витяжки вплинули позитивно.

5. Фітотоксична активність ґрунту

Точки відбору зразків	Метод ґрунтових пластин						Метод замочування насіння у водній витяжці з ґрунту					
	Схожість насіння		Середня довжина корінців проростків		Середня довжина ростків проростків		Схожість насіння		Середня довжина корінців проростків		Середня довжина ростків проростків	
	%	% до контролю	см	% до контролю	см	% до контролю	%	% до контролю	см	% до контролю	см	% до контролю
Фон	100	100	6,09	91	2,53	125,9	95	100	4,40	115,8	1,43	174,4
№ 3	100	100	4,88	72,9	1,37	68,2	75	79	2,91	76,6	1,11	135,4
№ 17	95	95	4,37	65,3	1,79	89,1	85	89	4,56	120	1,28	156,1
№ 18	100	100	4,84	72,3	0,88	43,8	75	79	2,67	70,3	0,84	102,4
№ 21	100	100	5,86	87,6	2,22	110,4	100	105	3,26	85,8	1,10	134,1
Контроль ¹	100	100	6,69	100	2,01	100	95	100	3,80	100	0,82	100

¹ – водопровідна вода

Узагальнення й усереднення експериментальних даних, отриманих за допомогою обох методів, дає підставу стверджувати, що найбільш токсичним є ґрунт у точці № 18.

Для підсумкової оцінки стану ґрунту в різних точках використали показник ІПБС ґрунту (табл. 6). Зниження значень ІПБС ґрунту у точках №№ 3 і 17 становить 15 і 14 % від фонового, що згідно з градаціями Колеснікова та ін. [10, 11], відповідає слабкому ступеню деградованості ґрунту за мікробіологічними властивостями і порушенням екологічних функцій.

6. Оцінка стану ґрунту за ІПБС

Точки відбору зразків	СБП, %	Зведений показник ферментативної активності, %	Зведений показник фітотоксичної активності, %	ІПБС ґрунту, %
Фон	100	57	100	86
№ 3	61	82	75	73
№ 17	73	64	86	74
№ 18	87	82	67	79
№ 21	74	73	88	78

Відхилення ІПБС ґрунту у точках 18 і 21 становило 8 і 9 %, отже цей ґрунт, згідно з тими ж градаціями, є недеградованим.

Але, слід зазначити, що внесок кожного біологічного показника у формування стану ґрунту не є рівноцінним, до того ж різні біологічні показники по-різному реагують на дію одного і того ж фактору, тому не завжди варто підсумовувати різні показники. Однак така методика існує й успішно застосовується багатьма дослідниками.

Висновки. У результаті оцінки стану мікробних ценозів та біологічної активності рекультивованого ґрунту у різних точках колишнього бурового майданчика свердловини № 23 за показниками чисельності головних еколого-функціональних груп мікроорганізмів, ферментативної та фітотоксичної активності встановлено наявність негативних відмінностей показників рекультивованого ґрунту від фонового.

За узагальненими даними чисельності мікрофлори за допомогою СБП і ПБД ґрунт точки № 18 вважається недеградованим, точок №№ 17 і 21 – слабо деградованим, точки № 3 – середнього ступеня деградованості.

Значно нижча чисельність вуглеводнеокислювальних бактерій у зразках рекультивованого ґрунту свідчить про відсутність забруднення нафтою, позитивною ознакою є також рясний ріст бактерій роду Азотобактер.

Показники ферментативної активності рекультивованого ґрунту відхилялися від фонового в той або інший бік залежно від ферменту. Відмічене інгібування інвертазної активності у рекультивованому ґрунті в точках № 17 і 21 узгоджується з даними про підвищений вміст важких металів.

Рекультивований ґрунт має фітотоксичні властивості. Максимальний токсичний вплив на ріст і розвиток проростків кукурудзи виявив ґрунт точки № 18. За узагальненими результатами двох методів визначення токсичності, пригнічення росту проростків ґрунтом цієї точки склало 33 % відносно фонового ґрунту, а точки № 3 – 25 %.

Для оцінки стану рекультивованих ґрунтів і ефективності рекультивації ґрунтів, забруднених внаслідок видобутку нафти і газу, може бути використана методика визначення інтегрованого показника біологічного стану (ІПБС) ґрунту, розрахованого за найбільш інформативними біологічними показниками. Встановлено, що відхилення ІПБС ґрунту у точках №№ 3 і 17 від фонового ґрунту становить 15 і 14 %, а у точках 18 і 21 – 8 і 9 %, де ґрунт є недеградованим.

Біологічні показники, використані нами в цій роботі адекватно відображують стан рекультивованого ґрунту і можуть застосовуватися під час проведення агроекологічного моніторингу ґрунтів у місцях діяльності нафтогазовидобувних підприємств і компаній.

Список використаної літератури

1. Журавель М.Ю. Особливості агрофізичного стану та накопичення важких металів в агроєкосистемі рекультивованих бурових майданчиків / М.Ю. Журавель, О.М. Дрозд, Д.В. Дядін, В.В. Яременко // Вісник ХНАУ імені В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів» – 2014. – № 2. – С. 112-121.

2. *Методы почвенной микробиологии и биохимии* / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. – М.: МГУ, 1980. – 224 с.
3. *Мишустин Е.Н.* Ассоциации почвенных микроорганизмов / Мишустин Е.Н. – М.: Наука, 1975. – 107 с.
4. *Аристовская Т.В.* Методы изучения микрофлоры почв и её жизнедеятельности / Т.В. Аристовская, Ю.А. Худякова // Методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1977. – С.141-286.
5. *Муха В.Д.* О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов / В.Д. Муха // Сб. науч. тр. ХСХИ, т. 273, Харьков, 1980. – С. 13-16.
6. *Ацци Дж.* Сельскохозяйственная экология / Дж. Ацци; пер. с англ. Н.А. Емельяновой, О.В. Лисовской, М.П. Шикеданц; под ред. В.Е. Писарева. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1959. – 480 с.
7. *Хазиев Ф.Х.* Ферментативная активность почв / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1976. – 180 с.
8. *Карагіна Л.А.* Визначенне активності поліфенолаксидази і пероксидази у ґлебе / Л.А. Карагіна, Н.А. Михайлоўская // Весці АН БССР, серія с.-г. навук. – Мінск, 1986. – № 2. – С. 40-41.
9. *Найдёнова О.Е.* Биологическая деградация чернозёмов при орошении: дисс. ... канд. биол. наук; спец. 03.00.18 – ґрунтознавство – Харьков, 2010. – 327 с.
10. *Колесников С.И.* Биозкологические принципы мониторинга и нормирования загрязнения почв (на примере тяжёлых металлов) / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2001. – 64 с.
11. *Методика оценки целесообразности и эффективности рекультивации почв, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами, по биологическим показателям* / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, Т.В. Денисова, Е.В. Даденко, М.С. Мазанко, Е.Н. Ротина // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 3. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1791>.

Стаття надійшла до редколегії 30.09.2015

APPLICATION OF BIOLOGICAL INDICATORS FOR IDENTIFYING THE AGROECOLOGICAL STATE OF RECLAIMED SOILS

N.E. Zhuravel¹, O.E. Naydyonova², V.V. Yaremenko³

¹Limited Liability Company "NESC Intellect Service Co., Ltd."

²National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine (oxana-naydyonova@mail.ru)

³Joint venture "Poltava Petroleum Company"

Studies were conducted to identify agro-ecological condition of the soil in the former oil well drilling site, remediated before 1994. Parameters of microbiological indicators of background soil and soil at various points near the well drill were determined. Comparative assessment of the state of the soil microflora at selected points in terms of size, structure and function of microbial cenoses was conducted. It was found that the most of studied soil parameters at various observation points deviate from the background soil in an unfavorable direction. In addition the reducing the biological activity was observed. The possibility and practicability of using the most informative set of biological indicators to assess the status of remediated soil and effectiveness of remediation of soils contaminated with components of drilling mud during crude oil and gas production has been shown.

Keywords: biological indicators, soil microbial cenosis, reclaimed soil, soil enzymatic activity, soil phytotoxic activity.

УДК 631.147; 631.416.9; 631.81.095.337

ПРИДАТНІСТЬ ҐРУНТІВ ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В ЗОНІ ВПЛИВУ АЕРОТЕХНОГЕННИХ ВИКИДІВ ПІДПРИЄМСТВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Д.О. Семенов

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків (pochva@meta.ua)

Метою роботи було оцінити придатність ґрунтів для ведення органічного землеробства на території зон розповсюдження аеротехногенних викидів підприємств хімічної промисловості. За допомогою

кригінгу (статистичної версії інтерполяції) побудовано картосхеми придатності земель для органічного землеробства у відповідності до чинних нормативів за вмістом мікроелементів і важких металів. В результаті виділено ареали надмірного, оптимального і недостатнього вмісту рухомих форм мікроелементів та важких металів у ґрунтах та їх накопичення в продукції рослинництва у зоні розповсюдження атмосферних викидів Авдіївського коксохімічного комбінату (АКХК). Висновки: доведено пріоритетність контролю рослинницької продукції для визначення ступеня забрудненості агроєкосистем.

Ключові слова: ґрунт, мікроелементи, важкі метали, органічне землеробство, картосхеми, придатність.

Вступ. Виробництво органічної продукції – один з найбільш перспективних напрямів сільськогосподарської діяльності в Україні, про що свідчить дуже динамічне зростання кількості сертифікованих органічних господарств. За даними статистики IFOAM на кінець 2013 року загальна площа органічних сільськогосподарських земель становила понад 393 тис. га. Крім того, в нашій державі сертифіковано 530 тис. га дикоросів [1]. Однією з основних перепон, що відлякують фермерів від переходу до органічної системи господарювання є досить тривалий (3-5 років) перехідний період, протягом якого необхідно повністю відмовитись від застосування штучних добрив та засобів захисту рослин. За існуючими в країнах ЄС вимогами фермер несе значні економічні втрати протягом перехідного періоду, при цьому не маючи жодних відомостей про придатність земельної ділянки для органічного виробництва у подальшому, в тому числі, і за вмістом мікроелементів (МЕ) та важких металів (ВМ) [2]. Складність ситуації є в тому, що невідповідність якості ґрунту за еколого-токсикологічними показниками і, як наслідок, – якості вирощеної рослинницької продукції виявляється тільки на етапі її сертифікації.

Для мінімізації таких ризиків ми запропонували картосхему придатності ґрунтів України для органічного землеробства за вмістом МЕ та ВМ [3]. У природних умовах вміст рухомих форм МЕ та ВМ у ґрунті варіює у значних межах і визначається, в основному, особливостями геологічної будови територій та властивостями ґрунтів – їх гранулометричним складом, реакцією середовища, окисно-відновним потенціалом та іншими. Виявлені ареали надмірного вмісту ВМ пов'язані, насамперед, із діяльністю потужних промислових підприємств, на дослідження зон розповсюдження аеротехногенних викидів яких, власне, і спрямована ця стаття.

Нині для територій із розвинутою індустрією техногенні джерела надходження ВМ у ґрунт значно переважають їх природні джерела [4-6]. Відомо, що основними донорами техногенних мас ВМ для навколишнього середовища є пов'язані між собою енергетична, хімічна та металургійна галузі промисловості [7]. Результатом діяльності таких підприємств є надходження до атмосфери великої кількості газопилових викидів, основою яких є сірчаний ангідрид та оксиди ВМ [8]. Прикладом територій ризику в Україні є Донбас та Центральне Подніпров'я [9]. Ґрунт є головним приймачем та акумулятором цих речовин, а антропогенне забруднення навколишнього середовища ВМ в основному проявляється у перевищенні природного вмісту елементів у ґрунті і порушенні закономірностей їх кругообігу [10].

Мета досліджень – визначити придатність територій, що підпадають під вплив атмосферних викидів Авдіївського коксохімічного комбінату, який є найбільшим підприємством даного спрямування у Європі, для органічного землеробства за вмістом мікроелементів та важких металів.

Методика досліджень. Дослідження просторового розподілу вмісту рухомих форм мікроелементів та важких металів у ґрунтах в зоні впливу атмосферних викидів АКХК (20-кілометрова зона поблизу м. Авдіївка Донецької області) проводили методом відбирання зразків ґрунту за нерегулярною сіткою з географічною прив'язкою за допомогою GPS-навігатора. Одночасно відбирали зразки тест-рослин у фазу повної стиглості культур.

Для визначення придатності території для ведення органічного землеробства за вмістом рухомих форм мікроелементів (Zn, Cu, Co, Mn) у ґрунтах використовували градації І.Г.Важеніна щодо потреб сільськогосподарських культур у мікроелементах та відповідні гранично-допустимі концентрації (ГДК) або максимально допустимі рівні (МДР) речовин у кормах, за вмістом важких металів (Cr, Ni, Pb) – ГДК (або МДР) (табл.1). Для урахування наслідків аерального забруднення через акумуляцію сільськогосподарськими культурами МЕ і ВМ використано результати аналізу тест-рослин відносно ГДК важких металів у продовольчій сировині і МДР вмісту хімічних елементів у кормах для свійських тварин (табл. 2).

1. Класи придатності ґрунту до органічного землеробства за вмістом МЕ та ВМ

Клас	Категорія придатності	Вміст рухомих форм МЕ (ВМ), мг/кг ґрунту						
		Cu	Co	Zn	Pb	Mn	Ni	Cr
I	Придатні	0,5-3,0	1,5-5,0	1,0-23,0	<6,0	10,0-80,0	<4,0	<6,0
II	Умовно придатні	<0,5	<1,5	<1,0	-	<10,0	-	-
III	Не придатні	>3,0	>5,0	>23,0	>6,0	>80	>4,0	>6,0

2. Класи придатності територій до органічного землеробства за вмістом МЕ та ВМ у рослинницькій продукції

Клас	Категорія придатності	Вміст елементу у рослинницькій продукції, мг/кг сухої речовини							
		Cu	Fe	Co	Zn	Pb	Ni	Cr	Cd
I	Придатні	<10,0	<100,0	<1,0	<50,0	<0,5	<1,0	<0,5	<0,1
III	Не придатні	>10,0	>100,0	>1,0	>50,0	>0,5	>1,0	>0,5	>0,1

Ці градації покладено в основу класів придатності територій за вмістом МЕ та ВМ у ґрунтах та рослинах для побудови відповідних картосхем. Легендами картосхем виділено 3 класи придатності ґрунтів України до органічного землеробства за вмістом рухомих форм Zn, Cu, Co, Mn, Fe, Ni, Cd, Cr і Pb у ґрунтах і рослинах:

I клас – придатні для органічного землеробства ґрунти з оптимальним вмістом мікроелементів. Вміст ВМ у ґрунтах і (або) рослинах не перевищує ГДК (МДР);

II клас – умовно придатні для органічного землеробства ґрунти з недостатнім вмістом мікроелементів. Вирощування якісної, збалансованої за вмістом мікроелементів органічної продукції на цих ґрунтах потребує додаткового мікроелементного живлення сільськогосподарських культур;

III клас – ґрунти непридатні для органічного землеробства через надмірний вміст важких металів у ґрунтах, продовольчій сировині, або кормах для тварин. Вирощування екологічно чистої органічної продукції на таких ґрунтах є неможливим.

Для побудови картосхем застосовано геостатистичний метод дослідження – кригінг (статистична версія інтерполяції). Як картографічну основу використано карту ґрунтів України масштабу 1:2 500 000 за редакцією М.К. Крупського (1977), та карту ґрунтів Донецької області масштабу 1:200 000 за редакцією М.К. Крупського (1967). Для уточнення меж адміністративних районів, населених пунктів, сітки доріг, використовували топографічні карти області масштабу 1:200 000. Класифікацію просторових даних здійснювали шляхом групування числових значень одного атрибуту (вмісту МЕ і ВМ).

Визначення вмісту рухомих форм МЕ та ВМ у ґрунтах виконували за ДСТУ 4770.1-9:2007. Визначення вмісту МЕ та ВМ в рослинах виконували методом сухого озолення за температури 550°C протягом 5 годин та подальшого розчинення золи в 10 % HCl із інструментальним закінченням на атомно-абсорбційному спектрофотометрі „Сатурн-4”. Статистичну обробку результатів виконали за

допомогою програм Statistica 10 та MapInfo 11.0.

Результати досліджень. Відомо, що в зонах промислового аерального забруднення істотно підвищується рухомість ВМ і варіювання їхнього вмісту у ґрунтах. Існує також небезпека накопичення ВМ рослинами безпосередньо з атмосферних викидів. При цьому, аеральне надходження шкідливих речовин може суттєво перевищувати їх кореневе поглинання з ґрунту і, в окремих випадках, сягати 99 % їх вмісту в рослинній продукції. Все це негативно позначається на якості урожаю і суперечить основним принципам органічного виробництва: здоров'я екосистеми, індивідуума, суспільства й екології.

Діяльність АКХК призвела до відчутних змін вмісту рухомих форм ВМ у ґрунті, наприклад міді, що свідчить про значний вплив атмосферних викидів підприємств хімічної галузі на агроекосистеми та довкілля в цілому. Середній вміст рухомої Сu в ґрунтах досліджуваної території становить 1,59 мг/кг і варіює в широких межах – від 0,01 до 6,80 мг/кг, при значенні ГДК рухомих форм 3,0 мг/кг ґрунту. У понад як 25 % зразків ґрунту вміст рухомої міді сягав граничного значення або, навіть, перевищував його. Однак, незважаючи на наявність ареалів надмірного вмісту Сu, ґрунти на близько 8 % дослідженої території містять недостатньо цього елемента (рис. 1.).

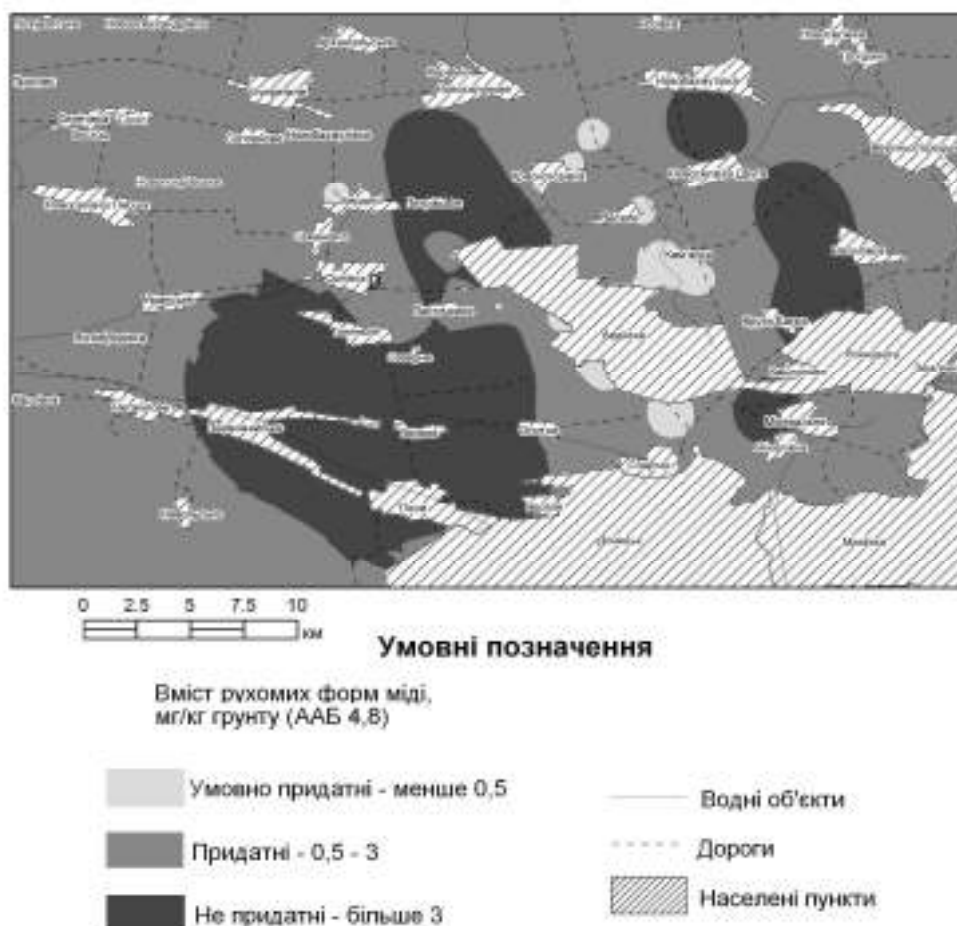


Рис. 1. Картосхема придатності земель у зоні впливу АКХК до органічного землеробства за вмістом рухомих форм міді у ґрунті (Донецька область)

Протилежні результати було отримано стосовно розповсюдження рухомих форм цинку. Незважаючи на значний техногенний пресинг середній вміст цього мікроелементу в ґрунтах навколо міста Авдіївка становить 0,54 мг/кг із варіюванням від слідових кількостей до 1,50 мг/кг ґрунту. Відповідно до існуючих градацій (табл. 1) для понад як 77 % території вміст рухомих сполук Zn в ґрунті є недостатнім для більшості сільськогосподарських культур. Отже для вирощування високих урожаїв

відповідної якості необхідно застосування цинкових мікродобрив згідно з вимогами органічного землеробства. Подібна ситуація і з рухомими формами кобальту, середній вміст якого в ґрунтах досліджуваного полігону становить 0,52 мг/кг із коливаннями у межах від 0,01 до 1,00 мг/кг ґрунту, що свідчить про умовну придатність території поблизу АКХК для органічного землеробства.

На відміну від Zn та Co, територія в зоні впливу атмосферних викидів добре забезпечена рухомими формами марганцю, що взагалі властиво для ґрунтів Донбасу. Середній вміст цього мікроелементу становить 13,84 мг/кг із варіюванням від 4,13 до 28,32 мг/кг ґрунту і в більшості випадків відповідає категорії «придатні».

Накопичення рухомих сполук свинцю у ґрунтах поблизу м. Авдіївка, хоча й не досягло ГДК (6,0 мг/кг ґрунту), проте істотно відрізнялось від фонових значень. Середній вміст даного елементу становить 1,57 мг/кг ґрунту із коливаннями від 0,60 до 2,46 мг/кг. Середньозважена фоновая концентрація Pb для чорноземів звичайних в Україні дорівнює 0,50 мг/кг ґрунту, для чорноземів звичайних Донбасу – 1,00 мг/кг, що свідчить про значне аеротехногенне надходження цього металу до агроєкосистем у регіоні.

Надлишкове накопичення важких металів у ґрунті, провокує погіршення якості продукції рослинництва, що актуалізує необхідність контролю стану навколишнього природного середовища на територіях, де тісно перемежується промислова та сільськогосподарська діяльності. Наприклад, середня величина накопичення Си в рослинах дорівнює 6,67 мг/кг із варіюванням у межах від 0,54 до 18,3 мг/кг. Понад 30 % рослинних зразків на досліджуваній території мають надлишковий вміст міді. Необхідно відмітити подібність розташування за румбами ареалів надмірного вмісту Си в ґрунтах і рослинах. (рис. 2).

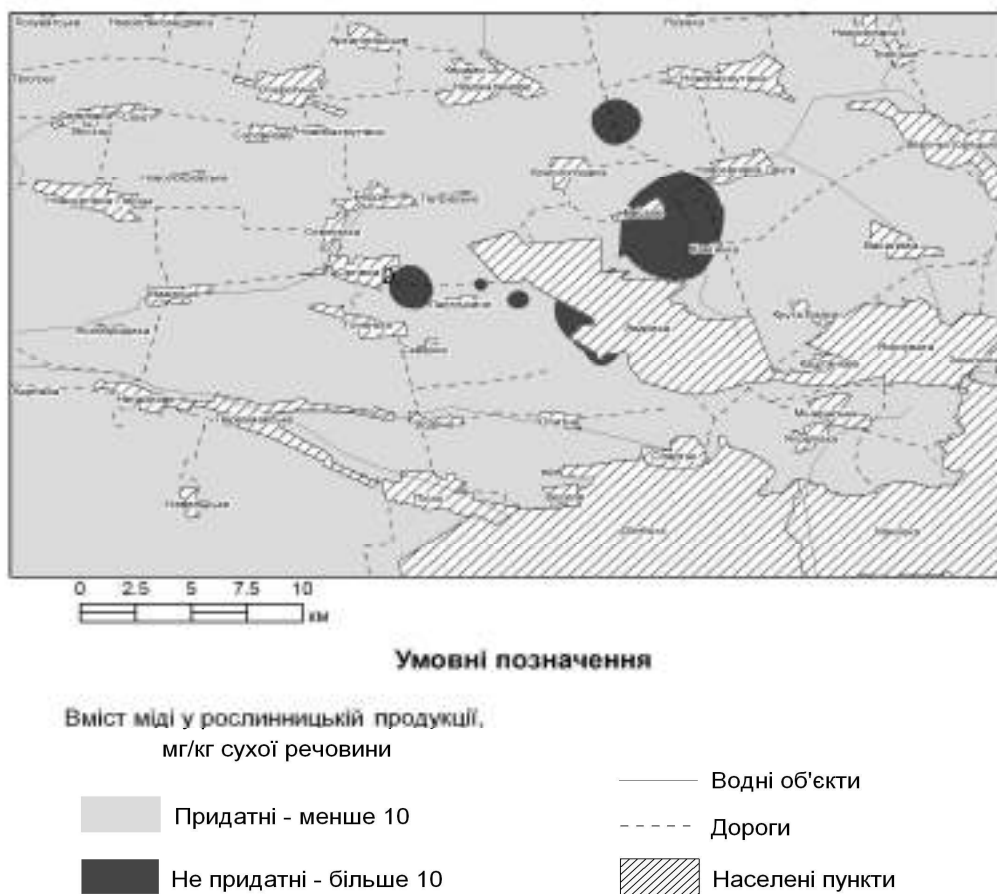
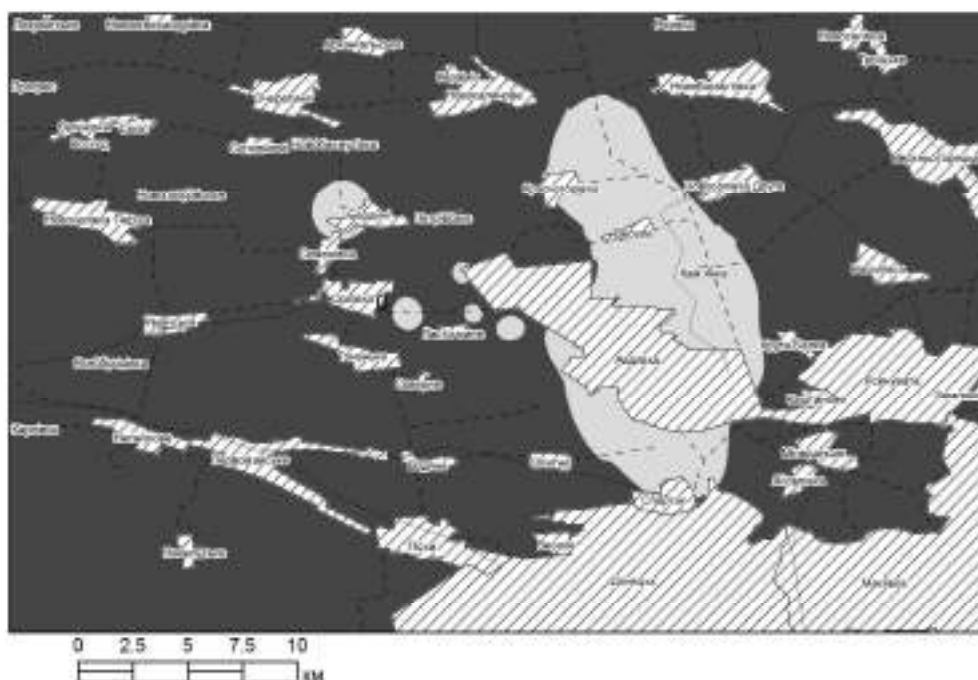


Рис. 2. Картосхема придатності території до органічного землеробства в зоні впливу атмосферних викидів АКХК за вмістом міді у рослинах (Донецька область)

Адже відомо, що розповсюдження техногенних аерозолів та їх осідання на поверхні ґрунту або рослин значно залежить від панівних напрямків вітрів і особливостей рельєфу території [11].

На відміну від міді, для цинку не було встановлено ареалів надмірного накопичення в рослинах. Середній вміст цього мікроелементу становить 22,4 мг/кг, що є фоновим значенням для зернових культур в Україні. Протилежні результати було отримано для вмісту свинцю – середньозважена величина його накопичення в рослинницькій продукції в зоні впливу викидів АКХК сягає 1,41 мг/кг сухої маси, що значно перевищує встановлений норматив – 0,5 мг/кг. Понад 80 % зразків рослин на цій території мають надмірний вміст Pb, що свідчить про ризикованість ведення органічного сільськогосподарського виробництва.

Подібними були результати контролю вмісту кадмію в рослинах. Нормування вмісту рухомих сполук цього пріоритетного екотоксиканту в ґрунтах на теперішній час відсутнє, проте існує досить жорсткий ГДК в зернових культурах, який становить лише 0,1 мг/кг. Спалення та переробка вугілля, які традиційно вважаються найвагомішими джерелами надходження кадмію до агроєкосистем, призводить до того, що понад 62 % рослинних зразків мають надлишковий вміст Cd, який в середньому становить 0,55 мг/кг сухої маси із варіюванням від слідових кількостей до 1,90 мг/кг. Відомо, що з техногенних джерел кадмій надходить у вигляді розчинних та доступних рослинам аерозолів, які розповсюджуються на значну відстань [12], що, власне, й зумовлює майже тотальну забрудненість рослинного покриву цим елементом (рис. 3).



Умовні позначення

Вміст кадмію в рослинницькій продукції,
мг/кг сухої речовини

- Придатні - менше 0,1
- Не придатні - більше 0,1

- Водні об'єкти
- Дороги
- Населені пункти

Рис. 3. Картосхема придатності території до органічного землеробства в зоні впливу атмосферних викидів АКХК за вмістом кадмію в рослинах (Донецька область)

Майже аналогічна ситуація складається із залізом. Регламентация вмісту рухомого Fe в ґрунтах на теперішній час не розроблена, проте існує його МДР у кормах, що дорівнює 100 мг/кг сухої маси. У переважній більшості зразків зерна, та особливо в травах, простежується значне перевищення чинного нормативу. Середній вміст Fe в рослинницькій продукції дорівнює 312,86 мг/кг із варіюванням від 24,20 до 1608,66 мг/кг на досить значній території, що можна пояснити особливістю досліджуваного полігону, адже м. Авдіївка входить до потужного промислового агломерату разом із містами Донецьк та Макіївка, де розташована значна кількість великих промислових підприємств. Тому, хоча залізо і не належить до високотоксичних елементів, вживання такої рослинницької продукції та застосування її як фуражу не рекомендовано.

Висновки

1. Для деяких фізіологічно необхідних рослинам елементів (Cu) притаманна наявність ареалів як з надмірним, так і з недостатнім вмістом рухомих форм у ґрунтах, що свідчить про нерівномірність розповсюдження техногенних аерозолів, механізми якого потребують більш детального вивчення.

2. Ареали надмірного накопичення важких металів у рослинах є більшими ніж площі забруднення ґрунтів, що свідчить про пріоритетність контролю саме рослинницької продукції в зонах де тісно перемежуються промислове та сільськогосподарське виробництво.

3. Ризик ведення органічного рослинництва на територіях, що підпадають під вплив аеральних викидів підприємств хімічної промисловості є значним через забруднення рослин та ґрунтів важкими металами.

Список використаної літератури

1. *W-site Федерації органічного руху України* [www.organic.com.ua].
2. *Довідник стандартів ЄС щодо регулювання органічного виробництва та маркування органічних продуктів*; за ред. Є. Мілованова, С.Мельника, О. Демідова та ін. – Львів: ЛА. Піраміда, 2008 – 204 с.
3. *Фатеев А.І.* Оцінка придатності ґрунтів України для органічного землеробства за вмістом мікроелементів / А.І. Фатеев, К.Б. Смірнова, Д.О. Семенов та ін. // Вісник аграрної науки. – 2014. - № 4. – С. 5 – 9.
4. *Большаков В.А.* Нормирование загрязняющих веществ в почве / В.А. Большаков // Химизация сельского хозяйства. – 1991. - №9. – С. 10-14.
5. *Титова И.А.* Содержание тяжелых металлов в гранулометрических и денсиметрических фракциях почв / И.А. Титова, Л.С. Травникова, З.Н. Кахнович и др. // Почвоведение. – 1996. - №7. – С.888-898.
6. *Черных Н.А.* Нормирование загрязнения почв тяжелыми металлами / Н.А. Черных, В.Ф. Ладонин // Агрехимия. - №6. – 1995. - С. 71-80.
7. *Лукин С.В.* Накопление кадмия в с.-х. культурах в зависимости от уровня загрязнения почвы / С.В. Лукин, В.Е. Явтушенко, И.Е. Солдат // Агрехимия. – 2000. - № 2. – С. 73-77.
8. *Серебренникова Л.Н.* Содержание и распределение тяжелых металлов в почвах техногенных ландшафтов / Л.Н. Серебренникова, А.И. Обухов, С.И. Решетников и др. // Почвоведение. – 1982. - № 12. - С. 71-76.
9. *Медведев В.В.* Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины / В.В. Медведев, И.В. Плиско. - Х.: 13 типография, 2006. - 386с.
10. *Добровольский В.В.* Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова ТМ / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1999. - № 5. - С. 639-645.
11. *Фатеев А.И.* Влияние мезорельефа на накопление тяжелых металлов в почве в зоне влияния локальных источников техногенного загрязнения / А.И. Фатеев, Т.И. Измодёнова, Я.В. Бородина / Производство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия. Матер. между. научно-практ. конф. V съезда почвоведов и агрохимиков Беларуси, 2015. - Т.2. – С. 357 – 360.
12. *Глазовская М.А.* Критерии классификации почв по опасности загрязнения свинцом / М.А. Глазовская // Почвоведение. – 1994. - № 4. – С. 110-120.

Стаття надійшла до редколегії 5.11.2015

SOIL SUITABILITY FOR ORGANIC FARMING WITHIN AIR- TECHNOGENIC EMISSIONS OF CHEMICAL INDUSTRY**D.O. Semenov****National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine**

One of the main difficulties in the transformation of farmers to organic farming system is considerable costs over a long transition period and the lack of relevant information about the suitability of soils on ecological and toxicological characteristics. This is especially important for areas where the border is closely to agricultural and industrial production. Purpose: to assess the suitability of the soils on the territory of distribution zones of air-technogenic emissions of chemical industry for organic farming. With kriging method (statistical version of interpolation) there are develop map-schemes of land suitability for organic farming in accordance with applicable regulations of trace elements and heavy metals. Results: There are determined areas of excessive, optimal and insufficient content of available forms of trace elements and heavy metals in soil and their accumulation in crop production in the zone of atmospheric emissions of Avdeevka coke-chemical plant. It is shown the similarity of the accumulation of pollutants in soils and plants to the source of emission, indicating the patterns of distribution of emission components, depending on the direction of prevailing winds and terrain. Conclusions: we proved the priority of control for crop production to determine the extent of contamination of agro-ecosystems. Air emissions of chemical industry have led to the excessive accumulation of heavy metals in soils and plants, which indicates the unsuitability of such areas for organic farming.

Key words: soil, trace elements, heavy metals, organic farming, map-schemes suitability.

УДК 631.427.22

ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТУ ОПТИМАЙЗ 200 НА БІОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТУ В ПРИКОРЕНЕВІЙ ЗОНІ РОСЛИН СОЇ В УМОВАХ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**О.Є. Найдюнова****ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна
(oxana-naydyonova@mail.ru)**

У стаціонарному польовому досліді проведено дослідження з визначення екологічної та економічної ефективності застосування біопрепарату Оптимайз 200 на основі бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* для передпосівної інокуляції насіння сої в умовах органічної системи землеробства. Двічі за вегетаційний період (у фазі утворення третього справжнього трійчастого листка і у фазі дозрівання) у ґрунті прикореневої зони рослин сої визначали чисельність мікроорганізмів різних еколого-функціональних груп і ферментативну активність. Встановлено суттєвий позитивний вплив мікробного препарату на чисельність, структуру і функціонування мікробних угруповань, біохімічну активність ґрунту і урожай сої. Результати досліджень показали доцільність використання Оптимайз 200 в органічному виробництві сої на чорноземі опідзоленому.

Ключові слова: біологічні показники, біопрепарати, мікробні угруповання ґрунту, органічне землеробство, ферментативна активність ґрунту.

Вступ. В умовах гострого дефіциту якісних добрив на основі гною великої рогатої худоби та пташиного посліду для поліпшення поживного режиму ґрунту набуває актуальності застосування біопрепаратів на основі агрономічно корисних мікроорганізмів, які сприяють оптимізації кореневого живлення рослин, активізації аборигенної мікрофлори і позитивних ґрунтово-біологічних процесів, підвищенню біологічної активності ґрунту в прикореневої зоні рослин. Надзвичайно важливим є застосування мікробних препаратів за умов органічного землеробства, що дозволить підвищити урожайність та поліпшити якість продукції рослинництва і одночасно заощаджувати сировинні та енергетичні ресурси. Актуальним питанням є не тільки розробка таких біопрепаратів, але й визначення ефективності їх застосування в технологіях вирощування різних сільськогосподарських культур за умов органічного

землеробства на різних ґрунтах. До того ж постійно ведеться пошук нових активних агентів для створення біопрепаратів. У зв'язку з цим, нагальним питанням є оцінка ефективності застосування окремих мікробіологічних агрозаходів за біодіагностичними показниками в певних ґрунтово-кліматичних умовах.

Со́я – одна з провідних культур органічного виробництва в Україні. Як і переважна більшість бобових культур, со́я здатна вступати у симбіоз з бульбочковими бактеріями, які утворюють на її коренях бульбочки і забезпечують рослини екологічно чистим біологічним азотом. Відомо, що для бульбочкових бактерій характерна певна специфічність щодо родів, видів і навіть деяких сортів бобових рослин, з якими вони здатні формувати ефективні симбіотичні зв'язки. Специфічними для со́ї є бактерії, що належать до виду *Bradyrhizobium japonicum*. Але в ґрунтах України відсутні аборигенні бульбочкові бактерії со́ї, про що красномовно свідчить їх видова назва. Хоча у ґрунтах, на яких раніше вирощували со́ю, зустрічаються локальні інтродуковані популяції ризобій, але невисока азотфіксувальна активність ґрунтових ризобій або їх недостатня кількість у зоні проростання насіння для нодуляції рослин со́ї обмежує азотфіксувальний потенціал бобово-ризобіального симбіозу. До того ж, один і той самий вид бульбочкових бактерій може мати активні, малоактивні й зовсім неактивні штами. Тому, штучна інокуляція насіння селекціонованими активними штамми повинна бути обов'язковим елементом технології вирощування со́ї, особливо в органічному землеробстві.

Мета досліджень – встановити ефективність біопрепарату Оптимайз 200 на основі бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* за вирощування со́ї в органічному землеробстві за його впливом на стан мікробних ценозів чорнозему опідзоленого в прикореневій зоні рослин і урожайність со́ї.

Об'єкти і методика досліджень. Дослідження ефективності застосування біопрепарату Оптимайз 200 вели у 2015 р. у тривалому стаціонарному польовому досліді відділу агрохімії ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» з вивчення різних систем землеробства в ДП ДГ «Граківське дослідне поле ННЦ ІГА» (сmt Коротич Харківського району Харківської області) на чорноземі опідзоленому, на ділянках варіанту з органічною системою землеробства (облікова площа ділянки 168 м², повторність 3-разова). Дослід включав два варіанта – 1 – контроль (К) – насіння со́ї нічим не оброблене і 2 – насіння інокульоване Оптимайз 200 (І).

Інокулянт Оптимайз 200 для насіння со́ї виробництва компанії Байєр (Німеччина) створений на основі азотфіксувальних бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, які не лише фіксують атмосферний азот, але й синтезують рістстимулювальні речовини (вітаміни, гетероауксин, гіберелін тощо). Окрім штаму бактерій до складу інокулянта входить ліпохітоолігосахарид (ЛХО) та сучасний рідкий компонент для подовження терміну виживання корисних бактерій.

Передпосівну інокуляцію насіння со́ї сорту Діана проводили згідно з інструкцією виробника препарату.

Зразки ґрунту із прикореневої зони рослин со́ї відбирали двічі за вегетаційний період – на початку вегетації (10.06 2015 р. – у фазі утворення третього справжнього (трійчастого) листка і наприкінці вегетації (06.08.2015 р. – у фазі дозрівання бобів со́ї). У зразках визначали такі біологічні показники ґрунту:

1) чисельність мікроорганізмів головних еколого-функціональних груп методом мікробіологічного посіву на тверді елективні поживні середовища [1]: а) органотрофних бактерій – на м'ясо-пептоновий агар (МПА); б) мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук, і актиноміцетів – на крохмаль-амонійний агар (КАА); в) оліготрофних мікроорганізмів – на голодний агар (ГА); г) грибів – на середовище Ріхтера; д) бульбочкових бактерій – на соєвий агар (повторність 4-кратна: кожен ґрунтовий зразок висівався на кожне живильне середовище на

4 паралельні чашки Петрі);

2) показники, що характеризують функціональний стан мікробних угруповань і визначаються шляхом розрахунку співвідношення чисельності окремих груп мікроорганізмів, а саме, показники мінералізації [2, с. 24], оліготрофності [3] та мікробної трансформації органічної речовини ґрунту (МТОРГ) [4]. Загальне оцінювання впливу біопрепарату на мікробний ценоз проводили за сумарним біологічним показником (СБП), розрахованим методом відносних величин за Дж. Ацці [5];

3) біохімічна активність ґрунту за активністю ферментів фотоколориметричними методами: а) інвертази – за методом, викладеним Д.Г. Звягінцевим із співавторами [1, С. 157-158]; б) дегідрогенази – за А.Ш. Галстяном [6]; в) поліфенолоксидази – за Л.А. Карягіною та Н.А. Міхайловською [7].

Достовірність експериментальних даних оцінювали із застосуванням дисперсійного і кореляційного аналізів з використанням стандартного пакету програм «Statistica 6.0».

Аналіз результатів досліджень. Застосування біопрепарату Оптимайз 200 позитивно вплинуло на чисельність мікрофлори в ґрунті прикореневої зони рослин сої. Так, чисельність бактерій, що засвоюють органічний азот, у кореневій зоні рослин, які виростили з обробленого препаратом насіння, була вищою, ніж у кореневій зоні рослин контрольного варіанту на 24-46 % на всіх повтореннях польового дослідження, мікроорганізмів, що асимілюють мінеральні сполуки азоту – на 15-29 %, оліготрофів – на 9-48 %, кількість евтрофних мікроорганізмів перевищувала контроль на 18-36 % (табл. 1). За сумарним біологічним показником (СБП), розрахованим з урахуванням чисельності всіх досліджуваних груп мікроорганізмів, у середньому за вегетаційний період збільшення чисельності мікроорганізмів у ґрунті у прикореневій зоні рослин (усереднене за повтореннями) становило 23 % відносно контролю.

1. Вплив передпосівної інокуляції насіння сої біопрепаратом Оптимайз 200 на чисельність мікроорганізмів у ґрунті у прикореневій зоні

Мікробіологічні показники, одиниці вимірювання	Кількість мікроорганізмів								
	на початку вегетації			наприкінці вегетації			середня за вегетацію		
	К	І	НІР _{0,05}	К	І	НІР _{0,05}	К	І	
Мікроорганізми, що засвоюють органічний азот, млн КУО/г сухого ґрунту	15,87	18,49	1,68	19,59	29,56	7,64	17,73	24,02	
Мікроорганізми, що засвоюють мінеральний азот (загальна кількість), млн КУО/г сухого ґрунту	48,59	50,62	2,42	29,12	42,94	8,12	38,86	46,78	
Бактерії, що засвоюють мінеральний азот, млн КУО/г сухого ґрунту	37,56	38,55	–	22,41	33,19	–	29,99	35,87	
Актиноміцети, млн КУО/г сухого ґрунту	11,03	12,06	1,00	6,56	9,74	0,78	8,80	10,90	
Гриби, тис./г сухого ґрунту	36,03	35,39	4,12	44,73	55,75	8,62	40,38	45,57	
Оліготрофи, млн КУО/г сухого ґрунту	26,44	25,96	4,24	18,30	28,43	4,30	22,29	27,20	
Евтрофи, млн КУО/г сухого ґрунту	64,50	69,14	–	48,76	69,49	–	56,63	69,32	
Показник оліготрофності	0,41	0,38	–	0,37	0,41	–	0,39	0,39	
Показник мінералізації	3,06	2,74	–	1,49	1,45	–	2,19	1,95	
МТОРГ [†]	21,05	25,24	–	32,77	49,91	–	25,82	36,35	
СБП, %	100	106	–	100	145	–	100	123	

Примітка. К – насіння сої нічим не оброблене; І – насіння інокульоване Оптимайз 200

Ознаками позитивного впливу біопрепарату на функціональний стан мікробного ценозу є зниження показника мінералізації азотовмісних речовин, що опосередковано свідчить про зниження мінералізаційних процесів і сприяє збереженню поживних речовин у ґрунті, а також суттєве зростання коефіцієнта мікробної трансформації органічної речовини ґрунту (МТОРГ), яке свідчить про посилення мікробіологічних процесів у ґрунті прикореневої зони.

Зважаючи на те, що активним біоагентом препарату є штам бульбочкових бактерій, в ґрунті прикореневої зони рослин сої двічі за вегетацію визначали чисельність бактерій, що ростуть на соєвому агарі. Виявлено помітне збільшення як загальної кількості бактерій, що виростили на цьому середовищі, так і кількості бактерій штаму, який входить у склад біопрепарату (табл. 2).

2. Вплив застосування біопрепарату Оптимайз-200 на чисельність бульбочкових бактерій в ґрунті впродовж вегетації сої

Варіант дослідження	Кількість бактерій					
	на початку вегетації		наприкінці вегетації		середня за вегетацію	
	загальна кількість	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	загальна кількість	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	загальна кількість	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
Контроль	36,23	3,26	29,57	3,63	32,99	3,45
Оптимайз 200	41,88	13,46	38,82	5,35	40,35	9,41
НІР _{0,05}	2,28	1,06	4,32	1,02	–	–

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком сої показали, що рослини, які виростили з обробленого препаратом насіння, були вищими, ніж рослини на контролі, мали яскраво-зелений колір листя, на відміну від рослин контрольних варіантів, листя яких було бліде, жовтуватого забарвлення. Бульбочки на коренях рослин у контрольному варіанті не утворювалися взагалі, а на коренях інокульованих рослин спостерігалося рясне їх утворення (рис. 1).



А – контроль, без інокуляції

Б – з інокуляцією біопрепаратом Оптимайз 200

Рис. 1. Вплив передпосівної інокуляції насіння сої препаратом на основі бактерій *Bradyrhizobium japonicum* на утворення бульбочок на коренях рослин

Важливим показником біологічної активності ґрунту є його ферментативна активність. Виявлений кореляційний зв'язок між активністю ферментів і родючістю ґрунту дозволяє використовувати рівень ферментативної активності для оцінки ефективності агрозаходів. Активність дегідрогенази та інвертази підвищувалася у разі застосування Оптимайз 200 як на початку, так і наприкінці вегетації, в середньому за повтореннями і за вегетацію на 12 і 13 % відповідно (табл. 3). Позитивний вплив на поліфенолоксидазну активність спостерігали лише на початку вегетації.

3. Вплив застосування біопрепарату Оптимайз-200 на ферментативну активність ґрунту

Варіант досліджу	Активність ферментів, одиниці вимірювання								
	Дегідрогеназа, мг ТФФ / 100 г ґрунту за 24 години			Інвертаза, мг глюкози / 1 г ґрунту за 24 години			Поліфенолоксидаза, мг 1,4-п-бензохінону / 10 г ґрунту за годину		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Контроль	133,83	179,5	156,67	5,62	4,46	5,04	476,67	488,00	482,34
Оптимайз 200	142,00	209,5	175,75	6,15	5,24	5,70	508,67	450,67	479,67
НІР _{0,05}	7,82	9,24	–	0,37	0,53	–	10,15	14,84	–

Примітка. Цифрами позначено: 1 – на початку вегетації, 2 – наприкінці вегетації, 3 – середні за вегетацію.
ТФФ – трифенілформазан.

Оптимізація азотного живлення компонентом біопрепарату та підвищення біологічної активності ґрунту в прикореневій зоні рослин відбилися на врожаї сої. Прибавки врожаю становили 4,08 (перше повторення), 5,6 (друге повторення) і 4,04 ц/га (третє повторення), що у середньому становить 4,5 ц/га (табл. 4).

4. Вплив застосування біопрепарату Оптимайз 200 на урожай зерна сої сорту Діана

Урожай зерна, ц/га, за варіантами і повтореннями						Середній за повтореннями	
1		2		3			
Контроль	Оптимайз 200	Контроль	Оптимайз 200	Контроль	Оптимайз 200	Контроль	Оптимайз 200
7,14	11,22	5,90	11,50	5,66	9,70	6,23	10,81

Примітка. НІР_{0,05} = 2,21; F_{табл. 0,05} = 18,51; F_{факт.} = 79,33

Виявлено тісний кореляційний зв'язок біологічних показників ґрунту у прикореневій зоні рослин сої з урожаєм. Встановлено, що найбільш тісно корелювали з урожаєм чисельність бульбочкових бактерій, зокрема *Bradyrhizobium japonicum*, чисельність оліготрофів, евтрофів, мікроорганізмів, що засвоюють органічний і мінеральний азот і СБП. Зворотній зв'язок в усіх випадках встановлено між урожаєм і показниками оліготрофності та мінералізації. Коефіцієнти кореляції представлено в табл. 5

5. Кореляційний зв'язок параметрів біологічних показників ґрунту з урожайністю сої сорту Діана на чорноземі опідзоленому в умовах органічного землеробства

Біологічні показники	Коефіцієнт кореляції (r)
Бактерії, що засвоюють органічний азот	0,76
Бактерії, що засвоюють мінеральний азот	0,72
Актиноміцети	0,68
Бульбочкові бактерії	0,99
Евтрофи	0,76
Показник оліготрофності	-0,46
Показник мінералізації	-0,12
МТОРГ	0,63
СБП	0,69
Дегідрогеназа	0,30
Інвертаза	0,34
Поліфенолоксидаза	0,12

Розрахунки показали, що економічний ефект від застосування препарату Оптимайз 200 для передпосівної обробки насіння сої за умов органічного землеробства полягає у можливості здобування додаткового доходу за цінами реалізації 2015 р. у розмірі 3070 грн/га, що, за сформованого у 2014 р. рівня рентабельності, може забезпечити додатковий прибуток 2283 грн/га.

Висновки. Встановлено позитивний вплив застосування біопрепарату Оптимайз 200 в умовах органічного землеробства на параметри біологічних показників чорнозему опідзоленого в прикореневій зоні рослин і урожайність сої сорту Діана.

Під дією препарату підвищилася чисельність мікрофлори у ґрунті кореневої зони, а на коренях рослин, насіння яких було оброблено біопрепаратом, рясно утворювалися бульбочки, прискорився ріст і розвиток рослин та зріс урожай сої. У середньому чисельність мікроорганізмів у ґрунті прикореневої зони рослин збільшилася на 23 %, активність дегідрогенази та інвертази підвищилася на 12-13 %, урожай сої зріс на 4,58 ц/га.

Список використаної літератури

1. *Методы почвенной микробиологии и биохимии* / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. – М.: МГУ, 1980. – 224 с.
2. *Мишустин Е.Н.* Ассоциации почвенных микроорганизмов / Мишустин Е.Н. – М.: Наука, 1975. – 107 с.
3. *Аристовская Т.В.* Методы изучения микрофлоры почв и её жизнедеятельности / Т.В. Аристовская, Ю.А. Худякова // Методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1977. – С.141 – 286.
4. *Муха В.Д.* О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов / В.Д. Муха // Сб. науч. тр. ХСХИ, т. 273, Харьков, 1980. – С. 13 – 16.
5. *Ацци Дж.* Сельскохозяйственная экология / Дж. Ацци; пер. с англ. Н.А. Емельяновой, О.В. Лисовской, М.П. Шикеданц; под ред. В.Е. Писарева. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1959. –С. 242 – 243.
6. *Хазиев Ф.Х.* Ферментативная активность почв / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1976. – С. 39 – 40.
7. *Карагіна Л.А.* Визначення активності поліфенолаксидази і пероксидази у глібці / Л.А. Карагіна, Н.А. Міхайлоўская // Весці АН БССР, серія с.-г. навук. – Мінск, 1986. – № 2. – С. 40-41.

Стаття надійшла до редколегії 3.11.2015

INFLUENCE OF THE BIOLOGICAL PREPARATION OPTIMIZE 200 ON THE ECOLOGICAL STATE OF SOIL IN THE ROOT ZONE OF SOYBEAN PLANTS IN THE CONDITIONS OF ORGANIC FARMING

O.E. Naydyonova

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
(oxana-naydyonova@mail.ru)

In the stationary field experiment we have identified the ecological and economic efficacy of the biological preparation Optimize 200 based on nodule bacteria *Bradyrhizobium japonicum* for presowing inoculation of soybean seeds under conditions organic farming systems. Twice during the growing season (at the phase of formation the third ternate leaves and maturation phase) in the soil of soybeans plants' root zone (in the phase of formation of the third ternate leaves and maturation phase) we have identified a number of microorganisms belonging to main ecological and functional groups and the soil enzymatic activity. It was found a significant positive impact of microbial preparation on the number, structure and function of microbial communities and biochemical activity in the soil of soybeans plants' root zone and soybean yield. The results showed the feasibility of using Optimize 200 in organic production of soybean cultivar Diana on chernozem podzolized.

Key words: biological indicators, biological preparations, the soil microbial communities, organic farming, soil enzymatic activity.

УДК 631.61: 631.518

ВПЛИВ МЕЛІОРАТИВНОГО ОБРОБІТКУ НА ВЛАСТИВОСТІ ТЕМНО-КАШТАНОВОГО СОЛОНЦЮВАТОГО ҐРУНТУ СУХОГО СТЕПУ**О.М. Дрозд**ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків
(elena_drozd@ukr.net)

У польовому дрібноділянковому досліді на темно-каштановому слабосолонцюватому ґрунті досліджено зміни сольового складу та вмісту гумусу у ґрунті під впливом хімічної меліорації, та двох способів меліоративного обробітку ґрунту – плантажної та фрезерної оранки. Виявлено, що меліоративний обробіток ґрунту обумовлює інтенсивні зміни у складі солей та вмісті гумусу в межах меліорованого шару. Прибавки врожаїв сільськогосподарських культур на варіантах з меліоративним обробітком становили 50-55 %, залежно від способу, а на варіанті з хімічною меліорацією – 25-30 %, порівняно зі стандартною оранкою плугом на глибину 25 см. Різниця врожаїв сільськогосподарських культур за різних способів меліоративного обробітку ґрунту не була істотною.

Ключові слова: ґрунт; хімічна меліорація; меліоративна плантажна оранка; фрезерна оранка; сольовий склад; гумус; урожайність.

Вступ. Стабілізація і підвищення соціально-економічного стану регіонів з широким розповсюдженням низькопродуктивних солонцевих ґрунтів вимагає чіткого розуміння основних задач та питань, пов'язаних із сільськогосподарською діяльністю і, зокрема, з підвищенням родючості цих ґрунтів. Ефективне використання солонцевих ґрунтів потребує проведення комплексу заходів з їх окультурення. Тривалими дослідженнями встановлено, що одним з найефективніших способів меліорації солонцевих ґрунтів у посушливих умовах є меліоративна плантажна оранка [1, 2]. Одноразове застосування цього заходу забезпечує позитивну післядію протягом 50 років [3, 4], натомість хімічну меліорацію необхідно повторювати кожні 5-7 років. Застосування меліоративної плантажної оранки є й найбільш екологічно безпечним засобом меліорації солонцевих ґрунтів, оскільки не призводить до додаткового надходження шкідливих хімічних елементів у ґрунт (як це можливо у разі застосування фосфогіпсу для хімічної меліорації) і не викликає негативних змін агрофізичних та агрохімічних властивостей ґрунту. Однак, після проведення плантажної оранки верхня гумусована частина ґрунтового профілю переміщується на деяку глибину. Саме з цієї причини в перші роки післядії відмічається зниження вмісту гумусу та поживних речовин в орному шарі ґрунту на 15-20 %, тоді як у більш глибоких шарах (30-60 см) відбувається збільшення їх на 40-80 %, порівняно з тією ж глибиною на неплантажованих варіантах [1, 5, 6, 7, 8]. Для формування орного шару з умістом гумусу та поживних речовин, подібним до неплантажованого аналогу, необхідно декілька десятиліть [3]. У перші роки після проведення такого обробітку для забезпечення ліпших умов розвитку вирощуваних сільськогосподарських культур на поверхню плантажованого ґрунту необхідно вносити значні кількості органічних добрив, що в нинішніх умовах агрогосподарювання є економічно не вигідним. Альтернативою меліоративній плантажній оранці може бути глибокий фрезерний обробіток. Передбачається, що у процесі проведення такого обробітку відбувається рівномірне перемішування усіх вихідних генетичних горизонтів солонцевого ґрунту та відносно рівномірний розподіл гумусу та карбонатів кальцію у меліорованій товщі. Це може гарантувати сприятливий вплив на розвиток вирощуваних сільськогосподарських культур без додаткового внесення органічних добрив.

Мета роботи – дослідити вплив двох способів меліоративного обробітку на властивості солонцевого ґрунту і продуктивність сільськогосподарських культур в умовах Сухого Степу України.

Об'єкти та методи досліджень. Для проведення досліджень восени 2012 року було закладено модельний дослід на території Інституту зрошуваного землеробства НААН у селищі Наддніпрянське Дніпровського району м. Херсон. Дослідне поле розміщено у незрошуваній частині території Інгулецької зрошувальної системи (географічні координати: 46°44.3029' пн. ш., 32°42.5310' сх. д., 48 м над рівнем моря), що належить до Присиваської провінції зони Степу Сухого. Ґрунотвірна порода – лесоподібний суглинок; рельєф рівнинний; дослід закладено на перелозі. Підґрунтові води залягають на глибині понад 10 м від поверхні. Ґрунт – темно-каштановий слабосолонцюватий важкосуглинковий. Вихідні характеристики досліджуваного ґрунту наведено в табл.1.

1. Вихідні характеристики досліджуваного ґрунту

Показник, одиниця виміру	Параметри характеристик ґрунту за генетичними горизонтами, (у дужках – інтервал варіювання)	
	Нед 0-5 см	Ні 5-42 см
Щільність будови, г/см ³	1,27 (1,21-1,30)	1,50 (1,41-1,59)
СаСО ₃ , %	1,0 (0,5-3,5)	2,8 (1,1-7,8)
pH _{водний}	7,1 (6,8-7,8)	7,5 (7,1-7,9)
Водорозчинні солі, %	0,06 (0,04-0,12)	0,07 (0,04-0,12)
Увібрані натрій і калій, % від суми основ	3,8 (2,8-6,0)	2,0 (1,6-2,4)
Гумус,%	2,1 (2,0-2,4)	1,7 (1,8-1,6)
P ₂ O ₅ за Мачигінім, мг/кг	89 (85-92)	44 (33-48)
K ₂ O за Мачигінім, мг/кг	619 (590-635)	219 (178-233)

Варіанти дослідів: 1) контроль – традиційний основний обробіток ґрунту (оранка плугом з відвалом на глибину 25 см); 2) хімічна меліорація ґрунту – внесення гіпсу за звичайного основного обробітку ґрунту. Дозу гіпсу визначали розрахунковим методом, відповідно до вмісту увібраних натрію та калію у вбирному комплексі ґрунту. Доза становить 1,15 т/га; 3) меліоративна плантажна оранка на глибину 75 см (модель); 4) фрезерна оранка на глибину 75 см (модель). Повторність дослідів – 4-разова, усього 4x4=16 ділянок. Площа ділянки (облікова) 2,25 м², ширина захисної смуги навколо дослідів 2,5 м; між ділянками – 1 м. На ділянках вирощували такі культури: 2013 року – кукурудза, 2014 року - озима пшениця, 2015 – сорго.

Спостереження вели впродовж 2012-2015 років.

Проби ґрунту для визначення властивостей відбирали щорічно два рази за вегетаційний період з 3 точок на кожній ділянці з шарів 0-25, 25-50 і 50-75 см. Параметри властивостей ґрунту визначали у зразках за такими методами: катіонно-аніонний склад водної витяжки – за ДСТУ 7908, ДСТУ 7909, ДСТУ 7943, ДСТУ 7944, ДСТУ 7945 та ДСТУ 8346; склад увібраних катіонів – за ДСТУ 7604 та ДСТУ 8345; вміст карбонатів кальцію – методом В.Є. Соколовича за МВВ 31-497058-021-2005; загальний вміст гумусу – за ДСТУ 4289; груповий склад гумусу – за ДСТУ 7855.

Результати досліджень. Характерною діагностичною ознакою ґрунтів Сухого Степу є наявність у ґрунтового профілі легкорозчинних солей (переважно хлоридів, сульфатів, гідрокарбонатів), сумарний вміст яких є вищим за поріг токсичності, що спричиняє зниження родючості ґрунтів, погіршення росту та розвитку більшості рослин. Досліджуваний ґрунт є слабо засоленим, загальний вміст водорозчинних солей у верхній частині ґрунтового профілю (0-100 см) становить 0,04-0,12 %; у складі водорозчинних солей переважають сульфати та гідрокарбонати магнію. Перший сольовий горизонт з умістом солей 0,12 % виявлено на глибині 75 см, де перевага належить сульфатам і гідрокарбонатам кальцію.

Карбонати кальцію, що є складовою мінеральної частини ґрунту і потенційним джерелом обмінного і водорозчинного кальцію, чинять значний вплив на інтенсивність і напрям розвитку ґрунтоутворювальних процесів. Застосування глибокого меліоративного

обробітку (плантажна та фрезерна оранки) призводить до змін карбонатного профілю ґрунту, що проявляються у перерозподілі карбонатних новоутворень карбонатно-аккумулятивного горизонту, появи карбонатів кальцію у значних кількостях в орному шарі, і як наслідок, підвищенні лінії скипання від HCl. Встановлено, що карбонатний профіль ґрунту на контрольному варіанті є типовим для досліджуваних ґрунтів з незначним вмістом карбонатів в орному шарі (0,9-1,0 %) та максимальним їх накопиченням у шарі 100-125 см (16-19 %). На глибині 70 см вміст карбонатів становить 9 %, що є достатнім для моделювання глибокого обробітку на глибину 75 см.

Вигортання ґрунтової маси карбонатомісних горизонтів, під час проведення меліоративної плантажної оранки, на поверхню обумовило значний вміст карбонатів кальцію в орному шарі плантажованих ґрунтів (9-10 %). За фрезерного обробітку розподіл карбонатів кальцію по профілю є досить рівномірним і їх вміст коливається в межах 2,9-2,7 %. На варіанті з хімічною меліорацією, після внесення гіпсу, вміст карбонатів кальцію в орному шарі ґрунту становив 1,2 % (табл. 2).

Порушення природної будови профілю темно-каштанового слабосолонцюватого ґрунту, зниження щільності будови, відповідне посилення водопроникності ґрунту та залучення карбонатів кальцію з нижніх шарів до орного шару на варіантах з меліоративною плантажною та фрезерною оранками обумовило істотні зміни вмісту та складу водорозчинних солей. У складі водорозчинних солей збільшився вміст гідрокарбонатів кальцію, за рахунок яких відбулося деяке збільшення загального вмісту солей та зростання показника рН ґрунтового розчину з 6,7 на контролі до 7,4-7,9 на варіантах з глибоким обробітком.

2. Вплив різних видів меліорації на сольовий склад досліджуваного ґрунту

Шар ґрунту, см	Вміст CaCO ₃ , %	pH	Загальний вміст солей, %	Вміст токсичних солей, %	Частка Na ⁺ і K ⁺ у сумі увібраних основ, %
<i>Контроль</i>					
0-25	0,96	6,90	0,08	0,02	3,7
25-50	0,96	7,05	0,09	0,06	2,6
50-75	9,00	7,40	0,15	0,11	1,9
<i>Хімічна меліорація</i>					
0-25	1,20	6,95	0,11	0,08	3,3
25-50	1,20	7,05	0,11	0,05	2,3
50-75	8,80	7,40	0,15	0,09	2,1
<i>Меліоративна плантажна оранка</i>					
0-25	9,40	7,80	0,15	0,08	1,7
25-50	1,90	7,70	0,15	0,07	1,8
50-75	1,00	7,7	0,17	0,07	2,0
<i>Фрезерна оранка</i>					
0-25	2,90	7,45	0,14	0,05	2,4
25-50	2,10	7,40	0,16	0,06	2,0
50-75	2,70	7,40	0,17	0,06	2,3

Порівняно з контрольним варіантом у всьому меліорованому профілі знизився вміст хлоридів і токсичних сульфатів. На варіанті з унесенням гіпсу подібну тенденцію помічено лише в орному шарі, у нижніх горизонтах спостерігаються закономірності, властиві ґрунту контрольних ділянок. У цілому можна констатувати збільшення вмісту нетоксичних кальцієвих водорозчинних солей після меліоративного обробітку.

Процеси солеобміну в ґрунтах нерозривно пов'язані зі станом ґрунтового поглинального комплексу (ГПК), насамперед, зі складом увібраних катіонів, чим обумовлено фізико-хімічні властивості ґрунту. Результати досліджень показали, що під

впливом меліорації у ГПК відбуваються кількісні і якісні зміни, що відображують особливості еволюції ґрунту і впливають на рівень родючості. Загальною закономірністю для всіх досліджуваних варіантів є процес розсолонцювання ґрунту. Це підтверджується збільшенням вмісту увібраного кальцію за рахунок зменшення частки увібраних магнію, натрію та калію у ГПК. Інтенсивність процесу розсолонцювання у досліджуваних варіантах різна. На варіанті з хімічною меліорацією вміст суми увібраних катіонів натрію та калію в орному шарі ґрунту має тенденцію до зниження і становить 3,3 % при 3,7 % на контролі. В результаті застосування меліоративної фрезерної оранки їх вміст знизився до 2,4 % (здебільшого завдяки перемішуванню природних генетичних горизонтів у процесі моделювання обробітку). Розсолонцювання ґрунту (окрім вже зазначених причин) зумовлене також високими значеннями активності іонів кальцію на усіх варіантах меліорації. Так, на варіанті з хімічною меліорацією та фрезерною оранкою цей показник істотно не відрізняється і становить 6,9-7,2 мекв/л, а на варіанті з плантажною оранкою він становить 7,5-10,5 мекв/л при 4,1-4,5 мекв/л на контролі.

Дослідження вмісту і профільного розподілу гумусу у ґрунті також показало істотність впливу меліоративного обробітку (рис.1).

Так, в результаті проведення меліоративної плантажної оранки вміст гумусу в орному шарі є найменшим і становить 0,96 % при 2,2 % на контролі, а на глибині 50-75 см – близько 2 % при 0,7-0,9 % на контролі. В результаті застосування фрезерного обробітку розподіл гумусу в ґрунтовому профілі є рівномірним і вміст становить 1,5-1,7 %. На варіантах з хімічною меліорацією істотних змін не виявлено.

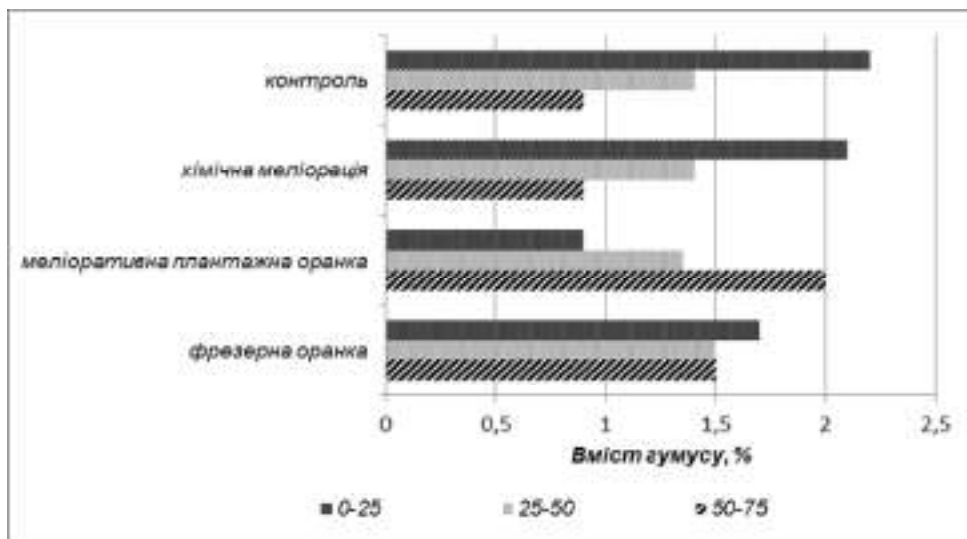


Рис.1. Закономірності профільного розподілу гумусу у досліджуваному ґрунті

Облік урожаю вирощуваних сільськогосподарських культур виявив прибавки врожаїв на рівні 25-30 % на варіантах з хімічною меліорацією та 50-55 % на варіантах з меліоративною плантажною та фрезерною оранками. Істотної різниці величини врожаїв на варіанті з фрезерним обробітком відносно варіанту з меліоративною плантажною оранкою не виявлено.

Висновки. Досліджено вплив хімічної меліорації, меліоративної плантажної оранки та фрезерної оранки на властивості темно-каштанового слабосолонцюватого ґрунту. Виявлено, що під впливом меліоративних способів обробітку ґрунту процеси розсолонення та розсолонцювання у досліджуваному ґрунті є більш інтенсивними, порівняно з хімічною меліорацією. Виявлено значні, внаслідок глибокої плантажної оранки і фрезерного обробітку, зміни гумусового статусу профілю ґрунту. Проте, облік урожайності вирощуваних сільськогосподарських культур не виявив переваг фрезерного обробітку відносно меліоративної плантажної оранки.

Список використаної літератури

1. Новикова А.В. История почвенно-мелиоративных и экологических исследований засоленных солонцовых земель Украины (1890-1996 гг.) / А.В. Новикова. – К., 1999. – 144 с.
2. Кизяков Ю.Е. Органическое вещество солонцовых почв Северного Присивашья и влияние на него различных способов мелиорации / Ю.Е.Кизяков, З.А.Неред, Л.А.Дуброва // Почвоведение. – 1974. – № 2. – С. 53-60.
3. Балюк С.А. Комплексна оцінка агрогенних змін властивостей солонцевих ґрунтів Сухого Степу України. /С.А.Балюк, О.М.Дрозд., Н.Ю.Гаврилович// Вісник аграрної науки. – 2014. – № 10. – С. 44-48.
4. Хімічна меліорація ґрунтів (концепція інноваційного розвитку) // Харків: Міськдрук, 2012. – 129 с.
5. Полупан М.І. Кількісні і якісні зміни вмісту гумусу в ґрунтах півдня України в умовах інтенсивного землеробства / М.І.Полупан // Вісник сільськогосподарської науки. – 1980. – № 11. – С. 9-15.
6. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / За ред. С.А.Балюка, М.І.Ромашенка, В.А.Сташука. – К.: Аграрна наука, 2009. – 624 с.
7. Smith R. Effect of grazing, trenching and surface soil disturbance on ground cover in woody encroachment on the Cobar Pediplain, south-eastern Australia / R.Smith, M. Tighe, N. Reid, S.Briggs, B.Wilson // Journal of Arid environments 96 – 2013. – Pp. 80-86.
8. Simansky V. The effect of organic matter on aggregation under different soil management practices in a vineyard in extremely humid year / V.Simansky, D.Bajcan, L.Ducsay. // Catena. – 2013. Elsevier. – 108-113 p.

Стаття надійшла до редколегії 3.11.2015

MELIORATIVE SOIL TILLAGE EFFECT ON PROPERTIES OF DARK CHESTNUT ALKALINE SOIL IN DRY STEPPE ZONE

O. Drozd

National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine
(elena_drozd@ukr.net)

The small plot experiment on dark chestnut soil, weakly studied composition and changes in the salt content of organic substances under chemical amelioration, reclamation plowage plowing and milling plowing. It was found that the ameliorative plowing cause extensive changes in the salt composition and humus to a depth of reclaimed layer. Increment yield in variants with plowing reclamation is 50-55 %, but no significant difference between the value of crop variants have been identified.

Key words: soil; chemical reclamation; reclamation plowage plowing; milling plowing; salt composition; humus; productivity.

УДК 631.67:631.416.8

ОСОБЛИВОСТІ МІГРАЦІЇ ТА АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЗРОШУВАНИХ АГРОЛАНДШАФТАХ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

М.А. Захарова

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків
(zakharova_maryna@ukr.net)

Наведено результати тривалих досліджень вмісту важких металів (ВМ) у зрошуваних агроландшафтах Інгулецької зрошувальної системи (ІЗС). Встановлено, що для зрошення застосовують воду, яка у різні періоди істотно відрізняється за вмістом важких металів і яку відносять до різних класів якості – від I класу (придатна для зрошення) до III класу (непридатна для зрошення). Вміст у дренажній воді ІЗС переважної більшості досліджуваних елементів нижче, ніж у зрошувальній воді, що свідчить про можливу їх акумуляцію у ґрунто-підґрунті та підвищений винос урожаєм сільськогосподарських культур. Відзначено, що тривале зрошення суттєво не вплинуло на вміст ВМ (валовий, кислоторозчинних та рухомих форм) у ґрунтах Інгулецької зрошувальної системи – він близький до фонових значень і суттєво не змінюється під впливом зрошення. Виявлено, що

низька якість зрошувальних вод істотно впливає на концентрацію ВМ у зерні сільськогосподарських культур, що погіршує його якість. Вміст ВМ в овочевих і кормових культурах меншою мірою залежить від якості зрошувальних вод, що дає змогу отримувати врожаї належної якості. Здобуті шляхом багаторічних досліджень дані свідчать про необхідність постійного контролю вмісту ВМ в усіх компонентах системи “зрошувальна вода – зрошуваний ґрунт – рослини”.

Ключові слова: екологічні проблеми; важкі метали; зрошувані ґрунти; зрошувальні води; якість сільськогосподарських рослин, Інгулецька зрошувальна система (ІЗС).

Вступ. Зрошення дозволяє забезпечити стійке підвищення продуктивності сільського господарства та його адаптацію до змін клімату [1]. Зміна клімату примножує ризики, пов'язані зі стихійними лихами, зміною рівня опадів і температурного режиму і збільшує території з дефіцитом зволоження в Україні: за останні 50 років – на 8 млн га [2]. Водночас необхідно приділяти увагу екологічній безпеці зрошення, адже за збільшення обсягу продукції продовольчих товарів, зрошення посилює екологічні ризики. За даними, наведеними ФАО, 2012 р. [3], на великих територіях усіх континентів спостерігається високий ступінь деградації зрошуваних екосистем, що проявляється передусім у погіршенні якості ґрунту та води [4, 5]. В Україні такі дослідження набувають особливої актуальності у регіонах зі складною екологічною ситуацією, яку ми спостерігаємо, зокрема, на Інгулецькому зрошуваному масиві [6]. Наразі науковцями визначено, що найбільш незадовільними показниками еколого-агромеліоративного стану земель Інгулецької зрошувальної системи (ІЗС) є такі: а) якість зрошувальної води, переважно II-го класу (обмежено придатна), за агрономічними критеріями – небезпекою іригаційного засолення, осолонцювання, підлуження; рівні залягання і мінералізація підґрунтових вод; б) іригаційне засолення і осолонцювання земель. Виявлено, що землі з добрим еколого-агромеліоративним станом відсутні, переважає задовільний стан (52,5 тис. га, що становить близько 80 %) і на іншій частині площі (13,5 тис.га) стан земель незадовільний за рівнем підґрунтових вод, ступенем засолення і солонцюватості ґрунтів, вмістом гумусу і азоту. Під час оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель визначено вміст важких металів (ВМ) у зрошувальних водах і зрошуваних ґрунтах, але поза увагою залишилося виявлення зв'язку з умістом ВМ в овочевій, зерновій і кормовій продукції. Саме тому актуальним є проведення спеціальних комплексних досліджень умісту ВМ у взаємозалежних ланках системи “зрошувальна вода – ґрунти – рослини” зрошуваних агроландшафтів ІЗС.

Метою досліджень було виявлення особливостей міграції й акумуляції важких металів у зрошуваних агроландшафтах ІЗС у системі “зрошувальні води – ґрунти – рослини”.

Об'єкти і методи досліджень. Об'єктами багаторічних (1996-2004) досліджень були вода, ґрунт і рослини на території Інгулецької зрошувальної системи, що знаходиться у Херсонській та Миколаївській областях і належить до Присиваської провінції зони Степу Сухого.

Вода. Досліджували якість зрошувальної води у магістральному та розподільчих каналах і в гідранті та дренажної води. Мінералізація зрошувальної води влітку у роки досліджень була у межах 0,9-1,9 г/дм³, рН – у межах нейтрального (6,9-7,4), тип солей – сульфатно-хлоридний магнієво-натрієвий. Іригаційна оцінка води за агрономічними критеріями (ДСТУ 2430-94) переважно відповідала II-му класу (обмежено придатна для зрошення) за загрозою засолення і осолонцювання ґрунту і I-му класу (придатна) за загрозою підлуження. Аналогічною за якістю була і дренажна вода, яку, у деяких випадках, можна теж використовувати для зрошення.

Ґрунт. Структуру ґрунтового покриву ІЗС становлять чорноземи південні малогумусні, чорноземи лучні слабкосолонцюваті (зрошувані – частково

осолонцьовані); темно-каштанові природно слабкосолонцюваті або вторинно осолонцьовані при зрошенні. Загальний вміст гумусу в орному шарі ґрунтів ІЗС переважно у межах 1,4-2,9 %. Вміст легкогідролізованого азоту – у межах середнього і низького ступенів забезпеченості сільськогосподарських культур (переважно прямо залежить від вмісту гумусу і рівня агротехніки). Забезпеченість рухомими формами фосфору і калію переважно підвищена і висока, згідно з ДСТУ 4362–2004. Засолені і осолонцьовані ґрунти розповсюджені переважно на землях, де підґрунтові води залягають не глибше трьох метрів.

Рослини. Сільськогосподарські культури, вирощувані в богарних умовах і за зрошення в зоні впливу ІЗС – овочеві, зернові, кормові.

Під час відбирання проб ґрунту використовували метод ключів-аналогів. На типових за ґрунтово-меліоративними і господарськими умовами полях сівозмін зрошуваних, вилучених зі зрошення і прилеглих богарних земель відбирали проби ґрунту у шарі 0-30 см у 3-разовій повторності влітку щорічно із 1996 до 2014 рр. Проби зрошувальної і дренажної води відбирали одночасно з пробами ґрунту. Проби рослин відбирали у період їх дозрівання.

У пробах ґрунту, води і рослин визначали вміст Zn, Cd, Ni, Co, Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, тобто, до досліджуваної групи металів включено як елементи – небезпечні токсиканти, так і мікроелементи.

Зразки ґрунту аналізували за такими методиками: валовий вміст ВМ визначали рентгено-спектральним методом (на приладі СРН-25), рухомі та кислоторозчинні форми – атомно-абсорбційним методом на приладі С-115. Для екстракції рухомих форм ВМ використовували ацетатно-амонійний буферний розчин ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) з рН-4,8 за ДСТУ 4770.1-9 :2007. Для екстракції кислоторозчинних форм використовували розчин 1н НСІ (відношення ґрунт/розчин = 1:10). Для оцінки ступеню забруднення ґрунту використовували гранично допустимі концентрації (ГДК) валового вмісту і вмісту рухомих форм ВМ згідно з СанПіН 42-128-4433 та їх фоновий вміст [7-8]. Рівень забезпеченості ґрунтів мікроелементами оцінювали у відповідності до групування І.Г. Важеніна [за 7].

Якість води визначали після її концентрування у 40 разів (випарюванням до сухого залишку та розчиненням його 10 % НСІ) на атомно-адсорбційному спектрофотометрі С-115 [9]. Оцінювання якості зрошувальної води виконували згідно з ДСТУ 7286-2012.

Якість рослинного матеріалу визначали в зольному розчині атомно-абсорбційним методом (після попередньої його підготовки шляхом висушування сирого рослинного матеріалу, подрібнення та сухого озолення в муфельній печі ($t=450-550^\circ\text{C}$) і розчинення золи у 10%-ній НСІ) [9]. Для оцінки якості зернової продукції за вмістом ВМ використовували ГДК, кормової продукції – МДР [за 7].

Результати і обговорення. Тривалі дослідження вмісту ВМ у поливних водах ІЗС показали, що зрошення у різні роки ведеться водою, яка значно відрізняється за якістю, про що свідчать мінімальні та максимальні значення вмісту ВМ у зрошувальній воді (табл. 1). Зрошувальні води за період спостережень переважно придатні для зрошення за вмістом ВМ – І клас якості. В окремі роки було відмічено підвищення вмісту ВМ і погіршення якості поливних вод за цим показником. Головними елементами, які найчастіше лімітують використання для зрошення води ІЗС виступають Pb та Co. Концентрації цих елементів обмежують придатність води для зрошення – II клас якості за екологічними критеріями. В окремі періоди спостереження концентрації Cd, Co, Pb у зрошувальній воді були настільки високими, що змінювали оцінку її придатності для зрошення на – „непридатна для зрошення” – III клас якості за екологічними критеріями. Тобто землі ІЗС зрошуються водами як придатними для зрошення, так і обмежено придатними чи непридатними для зрошення за вмістом ВМ.

1. Вміст важких металів у зрошувальній та дренажній воді Інгулецької зрошувальної системи впродовж часу спостережень

	Вміст важких металів, мг/л								
	Zn	Cd	Ni	Co	Fe	Mn	Pb	Cu	Cr
<i>Зрошувальна вода</i>									
Середній	0,035	0,003	0,027	0,048	0,125	0,018	0,034	0,009	0,002
Мінімальний	0,001	0,001	0,008	0,001	0,010	0,002	0,003	0,001	0,001
Максимальний	0,338	0,023	0,064	0,073	0,732	0,091	0,140	0,132	0,013
<i>Дренажна вода</i>									
Середній	0,022	0,001	0,001	0,021	0,098	0,098	0,009	0,008	0,002
Мінімальний	0,017	0,001	0,001	0,002	0,006	0,074	0,002	0,004	0,001
Максимальний	0,030	0,002	0,002	0,037	0,667	0,115	0,019	0,011	0,012
<i>Параметри оцінювання якості води за ДСТУ 7286-2012</i>									
I клас	< 0,5	< 0,005	< 0,08	< 0,02	< 2,0	< 0,5	< 0,02	< 0,08	< 0,05
II клас	0,5-1,0	0,005-0,01	0,08-0,2	0,02-0,05	2,0-5,0	0,5-1,0	0,02-0,05	0,08-0,2	0,05-0,1
III клас	> 1,0	> 0,01	> 0,2	> 0,05	> 5,0	> 1,0	> 0,05	> 0,2	> 0,1

Як свідчать дані таблиці 1 амплітуда коливань вмісту ВМ (від мінімального до максимального) дуже велика, що підтверджує встановлену дослідниками [6] значну залежність процесу формування складу та якості вод ІЗС від антропогенного впливу, як і те, що характеристики вод не можуть розглядатися незмінними в часі. Це означає, що на ІЗС необхідний постійний контроль якості зрошувальних вод, зокрема, вмісту у них ВМ. Вміст у дренажній воді ІЗС переважної більшості досліджуваних елементів нижче, ніж у зрошувальній воді, свідчить про можливу їх акумуляцію у ґрунто-підґрунті та підвищений винос із урожаєм сільськогосподарських культур. Лише вміст Mn у дренажній воді є вищим, ніж у зрошувальній – за зрошення посилюється його міграція у підґрунті води.

Валовий вміст Zn, Ni, Co, Cu, Cr, Mn в орному шарі ґрунтів ІЗС в середньому знаходиться на фоновому рівні – відношення визначених аналітично значень до фонових становить 0,97-1,31. Вміст Fe і Pb перевищує фоновий у 1,5-2,1 раза. Валовий вміст ВМ у ґрунті (табл. 2) нижче встановлених гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Виявили незначну амплітуду коливань значень вмісту кислоторозчинних форм ВМ у ґрунтах ІЗС (табл. 2). Середні значення концентрацій більшості елементів близькі до їхнього фонового вмісту. Відношення здобутих аналітично параметрів вмісту ВМ до фонових становить: для Co, Ni, Fe та Mn – 1,1-1,6, для Pb і Cu – 2,9-3,6, для Zn та Cd – 0,3-0,4. Відмічено тенденцію деякого збільшення концентрацій більшості елементів за зрошення. Ступінь прояву тенденції відрізняється для різних елементів і найбільше виражений для Mn – його концентрації зросли в 1,25 раза.

Значну амплітуду коливань виявлено щодо вмісту рухомих форм ВМ (табл.2). Для більшості елементів (Cd, Ni, Pb, Fe, Cu) різниця між максимальним і мінімальним вмістом перевищує 10 разів, а для Zn, Co і Mn розходження становлять 5,0-5,3 раза. Середній вміст рухомих форм Zn, Cd, Ni, Co, Fe, Mn дещо нижчий фонових значень, хоча максимальні значення можуть наближатися, чи навіть перевищувати фон. Вміст Pb і Cu у більшості випадків вище фонового у середньому в 2,0-2,5 раза, максимально в 4,2-5,0 разів. Категорія забруднення ґрунтів ІЗС за сумарним показником забруднення визначається як допустима ($Z_c=2-10$). Концентрації рухомих форм усіх ВМ значно нижче встановлених ГДК. Забезпеченість рослин рухомими формами Zn, Co, Mn низька, а Cu – висока (за шкалою І.Г. Важеніна).

2. Вміст важких металів у ґрунті (орний шар)

	Вміст важких металів, мг/кг ґрунту								
	Zn	Cd	Ni	Co	Fe	Mn	Pb	Cu	Cr
<i>Валовий вміст</i>									
За зрошення									
Середній	57	<3	24	11	30000	657	23	22	117
Мінімальний	44	Н	17	10	Н	630	16	20	100
Максимальний	65	Н	35	13	Н	660	30	26	132
Без зрошення									
Середній	53	Н	23	11	30000	645	25	20	123
ГДК [за 7]	100	Н.	85	Н	Н	1500	30	55	Н
<i>Кислоторозчинні форми</i>									
За зрошення									
Середній	3,3	0,15	6,2	2,3	775	180	18,0	8,8	Н
Мінімальний	2,8	0,1	4,4	1,5	762	152	14,5	7,9	Н
Максимальний	4,6	0,2	6,8	3,0	788	188	19,0	9,2	Н
Без зрошення									
Середній	3,1	0,13	5,9	2,2	768	144	17,5	8,6	Н
Фоновий	8,0	0,5	5,0	2,0	500	125	5,0	3,0	Н
ГДК [за 7]	60,0	1,0	Н	Н	Н	Н	60,0	Н	Н
<i>Рухомі форми</i>									
За зрошення									
Середній	0,34	0,09	0,94	0,16	1,66	14,6	0,60	0,78	0,15
Мінімальний	0,04	0,01	0,11	0,06	0,50	3,04	0,01	0,06	0,02
Максимальний	0,92	0,18	2,34	0,25	3,50	30,0	2,50	2,10	0,45
Без зрошення									
Середній	0,40	0,16	0,90	0,15	1,58	13,5	0,50	0,72	0,17
Фоновий	1,00	0,10	1,00	0,50	2,00	43,00	0,50	0,50	0,10
ГДК [за 7]	23,0	Н	4,0	5,0	Н	500	6,0	3,0	6,0

Примітка. Н – не виявлено

Зрошення істотно не впливає на вміст рухомих форм Co, Fe, Ni, Cu в орному шарі досліджуваних ґрунтів. Для Zn і Cd відзначено зниження концентрацій у 1,2-1,5 раза, що може траплятися з переходом цих елементів у менш рухомі форми, а для Mn і Pb відзначена тенденція деякого підвищення концентрацій (у 1,1-1,3 раза), ймовірно викликаного додатковим надходженням елементів у ґрунт зі зрошувальною водою і підвищенням рухомості цих металів в умовах зниження вмісту гумусу і підлужування ґрунтового розчину.

Отже, вміст ВМ (валовий, кислоторозчинних та рухомих форм) у ґрунтах – близький до їх фонових значень і не зазнає суттєвих змін в умовах зрошення.

На теперішній час вже з'ясовано, що ВМ, які містяться в ґрунті, воді і повітрі, в процесі еволюції залучалися в біохімічні процеси і в результаті стали необхідними учасниками найважливіших біологічних функцій як компоненти протеїнів, гормонів та ферментів. Однак поруч із їх незамінністю в мікроконцентраціях, спостерігається токсичність ВМ у разі перевищення певних рівнів їх вмісту в рослинах. В умовах край напруженої екологічної ситуації, яка панує на зрошуваному масиві ІЗС, підвищення продуктивності рослинництва повинно бути нерозривно пов'язане з контролем якості вирощуваної сільськогосподарської продукції. Для ведення сільського господарства в умовах техногенного забруднення необхідно мати достовірну інформацію [10, 11] про закономірності надходження і накопичення в рослинах ВМ, тому дослідження їх вмісту у сільськогосподарських рослинах стали логічним продовженням даної роботи. Проведене оцінювання якості сільськогосподарських рослин показало, що вміст усіх досліджуваних ВМ у зеленій масі кормових культур (табл. 3) в середньому був значно нижчим за встановлені максимально допустимі рівні (МДР) [за 6].

3. Вміст важких металів у сільськогосподарській продукції

	Вміст важких металів, мг/кг								
	Zn	Cd	Ni	Co	Fe	Mn	Pb	Cu	Cr
<i>Люцерна, сира речовина</i>									
Середній	4,38	0,06	0,63	0,51	32,5	10,5	1,07	1,69	0,18
Мінімальний	3,80	0,01	0,54	0,17	24,2	9,0	0,58	1,51	0,05
Максимальний	6,56	0,08	0,77	0,70	40,5	12,1	1,80	2,27	0,21
<i>Сорго, сира речовина</i>									
Середній	4,10	0,03	0,22	0,04	10,1	4,39	0,04	1,05	0,19
Мінімальний	3,67	0,02	0,18	0,01	7,9	2,93	0,02	1,02	0,02
Максимальний	4,47	0,04	0,28	0,06	14,2	6,43	0,05	1,06	0,42
МДР [за 7]	50	0,30	3,0	1,0	100	-	5,0	30	0,5
<i>Озима пшениця, зерно</i>									
Середній	26,98	0,024	0,43	0,80	10,3	3,11	0,18	3,36	0,11
Мінімальний	21,41	0,020	0,25	0,45	3,2	2,75	0,10	2,91	0,09
Максимальний	36,44	0,045	0,52	0,95	15,5	3,50	0,20	3,65	0,16
<i>Ячмінь, зерно</i>									
Середній	27,50	0,015	0,45	0,60	35,0	2,20	0,30	3,40	0,13
Мінімальний	15,0	0,001	0,10	0,1	11,5	1,5	0,1	1,70	0,08
Максимальний	29,3	0,054	0,70	0,75	42,0	3,3	0,56	4,50	0,17
ГДК у зерні [за 7]	50	0,10	0,50	1,0	50	44	0,50	10	0,2
<i>Томати, сира речовина</i>									
Середній	0,98	0,009	0,05	0,05	2,40	0,74	0,05	0,46	0,03
Мінімальний	0,11	0,001	0,01	0,01	0,95	0,18	0,01	0,12	0,01
Максимальний	1,95	0,018	0,045	0,078	4,50	3,15	0,30	0,65	0,32
<i>Картопля, сира речовина</i>									
Середній	1,93	0,01	0,04	0,11	8,05	1,12	0,16	0,88	0,05
Мінімальний	0,28	0,001	0,011	0,08	0,16	0,01	0,06	0,12	0,01
Максимальний	3,45	0,020	0,134	0,32	11,7	2,34	0,48	1,85	0,12
ГДК в овочах [за 7]	10	0,03	0,5	1,0	50	20	0,5	5	0,2

Зниження якості зрошувальної води до II та III класів за вмістом Cd спричинило в окремі роки спостереження підвищення вмісту цього елемента у зерні озимої пшениці та ячменю вище гранично допустимих значень. Викликає занепокоєння висока максимальна концентрація Ni (вище ГДК), що свідчить про необхідність поглиблених досліджень механізмів надходження цього елемента у зерно, селективності його поглинання і накопичення в генеративних органах озимої пшениці та ячменю. Концентрації Pb вищі за гранично допустимі лише у зерні ячменю, що характеризує біогеохімічні особливості досліджуваних культур.

В овочах вміст ВМ нижчий за ГДК, навіть максимальні концентрації досліджуваних елементів не перевищують гранично допустимих. Нашими дослідженнями встановлено, що на зрошуваних землях ІЗС вирощується в основному чиста відносно ВМ, овочева продукція.

Отже, як показав аналіз рослин (зернових, кормових, овочевих), вміст металів у них значно коливається і залежить не тільки від забруднення зрошувальної води і стану ґрунту, а й від хімічних властивостей елементів-забрудників і фізіологічних особливостей культур.

Висновок. Таким чином, за результатами багаторічних спостережень і визначень якості ґрунтів, вод і рослин у зоні впливу ІЗС, виявлено, що землі зрошуються водами як придатними для зрошення, так і обмежено придатними, чи непридатними для зрошення (за вмістом ВМ). Вміст ВМ (валовий, кислоторозчинних та рухомих форм) у ґрунтах – близький до їх фонових значень. Зрошення істотно не впливає на валовий вміст ВМ у ґрунтах і суттєво не змінює їх рухомість (відносно кислоторозчинних і рухомих форм). Якість зрошувальної води більшою мірою впливає

на концентрацію ВМ у зерні та якість зернових культур. Вміст ВМ в овочевих і кормових культурах меншою мірою залежить від якості зрошувальної води, що свідчить про існування у кожної культури власних селективних механізмів поглинання ВМ і характеризує їхні біогеохімічні особливості. Результати досліджень свідчать про необхідність постійного контролю вмісту ВМ в усіх компонентах системи “зрошувальна вода – зрошуваний ґрунт – рослини” для вирощування високих, якісних врожаїв сільськогосподарських культур в умовах зрошуваного землеробства.

Список використаної літератури

1. IPCC, 2007: Climate Change, 2007: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.)]. - IPCC, Geneva, Switzerland, 2007. - 104 p.
2. Концепція відновлення та розвитку зрошення у Південному регіоні України. / За наук. ред. М.І. Ромашенка. – К., 2014. – 28 с.
3. Report From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions The implementation of the Soil Thematic Strategy and ongoing activities /* COM/2012/046 final*/Available on-line [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52012DC0046].
4. Report of the second meeting of the plenary assembly of the Global Soil Partnership (Rome, 22–24 July 2014). Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. - 26 p.
5. Національна програма охорони ґрунтів України / За ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, М.М. Мирошніченка. – Харків, 2015. – 59 с.
6. Рекомендації щодо раціонального використання земель Інгулецької зрошувальної системи. / За ред. С. А. Балюка. – Харків, 2012 – 76 с.
7. ВНД 33-5.5-06-99 Охорона водних, ґрунтових та рослинних ресурсів від забруднення важкими металами в умовах зрошення. – К.: Держводгосп України, 1999. – 26 с.
8. СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. - М., 1988. – 302 с.
9. Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах / Под ред. И.Г. Важенина. - М.: Колос, 1974. - 288 с.
10. Baliuk S.A., Solovey V.B., Zakharova M.A., Kucher A.V., Truskavetskyi S.R. Analysis of information support for the condition of soil resources in Ukraine// Agricultural Science and Practice 2 (2015). P.77-84.
11. Балюк С.А. Наукові та технологічні основи управління мікроелементним живленням сільськогосподарських культур. Наукова доповідь. // С.А. Балюк, А.І. Фатєєв. – Харків: КП «Міськдрук», 2012. – 32 с.

Стаття надійшла до редколегії 3.11.2015

SPECIFICS MIGRATION AND ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN IRRIGATED AGRICULTURAL LANDSCAPES OF INGULETS IRRIGATION SYSTEM

M.A. Zakharova

¹National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
(zakharova_maryna@ukr.net)

The results of long-term studies of heavy metals (HM) content in irrigated agricultural landscapes of Ingulets irrigation system are listed. Established that the water used for irrigation, which at different times significantly different for the content of heavy metals and which belong to different classes of quality - from I class (suitable for irrigation) class III (unsuitable for irrigation). Content in drainage water vast majority of investigated elements lower than the irrigation water, indicating their possible accumulation in soil-motivated and increased take-out harvest crops. It is noted that prolonged irrigation did not significantly influenced the content of the HM (gross and mobile forms) in soils of Ingulets irrigation system - it is close to background values and does not change significantly under the influence of irrigation. Revealed that low quality of irrigation water significantly affects the concentrations of HM in grain crops and worsen their quality. HM content in vegetable and forage crops is less dependent on the quality of irrigation water, which allows to obtain yields of good quality. These data suggest the need for continuous control over the content HM in all components of "irrigation water - irrigated soil - plant".

Keywords: environmental problems; heavy metals; irrigated soils; irrigation water; quality of agricultural plants.

ІСТОРИЯ НАУКИ HISTORY OF SCIENCE

УДК 631.4

ПОЧВА КАК СРЕДА ОБИТАНИЯ РАСТЕНИЙ. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Е.С. Мигунова

Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого
(*migunova-l-s@yandex.ua*)

Методом аналитического обзора классических научных публикаций обосновывается понимание плодородия, как способности создавать тот или другой урожай растений, как главного свойства почв, отличающего их от других природных тел и определяющего их важнейшую роль в поддержании жизни на Земле. Обуславливают эту роль лимитированные на Земле ресурсы – *тепло, влага и пища*, создающие в сумме тот или иной биопотенциал среды. Приводятся их количества в разных типах среды.

Ключевые слова: плодородие, увлажнение, трофность, экология, экосистема.

Введение. Одним из главных постулатов почвоведения, сформировавшегося на идеях В.В. Докучаева, нередко называемого *генетическим*, является понимание почв как *особых природных тел*, подобных минералам или растениям. Следствием такого понимания явилось сосредоточение внимания на изучении почв как таковых, их так называемых «внутренних» свойств. Раньше на почвы смотрели как на преобразованный выветриванием и растительностью верхний слой горных пород и изучали как *среду, субстрат*, в котором обитают корни растений, оценивая насколько данный субстрат благоприятствует росту растений. Крупнейшим представителем этого направления в России был П.А. Костычев, считавший, что предметом почвоведения является «*изучение свойств почв по отношению к жизни растений*» [9, с.9].

При таком изучении с убедительностью выявляется определяющая роль почвообразующих пород, их гранулометрического состава, что вполне естественно, так как почвы на 95-98 % из них состоят, и в значительной мере наследуют их состав и свойства. Поэтому почвы классифицировали по горным породам или чаще по грансоставу.

Из всех почвоведов, как классиков, так и их многочисленных последователей, только Н.М. Сибирцев осознал и обосновал то положение, что учение о почве как среде обитания растений, имеющее многовековую историю и классифицирующее почвы по грансоставу является *вполне законным*, и что это учение и разработки В.В. Докучаева, положившие начало пониманию почв как особых природных тел и современному генетическому почвоведению, «*взаимно дополняют и развивают друг друга, составляя вместе цельное естественно-научное почвоведение*» [22, с. 19].

В 1895 г. Сибирцев опубликовал классификацию почв, впервые названную им генетической. Ученый представил ее в системе координат. На одной ее оси размещены *генетические типы* почв – от золотых пустынных до арктических и тундровых, в том числе каштановые, черноземные с подтипами южных, обыкновенных, мощных и деградированных, дерновые и дерново-подзолистые разных подтипов. Выделение этого ряда почв знаменовало установление одного из основных законов почвоведения – *закона зональности почв*. Зональные почвы Сибирцев определил как располагающиеся по земной поверхности полосами сообразно изменению физико-географических условий почвообразования. Кроме этих почв выделены еще *интразональные* (болотные, засоленные) и *азональные* или *неполные* (пойменные, на плотных породах). Вторая ордината, названа ученым «*петрографические группы*» (от *petro* – горная порода). На ней выделены пять групп – от глин до песков. При этом для каждого типа почв, представленного на первой шкале, указаны конкретные горные породы, на которых эти почвы формируются.

Данный принцип классификации уравнивает по значению *генетический тип* почв и их *гранулометрический состав*, объединяя два названных выше направления почвоведения: генетический тип – принцип Докучаева, гранулометрический состав – принцип Костычева. Хотя, как мы полагаем, ученый не ставил перед собой этой цели, а просто использовал в своей классификации два основных свойства почв – *строение* (морфологию), по которой определяется генетический тип, и *состав*, обусловленный исходной породой.

К сожалению, этот исключительно совершенный классификационный прием не получил в почвоведении развития. Если в начале XX века господствующим было учение о почве как среде обитания, то уже в середине 1920-х годов, кроме небольших школ В.Р. Вильямса в Москве и А.Н. Соколовского в Харькове, оно практически перестало существовать, и его позиции заняло изучение почв как природных тел. По-видимому, единственными, кто в настоящее время продолжает оценивать почву, как среду обитания растений, являются, сами того не подозревая, лесоводы-типологи экологической школы Морозова-Крюденера (в отличие от фитоценотической школы В.Н. Сукачева).

Лесотипологические классификации. Лесная типология – сравнительно новый теоретический раздел лесоводства, изучающий взаимосвязи лесов с их средой, прежде всего с почвогрунтами, оформившийся в процессе знакомства лесоводов с народными природоведческими знаниями, обобщенными в начале XX века крупными российскими лесоводами Г.Ф. Морозовым [14] и А.А. Крюденером [10]. Один из главных народных постулатов гласит «*каков грунт земли, таков и лес*». Грунтом земли в северных лесных районах России называли почвы.

Если шкала генетических типов стала основой всех последующих классификаций почв, то шкала петрографических групп в последующем никем кроме С.А. Захарова [8] не использовалась. При этом никогда и никем не был отмечен тот факт, что спустя 20 лет после выхода в свет классификации Сибирцева, лесовод Крюденер опубликовал сопряженную классификацию лесов и почвогрунтов, на которых они произрастают, в той же системе координат, одна из которых названа так же, как у Сибирцева, *петрографические группы*. На ней приведено семь групп субстратов – от песков до глин (четыре группы) и три двухслойных (пески, подстилаемые суглинками и др.). Так же, как Сибирцев, Крюденер оперирует не механическим, а породным составом, определяя выделенные им пески и супеси как самостоятельные типы горных пород. Эту шкалу Крюденер совместил со шкалой богатства почв элементами питания и сделал основной, так как именно уровень обеспеченности почв ими определяет *состав*, а значит и *тип насаждений* (в последующем *тип леса*), основной лесотипологический таксон, объединяющий участки леса, однородные по составу и продуктивности.

Сибирцев собрал очень большой объем данных о содержании биоэлементов в разных типах почв. Одновременно он много лет занимался бонитировкой (оценкой качества) почв, которое он увязывал с их механическим составом (глинистые и суглинистые черноземы 80-100 баллов, боровые и глинистые пески 4-12 баллов). При этом ни в одной его работе мы не встретили положения о том, что рост плодородия почв с утяжелением их механического состава обусловлен увеличением количества биоэлементов. В то же время Крюденер, не имея ни одного химического анализа почв, по изменению состава растительности с утяжелением их механического состава, появлению все более требовательных видов – от сосны на песках до дуба и ели на суглинках – прямо утверждает, что *утяжеление механического состава почвогрунтов сопровождается увеличением в них количества биоэлементов* [10]. Более того. По прекрасному росту лесных насаждений на горных породах, известных высоким содержанием фосфора и калия (глауконитовых песках, силурийских известняках, девонских глинах), он делает заключение о том, что именно эти элементы обуславливают уровень богатства, тучности почв, обосновывая этим, что *не размер фракций, а их химический состав определяет уровень плодородия почв*. Однако названные горные породы весьма редки. В подавляющем большинстве случаев количество биоэлементов в почвах растет параллельно с утяжелением их грансостава. Поэтому Крюденер в своей классификационной таблице увязывает группы богатства почвогрунтов с утяжелением грансостава пород, на которых они сформированы, а также с наличием кальция, определяющего реакцию (pH) почв, а потому

доступности биоэлементов. Собранный нами огромный аналитический материал [11] полностью подтверждает этот принятый Крюденером прием.

Шкала генетических типов почв Сибирцева у Крюденера превращена в шкалу гидрометрических групп. На ней представлены 15 групп почвогрунтов, различающихся уровнем увлажнения, с учетом их генетической принадлежности. Обратим внимание на тот факт, что П.С. Погребняк уже в первой украинской лесотипологической экспедиции (1926-1932) назвал генетический тип почв *мерой влажности типа леса*. Отметим, что морфологию почв в значительной мере обуславливает их водный режим – в горах при сходном водном режиме – обильном увлажнении и отсутствии застоя влаги на разных высотных поясах под разной растительностью формируется один тип почв – бурые лесные. *В результате генетическая классификация почв Сибирцева превратилось у Крюденера в классификацию почв по их плодородию, по их обеспеченности пищей и влагой.* В остальном эти классификации существенно различаются. Крюденер совместил в своей классификации типы почв и типы произрастающих на них насаждений, взяв за основу при определении границ этих единств тип насаждений, их состав и продуктивность, создав в результате первую в истории науки *классификацию экосистем, лесных экосистем.*

Классификационная таблица Крюденера, замененная в других республиках СССР после его эмиграции классификацией лесов Каяндера-Сукачева, была преобразована продолжившими совершенствование его разработок украинскими типологами [1,16], создавшими две классификационные модели – *климатическую* и *эдафическую* (от лат. edaphus – почва) *сетки*, – *систематизирующие в единстве, сопряжено, зональное и внутризональное разнообразие* почвогрунтов и произрастающих на них насаждений. Координатами этих моделей служат лимитирующие экологические факторы, климатической количества тепла и атмосферных осадков, эдафической количества пищи и влаги в почвах, что делает эти классификации *моделями плодородия климата и почвогрунтов.* Подчеркнем, что типологи систематизируют не почвы, а шире – *почвогрунты, земли*, с учетом верхних горизонтов почвообразующих пород, рельефа, грунтовых вод (при их залегании на корнедоступной глубине), называемые чаще геоботаническим термином *местообитания.*

Вследствие особенностей объекта – наличия естественной растительности на большей части лесных земель – типологи довели до совершенства способ опосредствованной оценки плодородия почв, *их фитоиндикации* – по составу, структуре, состоянию и продуктивности всех ярусов лесной растительности, преобладанию в них олиго- или мегатрофов, ксеро- или гигрофитов. Благодаря достаточно высокой устойчивости растительных сообществ к изменениям среды, их толерантности к незначительным и нерегулярным ее изменениям, оказалось возможным выделить в разных зонах весьма ограниченное количество элементарных таксонов – *четырёх типов богатства почв* элементами питания или трофности (от А.бедных, чаще всего песчаных, до D.богатых, суглинистых) и шести типов увлажнения (от 0.очень сухих до 5.заболоченных).

Примечательно, что на протяжении XIX века во многих странах Западной Европы почвы разделяли на подобные же четыре группы богатства – *ржаные* (песчаные), *овсяные* (суглинисто-песчаные), *ячменные* (песчано-суглинистые) и *пшеничные* (суглинистые). Шесть категорий влажности почв выделяют почвоведы США. Очень важно, что лесоводы объединили земли разного богатства и увлажнения в *24 типа местообитаний*: А₂ – бедные свежие, D₃ – богатые влажные и т.д. В результате уровень плодородия земель определяется как их обеспеченность пищей и влагой. Эти типы, плюс их варианты (пойменные, кальциефильные и др.) вмещают все разнообразие земель разных природных зон по их плодородию. В засушливых районах к ним добавляется несколько типов засоленных местообитаний, в холодном климате отсутствуют богатые и сухие типы. При необходимости типы могут подразделяться на подтипы. Все это позволило привести в строгую систему все разнообразие лесной растительности разных природных зон.

Данные разработки, ставшие основой украинской школы лесной типологии, выдвинули ее на положение *теоретической основы лесохозяйственного производства* Украины, где принята эта типология. Ни одно хозяйственное мероприятие не проводится здесь без

предварительного определения типа леса (лесной экосистемы), что в свое время выводило лесное хозяйство Украины на уровень одного из лучших в мире.

О том, что состав лесных насаждений определяется петрографическим, а следовательно минеральным составом исходных пород, проявляющемся в их гранулометрическом составе (сосна на песках, дуб на суглинках), известно давно. О нем писал К.Д. Глинка в своем «Почвоведении» [5]. А наши почвоведы уже 100 лет безуспешно пытаются связать особенности состава насаждений с генетическими типами почв. То же касается и сельскохозяйственных земель. Столетиями суглинистые почвы определялись как пшеничные, песчаные – как ржаные. Это деление утратило силу лишь после того, как на пашне начали интенсивно вносить удобрения.

Введенные горячим почитателем идей Докучаева, крупным американским почвоведом К.Ф. Марбутом в 1920-х годах генетические (по строению профиля) принципы классификации почв продержались в США всего два года, после чего был восстановлен прежний сугубо агрогеологический принцип их классификации – по горным породам, с учетом обеспеченности пищей и влагой, а иногда и теплом. Количество этих трех *экологических* (необходимых для жизни) ресурсов определяет и возможность возникновения жизни и ее формы. Обоснованию этого факта в значительной мере посвящена наша монография «Типы леса и типы природы» [13]. И.Н. Герасимов, побывавший в США в 1970-х годах, отметил, что этот прием в Штатах является неискоренимым [4]. Потому, что почва в данном случае изучается как *среда*, как *субстрат*. Кстати и В.В. Докучаев начинал, как было в его время принято, с определения почв по горным породам (лессовые, известковые [25]). И позже он никогда не отрицал значения горных пород и их грансостава в характеристике почв.

Плодородие – главное свойство почв. Мы очень высоко оцениваем обоснование Н.М. Сибирцевым положения о том, что естественно-научное почвоведение должно содержать не только сформулированные Докучаевым идеи о почве как особом природном теле, но и накопленные на протяжении веков данные о почве как среде обитания, как субстрате, представляющем «жилище» живых организмов, обитающих в почвах, прежде всего растений. Однако полагаем, что вопрос превращения почвоведения в теоретический базис сельскохозяйственного производства, каким оно могло стать, если бы почвоведы в свое время приняли классификационные принципы Сибирцева, должен решаться по-другому.

Работы докучаевской школы начались с бонитировки почв, оценки их плодородия в баллах – насколько одна почва плодороднее другой, причем эти работы выполнялись по заказу земств и имели сугубо утилитарный характер. Так оценку плодородия почв понимал и Сибирцев, много времени и сил потративший на то, чтобы сделать эту оценку возможно более надежной. Поэтому разрабатывая по просьбе Докучаева программу университетского курса почвоведения, он практически полностью сохранил программу, принятую им для чтения в сельскохозяйственном институте, исключив из нее раздел бонитировки почв, как прикладной [21].

Нужно сказать, что несмотря на все усилия, предпринятые Сибирцевым, создать совершенную систему бонитировки почв ему не удалось, в частности из-за того, что в засушливые годы урожаи на песчаных землях снижались значительно меньше, чем на суглинистых. В одном из своих последних писем (к Н.А. Димо) [24] ученый писал, что пока нет бонитировки почв, пригодной для широкого производственного использования, почвоведом стоит заниматься вопросами географии почв и их картированием. Из этого следует, что Сибирцев не считал проблему плодородия почв главной, он не изучал плодородие как основное качество почв, а лишь сравнивал почвы по их плодородию.

В дальнейшем представители докучаевской школы почвоведения, отказавшись от изучения почв как среды обитания растений, узаконили понимание всего, что связано с плодородием почв, как сугубо прикладные вопросы. Бонитировка почв на многие десятилетия была исключена из арсенала почвоведения. Почвоведы генетической школы считают свою науку не сельскохозяйственной, а академической, и уже получили для нее такой статус. Для науки, изучающей основной объект сельскохозяйственного производства, это вряд ли правомерно.

«Почва – это земля, способная возвращать полевые, садовые и другие растения». Это определение мы встретили в переведенной с немецкого языка статье (без указания автора) в «Лесном журнале» 1837 года [15]. Просто, как все гениальное. Именно плодородие, способность воспроизводить растения, является главным качеством, отличающим почвы от всех других природных тел, является их ни с чем несопоставимой функцией, *миссией* на Земле, поскольку без растений, осуществляющих процесс фотосинтеза, переводящего неорганические соединения в органические, жизнь невозможна. Это требует пересмотра того, как уже многие годы понимаются почвы (как функция факторов-почвообразователей) и того, как построены наши руководства по почвоведению.

Курс почвоведения должен начинаться разделом «Почва – природное тело, воспроизводящее растения. Плодородие – главное качество почв». В этом разделе – *введении* – должно быть охарактеризовано значение, которое имеет воспроизводство высших зеленых растений для человека, причем огромного их количества. Без этого нынешний уровень жизни на Земле невозможен. Главная идея раздела – вопросы плодородия почв представляют предмет самой высокой теории и характеристика всех свойств почв с позиции того, каков их вклад в формирование уровня плодородия.

Общепринятым является положение о том, что почва служит для растений местом укоренения, источником пищи и влаги. О том, что почва является местом укоренения растений, вопросов нет. Основными же факторами плодородия почв является наличие в них элементов питания и влаги, о чем свидетельствует возможность выращивания растений методом гидропоники. В почвоведении уровень плодородия почв определяют в основном по количеству в них трех основных элементов питания – азота, фосфора и калия – в подвижной легкодоступной форме, увязывая их содержание со степенью гумусированности почв.

«Выветривание», представляющее один из первых этапов возникновения почв, характеризовалось почвоведом многократно и детально. Однако в большинстве очерков, посвященных выветриванию горных пород, не освещено высвобождение в ходе этого процесса биоэлементов, являющихся единственным источником пищи для растений. В обзорной работе А. Krabichler'a [26], посвященной процессам выветривания, этот вопрос является главным.

Почвообразующие породы. На протяжении многих веков на почвы смотрели как на преобразованный выветриванием и растительностью верхний слой горных пород и классифицировали их по этим породам (лессовые, меловые, мергельные) или чаще по их гранулометрическому составу. Последний жестко связан с минеральным составом грунтов, а потому отражает их обеспеченность элементами питания – «тощие» пески – «жирные» глины (народное). Гранулометрический состав определяет и водно-физические свойства почв, а потому в значительной мере обуславливает плодородие почв в целом.

Развитие генетического почвоведения после ухода из жизни наших классиков все больше концентрировалось на *строении* верхних горизонтов почв и явном игнорировании их *состава*, обусловленного исходными породами. Уже в начале XX века в своем учебнике К.Д. Глинка писал, что «наиболее надежным является способ происхождения почв, а материал из которого они образовались, имеет гораздо меньшее значение, а в ряде случаев оно может быть сведено к нулю» [5, с.338]. В результате, из главной характеристики почв, каковой грансостав издавна является практически повсеместно, в генетических классификациях он низведен до уровня самой мелкой таксономической единицы – разновидности.

Почвы, формируясь из исходных горных пород, в значительной мере наследуют их состав и свойства. Сложившиеся представления о бесплодии горных пород ошибочны. Все они обладают потенциальным плодородием и существенно различаются по этому показателю – от наиболее богатых лессово-суглинистых до практически бесплодных кварцевых песков. Между тем в одной из последних работ, посвященных почвообразующим породам [19], вопрос о различиях содержания в них элементов питания даже не поднимается. Одной из первоочередных задач является разработка группировки горных пород по содержанию в них биоэлементов.

Почвообразовательный процесс, начиная с первичного, охарактеризован в почвоведении весьма основательно. Однако и здесь еще много белых пятен. В частности, до сих пор нет общепринятого понимания того, где проходит граница между почвой и породой. Не

вполне адекватно характеризуется роль факторов почвообразования. По-прежнему общепринятым является выделение пяти факторов, названных Докучаевым в его первых публикациях. Хотя в одной из его последних работ [7] он исключил, не называя причин, из этих пяти факторов рельеф и возраст. Действительно, рельеф не является самостоятельным фактором, а лишь перераспределяет (но весьма существенно) другие, особенно влагу. Время же не может быть признано фактором, так как фактор – это сила, действующая извне. Не воспринят также и тот факт, что растительность не является самостоятельным фактором, так как она обусловлена теми же, что и почвы, главными факторами – климатом и грунтом. В результате факторами почвообразования должны быть признаны уже названные выше *тепло, влага и пища*.

Водно-физические свойства почв играют важнейшую роль в формировании того или другого уровня их плодородия. Они определяют прежде всего условия укоренения растений, возможность создания того или другого объема корнеобитаемой и корнедоступной зон. Это зависит от физических свойств субстрата, его плотности, вязкости, неглубокого залегания корнеленепроницаемых слоев (очень плотных, токсичных, мерзлых), а также грунтовых вод (ГВ).

Почвоведомы выделен большой набор параметров, характеризующих водно-физические свойства почв. Это водопроницаемость, влагоемкость, разные формы доступности влаги, а также многолетние определения влажности почв. Однако все они не дают ответа на вопрос, сколько влаги может получить растение из той или другой почвы, и на сколько одна почва по этому показателю отличается от другой. Между тем Г.Н. Высоцкий разработал прием, позволяющий определять эти величины, еще в конце XIX века. Определяющим для формирования того или другого уровня плодородия является *запас в почве доступной влаги*. При относительно глубоком залегании ГВ, он довольно точно определяется по разности между количеством влаги в почве в начале вегетационного периода и в наиболее сухой период в конце вегетации [2]. Этим методом Высоцкий впервые установил, что древесная растительность потребляет больше влаги, чем травянистая. Очень важное значение имеют количество и регулярность выпадения осадков, наличие периодов иссушения и переувлажнения почв, их интенсивность. Урожай сельскохозяйственных культур жестко обусловлены этими явлениями.

Пищевой режим почв. Растения потребляют из почвы многие минеральные элементы, без чего их жизнь невозможна. Различия в содержании жизненно-необходимых элементов в почвах оказывают огромное влияние на растительность всех природных зон. Проведенное нами сопряженное изучение лесных насаждений и почв на обширной территории быв. СССР (от Закарпатья до Якутска и от Архангельска до Ашхабада [11]) показало, что содержание в почвах того или другого количества лимитированных элементов питания полностью контролирует их состав – от чистых олиготрофных сосновых древостоев (боры) до сложных насаждений мезо- и мегатрофов (дубравы, бучины, ельники, пихтачи). Определяющим при этом являются *наибольшие количества валовых фосфора и калия*, исключая калий, заключенный в кристаллических решетках алюмосиликатов. Только этот калий практически недоступен растениям. К сожалению, это почти весь калий, имеющийся в природе. Из слоев, наиболее богатых этими элементами, в том числе из залегающих на глубине 2-3 м суглинистых прослоек в песках, древесные породы потребляют их так же, как они черпают влагу из наиболее увлажненных слоев почвогрунта.

Запасы очень важного для растений азота в природе огромны. Его фиксацию ограничивает недостаток фосфора. *«В природе, как известно постоянно не хватает фосфора. Эту нехватку обычно имеют в виду, говоря о бесплодии почв»* [6]. А азотфиксирующие микроорганизмы на фиксацию 5 мг азота затрачивают 1 мг P_2O_5 [17]. Безусловно растениям необходимо большое количество других элементов и микроэлементов. Однако лимитирующими рост, как правило, являются фосфор и калий, учитывая их валовые количества, исключая калий полевых шпатов. Определение подвижных форм этих элементов не позволяет оценить обеспеченность ими растений. В высокопродуктивных насаждениях их нередко вообще нет, так как они сразу полностью поглощаются. Подобное характерно и для травянистой, в частности луговой, растительности с той разницей, что она из-за менее

заглубленной корневой системы (в пойме Сев. Донца до глубины 1 м [12]) не потребляет элементов питания из более глубоких слоев.

Что касается понимания гумуса как основного источника элементов питания, то это явное преувеличение. Гумус безусловно оказывает положительное влияние на рост растений, создавая благоприятные водно-физические свойства, оструктуренность, повышенное содержание легкодоступных форм биоэлементов. Однако очень важным источником последних являются минеральные горизонты почв, в отрыве от которых сколько-нибудь значительный урожай растений невозможен. В целом же нужно признать, что гумус не столько причина, сколько следствие потенциального плодородия местообитаний, их обеспеченности и сочетания тепла, влаги и пищи.

Биология почв. Почвы содержат огромное количество простейших животных и микроорганизмов. Все они играют важную роль в жизни почв. Особо следует выделить дождевых червей, в создание ими почвенной структуры. Весьма существенно значение живого населения почв в создании оптимальных условий питания растений и особенно в разложении органических остатков с высвобождением биоэлементов в наиболее доступной форме. Все это дало основание В.Н. Вернадскому в 1926 г. отнести почвы к особому классу *биокосных тел*. Значительно раньше, в 1895 г., Н.М. Сибирцев, учитывая огромное количество в почвах живых организмов и продуктов их жизнедеятельности, назвал почву *биогеологическим образованием*. Примечательно, что это определение Сибирцев приводит в статье, в которой он обосновывает закон зональности почв [20]. Объединяя эти два положения ученого, выдвинем третье: *зональность почв является следствием их биокосной природы* [13]. У минеральных соединений зональность практически не выражена. Это свидетельствует о необходимости значительного усиления внимания к особенностям почв, обусловленным их биокосной природой, и вообще к этому классу природных тел, их инвентаризации, систематизации, всесторонней характеристике.

Нередко определяющую роль в формировании уровня плодородия почв играет наличие в них токсичных соединений (легкорастворимых солей, недоокисленных органо-минеральных соединений), а также антропогенные факторы (загрязнение, уплотнение и др.).

После этих общих разделов должно идти описание почв разных зон, с обязательным указанием почв, формирующих их внутризональное разнообразие и развернутой характеристикой плодородия всех почв, с объяснением причин, обуславливающих тот или иной его уровень и возможные пути его повышения. Конкретные рекомендации по поддержанию и повышению плодородия разных типов и видов почв того или другого региона должны разрабатываться в рамках агропочвоведения, агрохимии, земледелия, экологии.

И еще один очень важный для формирования того или другого уровня плодородия почв вопрос – *плодородие климата*, его теплота, осадки, их количество, регулярность поступления, континентальность, такие неблагоприятные факторы как засухи, суховеи и др. Установлено также, что уровень плодородия определяют не только почвы, но весь комплекс факторов, влияющих на рост растений, – приуроченность к тем или другим геоморфологическим элементам (террасы, поймы), положение в рельефе, степень дренированности территории, определяющая водный и воздушный режимы, глубина, минерализация и проточность грунтовых вод. Это уже не почвы, а комплекс факторов, который может быть определен понятием «*земли*» [18]. В ботанике ему соответствует термин «*местообитание*». А.А. Крюденер назвал его «*почвенно-грунтовыми условиями*». Все составляющие этого комплекса учтены в его классификационной таблице [10].

Одним из важнейших вопросов, связанных с изучением и оценкой плодородия почв, является тот факт, что этот процесс должен осуществляться при постоянном учете того, как реагирует растительность на те или другие особенности почв и их изменения, причем не любая растительность, а конкретные виды растений, известные своей требовательностью к уровню плодородия. В биологии растения различают не только по их теплолюбивости, засухоустойчивости, морозоустойчивости, но издавна объединяют в группы по требовательности к элементам питания (олиго-, мезо-, мегатрофы) и увлажнению (ксеро-, мезо-, гигрофиты), по степени солевывносливости, кальциефильности, обусловленным особенностями почв. Разработана методика оценки почв по их растительности – *фитоиндикация*, которая позволяет давать очень объективную характеристику определяющих плодородие почв факторов. Этот метод

имеет многовековую историю. Широко использовался он раньше и почвоведомы. Но почвоведы давно отказались от использования растительности как критерия качества почв. Однако при изолированном изучении почв, без связи с растительностью, невозможно оценить их плодородие, поскольку почвы, непригодные для требовательных видов растений, в частности для зерновых культур, способны обеспечивать высокую продуктивность олиготрофов. Растительность оценивает почву именно как среду обитания. При этом на первое место выходит *минеральный состав* почв, обусловленный исходными породами, а не *строение* их вертикального профиля, по которому определяются *генетические типы* почв. В этом основное различие почв как природных тел и как среды обитания. Если почвы одного генетического типа приурочены к строго определенным природным зонам, то *аналогичные по плодородию* почвы, сформированные на породах определенного гранулометрического состава, как и сами эти породы, имеются в разных зонах. При этом лессово- и покровно-суглинистые повсеместно наиболее производительны, кварцево-песчаные – наименее производительны.

Методом фитоиндикации – по потребностям разных экологических групп растений, – оказалось возможным выделить несколько больших категорий земель, близких по плодородию, поскольку растения не реагируют на незначительные нерегулярные изменения среды, а дают ее обобщенную усредненную характеристику. Лесоводы-типологи [16], как мы уже писали выше, выделяют четыре типа земель по их обеспеченности элементами питания (трофотоп) и шесть уровней увлажнения (гигротопов). Вместе они образуют *типы местообитаний*, а в единстве с растительностью *типы леса* или *экосистемы (при естественной растительности)* и *агроэкосистемы* (на сельхозземлях).

Мы определяем экосистемы как однородный по плодородию (экологически однородный) участок суши или мелководья вместе со сформировавшимся на нем в процессе длительной эволюции биоценозам, строго соответствующим по своим экологическим потребностям уровню его плодородия и потому наиболее полно его использующим, самовосстанавливающимся после уничтожения стихийными и антропогенными факторами [12].

Увязанные с составом и строением поверхностных отложений, лесоводственные типы местообитаний весьма закономерно размещаются в ландшафтах (по принципу «чем ниже по рельефу, тем они влажнее, и чем легче их механический состав, тем они беднее»). Они образуют более компактные и более крупные выделы, чем агропроизводственные группы почв. При некотором навыке определение типов местообитаний возможно непосредственно в поле, а это позволяет определить всю систему хозяйствования на них.

Эдафическая сетка в координатах трофности и увлажнения почвогрунтов (земель) является их идеальной бонитировочной моделью. Наиболее высокоплодородные богатые свежие и влажные земли (баллы 90-100) приурочены к центру сетки, практически бесплодные – очень бедные, сильно засоленные, сухие и заболоченные (менее 10 баллов) – по ее углам.

Экологическое почвоведение. Направление, при котором почва изучается как среда обитания растений, в отличие от ее изучения как природного тела, мы называем *экологическим*. Как утверждал Н.М. Сибирцев [22] только вместе эти два направления представляют единое естественно-научное почвоведение. В почвоведении США давно сформировался подобный подход. Разрабатывая глобальные классификационные построения (Приближения), американские почвоведы на местном земледельческом уровне систематизируют почвы прежним агрогеологическим методом, выделяя основные таксоны – *почвенные серии* – по исходным горным породам, с учетом их обеспеченности пищей, влагой, а иногда и теплом. Сформировавшееся в последние годы понимание *экологии как науки о среде и ее охране* – прикладной аспект академической науки *экологии*, изучающей взаимосвязи организмов со средой их обитания. Экологическая оценка территории – это оценка среды с позиции ее пригодности для жизни, оценка факторов ее плодородия, анализ территории с позиций удовлетворения ею потребностей растений, определение ее пригодности для тех или других культур, для тех или других видов хозяйственного использования [18].

Удивительно, что изучение почв как среды обитания, ее способности создавать условия для роста огромного количества растений, эта их важнейшая миссия на Земле, рассматривается почвоведомы как сугубо прикладной аспект, не заслуживающий серьезной

теоретической разработки. Полагаем, что во всех научных и учебных заведениях должны быть лаборатории плодородия почв как ведущие, изучающие вопросы плодородия как одну из главных теоретических проблем почвоведения. Среди них определение того, какой комплекс факторов обуславливает тот или другой уровень плодородия почв в тех или других условиях, каков конкретный вклад каждого фактора, почему данная почва плодороднее другой и на сколько, установление лимитирующих факторов, разработка вопросов оценки, прогнозирования и поддержания плодородия почв. Очень важным при этом является наиболее тесное единение учений о почве как природном теле и среде обитания. Так, в частности, можно решить вопрос как по генетическому типу и виду почв разного гранулометрического состава определять наличие и количество в них доступной влаги. Необходимо также более тесное единение почвоведения с науками о растениях – ботаникой, растениеводством. Кстати для этих наук единение с почвоведением, пожалуй, не менее, если не более, важно.

Большой объем данных о почвах как среде обитания растений приведен в нашей монографии «Леса и лесные земли» [11]. Особо выделим разработку проблем плодородия Н.А. Соколовским, который еще в первой половине прошлого века учитывал при его оценке не только обеспеченность влагой и элементами минерального питания, но и объем корнеобитаемой зоны, воздушный режим, физические свойства, наличие токсичных соединений [23].

Повторим, что плодородие почв определяют основные лимитированные на Земле ресурсы – *тепло, влага и пища*, создающие в сумме тот или другой биопотенциал среды. Лесными типологами все они уже оценены количественно. В холодном климате сумма положительных средних месячных температур (сумма тепла) $24-44^{\circ}$, в теплом – $124-144^{\circ}$ [1]. В бедных типах наибольшее количество валовых P_2O_5 и K_2O (без калия полевых шпатов) меньше 0,02 и 0,03 %, в богатых соответственно больше 0,06 и 0,80 %. Количество доступной влаги в сухих типах 50-100 мм, во влажных – 400-500 [11,12]. Именно на изменении количества этих ресурсов построены лесотипологические классификационные модели – *климатическая* и *эдафическая сетки*: климатическая в координатах тепла и атмосферных осадков, эдафическая – в координатах пищи и доступной влаги. Поэтому лесная типология наиболее объективно характеризует закономерности функционирования природы и классифицирует зональное и внутризональное разнообразие не только лесов, но и природы в целом [13].

Эти разработки дают возможность количественного решения уравнения связи почв с факторами почвообразования В.В. Докучаева. Оно может быть осуществлено по следующему сценарию: *растительность* и арена ее жизни *почва* в единстве обусловлены *климатом*, его теплотой, влажностью, их распределением по сезонам года (континентальностью) и *поверхностными отложениями, их составом* (элементы питания) и *рельефом*, перераспределяющим тепло, влагу и пищу. Эти факторы создают ту или иную природную среду, к которой приурочены строго определенные *растительные сообщества* и соответствующие им *почвы*. Г.Н. Высоцкий об обусловленности растительности и почв одними и теми же факторами – *теплотой, влажностью* климата и *элементами питания* горных пород, *элементами жизни*, как он их называл, писал еще в далеком 1904 году [3].

Заключение. Развивая экологическое направление можно добиться превращения почвоведения в теоретическую базу земледелия, в подлинно фундаментальную науку о *плодородии Земли*, обеспечившим в свое время возникновение на ней жизни и поддерживающим ее, все больше концентрируясь в почвенном покрове – «жилище» растений, осуществляющих процесс фотосинтеза. В процессе эволюции в почвах накапливаются не только жизненно-необходимые ресурсы, но создаются, нарастая, свойства, повышающие их плодородие – гумусированность, оструктуренность, благоприятные водно-физические свойства. Одновременно увеличивалась площадь почв. Именно это до недавнего времени обеспечивало прогрессирующее развитие жизни на нашей планете.

Список литературы

1. Воробьев Д.В. Лесотипологическая классификация климатов // Тр. Харьковского СХИ, т. 30. 1961; т. 169. 1972.
2. Высоцкий Г.Н. Биологические, почвенные и фенологические наблюдения и исследования в Велико-Анадоле. 1901-1902. – Избр. сочинения. Т. 1. М.: АН СССР, 1962. – С.159-497.

3. *Высоцкий Г.Н.* О карте типов местопроизрастаний // Современные вопросы русского сельского хозяйства. – СПб., 1904. – С. 81–94.
 4. *Геннадиев А.П., Герасимова М.И.* О некоторых тенденциях в современных классификациях почв США // Почвоведение. 1980. №9. – С. 3-12.
 5. *Глинка К.Д.* Почвоведение. 1-е изд. 1908. – 590 с., 6-е изд. – М.: Сельхозгиз, 1935. – 632 с.
 6. *Диви Э.* Круговорот минеральных веществ // Биосфера. – М.: Мир, 1972. – С.120-138.
 7. *Докучаев В.В.* О почвоведении (Лекции, прочитанные в Полтаве в 1900 г.) // Сочинения. – Т.VII. – М.-Л.: АН СССР, 1953. – С. 257-296.
 8. *Захаров С.А.* Курс почвоведения. 1-е изд. – М., 1927; 2-е изд. – М.-Л.: Сельхозгиз. 1931. – 550 с.
 9. *Костычев П.А.* Почвоведение. 1886-1887 (литогр.). – 704 с.; М.-Л.: Огиз-Сельхозгиз, 1940. – 224 с.
 10. *Крюденер А.А.* Основы классификации типов насаждений и их народнохозяйственное значение в обиходе страны. Ч. I-II. – Птг, 1916-1917.–318 с.
 11. *Мигунова Е.С.* Леса и лесные земли (количественная оценка взаимосвязей). – М.: Экология, 1993. – 364 с.
 12. *Мигунова Е.С.* Лесоводство и естественные науки (ботаника, география, почвоведение) – 1-е изд. – Харьков, 2000; 2-е изд. – М.: МГУЛ, 2007. – 592 с.
 13. *Мигунова Е.С.* Типы леса и типы природы. Экологические взаимосвязи. – Palmarium Academic Publishing, Германия. – 2014. – 295 с.
 14. *Морозов Г.Ф.* О типах насаждений и их значении в лесоводстве // Лесной журнал, 1904. Вып. 1. – С. 6–25.
 15. О химических и физических свойствах почвы и влиянии оных на жизнь растений // Лесной журнал. – 1837. – Кн. 3. – С. 388-397.
 16. *Погребняк П.С.* Основы лесной типологии. – Киев: АН УССР. Изд. 1-е 1944; 2-е – 1955. – 456 с.
 17. *Пошон Ж. де Баржак.* Почвенная микробиология. – М.: Иностраниздат. 1960. – 438 с. 16. Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1938. – 620 с.
 18. *Раменский Л. Г.* Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1938. – 620 с.
 19. *Самойлова Е. М.* Почвообразующие породы. – М.: МГУ, 1983. – 172 с.
 20. *Сибирцев Н.М.* Об основаниях генетической классификации почв. 1895. – Избр.сочинения. Т.II. М.: Сельхозгиз. 1953. – С. 271-293.
 21. *Сибирцев Н.М.* Программа курса почвоведения. – В статье В.В. Докучаева «К вопросу об открытии при русских университетах кафедр почвоведения и учения о микроорганизмах» – Записки Ново-Александровского института 1895. Т.9. Вып.2.- С. 217-253.
 22. *Сибирцев Н.М.* Почвоведение. 1900-1901 – Избр.сочинения. Т. I. – М.: Сельхозгиз, 1951. – С. 19-472.
 23. *Соколовский Н.А.* Сельскохозяйственное почвоведение. М.: Сельхозгиз. Изд.3. 1956. – 335 с.
 24. *Хроника.* Второе совещание почвоведов // Почвоведение, 1908, №8.
 25. *Ярилов А.А.* Наследство В.В. Докучаева // Почвоведение, 1039, № 3.
 26. *Krabichler A.* Bodenbildung und Bodenfruchtbarkeit // Bodenkultur. 1981. 32. – № 4. – S. 348–367.
- Статья поступила в редакцию 22.09.2015*

ПЕРША ІСТОРІЯ НАУКИ АГРОХІМІЇ В УКРАЇНІ

Рецензія на книгу академіка Б.С. Носка «Сторінки історії агрохімічних досліджень в Україні»



В.А. Вергунов

ННСГБ НААН, Інститут історії аграрної науки, освіти та техніки

2015 року вийшла друком збірка доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка Національної академії аграрних наук України Бориса Семеновича Носка «Сторінки історії агрохімічних досліджень в Україні», яка вміщує нариси про видатних вчених-агрохіміків, що працювали в галузі агрохімічних досліджень у період від останньої чверті XIX і до початку XXI століття. Окремими розділами показано роль

провідних учбових і наукових закладів у підготовці наукових кадрів агрохіміків, а також історія становлення агрохімслужби в Україні.

Варто відмітити, що представлена робота надзвичайно достойно поповнила сформовану в останні роки оновлену історіографічну базу, що включає в себе видання з історії НААН, аграрної науки, окремих її галузей, які дають змогу глибше зрозуміти основні етапи становлення і розвитку галузевого дослідництва на тлі соціально-економічного, політичного життя суспільства, еволюції наукових поглядів тощо. Чимало дотичної уваги у таких публікаціях було приділено висвітленню історичного поступу агрохімічних досліджень на теренах України. На їх тлі рецензована праця академіка Б.С. Носка, який є автором понад 580 наукових робіт з теорії та практики в галузі агрохімії, виділяється своєю фундаментальністю у розкритті предмету дослідження, комплексним підходом до його вивчення, а також глибоко фаховим розумінням причин та наслідків змін в історичному розвитку агрохімічної науки, адже Б.С. Носко брав безпосередню участь у найважливіших наукових дослідженнях з цього напрямку як за радянських часів, так і в роки незалежної України. Саме тому представлена книга вирізняється об'єктивізмом в оцінках подій та фактів й особливо щодо їх персоналізованого наповнення.

Якнайповніше відтворити еволюційний перебіг галузі автору вдалося завдяки логічному підходу до побудови структури видання. Визнаючи, що класична сільськогосподарська дослідна справа утвердилася завдяки діяльності видатних вчених аграріїв, які творили науку на українських землях, Б.С. Носко на початку своєї збірки приділяє значну увагу фундаторам агрохімічної науки в Україні – А.Є. Зайкевичу, М.А. Єгорову, Б.М. Рожественському, С.Л. Франкфурту, О.І. Душечкіну, П.А. Власюку та іншим.

У наступних розділах всеохоплююче розкрито внесок у розвиток агрохімічних досліджень наукових установ і навчальних закладів, що діяли на теренах сучасної України у різні роки, починаючи від заснування Полтавського дослідного поля і до тепер. Особливо цікавим є матеріал, що стосується Західного регіону України, адже велика строкатість його ґрунтового покриву зумовила необхідність проведення численних агрохімічних досліджень на цій території. Однак висвітлення їх результатів зазвичай відбувалося лише на регіональному рівні, у місцевих наукових виданнях, що обмежувало доступ до них широкого загалу науковців.

Глибоко інформативно наповненим є розділ, що стосується історії агрохімічної служби в Україні та ролі наукових установ у її становленні й розвитку. В цьому відношенні рецензована праця вигідно вирізняється серед низки видань, що нещодавно вийшли друком з нагоди п'ятдесятиріччя створення державної агрохімічної служби в сільському господарстві УРСР. Представлений матеріал розкриває діяльність зональних агрохімлабораторій, лабораторій агрохімії науково-дослідних установ, а також результати їх досліджень. Узагальнено історичний поступ керівних об'єднань агрохімічної служби, наведено основні етапи і хронології її реорганізації.

Зрозуміло, що при підготовці будь-якої історичної роботи важко уникнути односторонності у висвітленні матеріалу. Це стосується шостого розділу, який потребує досить суттєвих доповнень та доопрацювання.

Вважаю, що підготовлена академіком Б.С. Носко книга вирішує найактуальніше завдання для нашої держави в часи чергових випробувань, а саме, створення всіх складових національної ідеї. Маю сподівання, що й інші провідні вчені НААН знайдуть можливість підтримати такий підхід стосовно власних напрямів досліджень, бо сьогодні потрібно не тільки захищати, а й зберігати всі кращі надбання, які ведуть націю до її подальшого розвитку.

РОБОТИ МОЛОДИХ УЧЕНИХ YOUNG SCIENTISTS RESEARCHES

УДК 631.433.5

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЕМІСІЇ CO₂ З ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ¹

О.П. Сябрук

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків
(*blakhart.Liss@yandex.ua*)

У статті описано результати польових досліджень на чорноземі опідзоленому з метою удосконалення елементів методики оперативного контролю продукування CO₂ з ґрунту. Застосовували портативний інфрачервоний газоаналізатор з набором ізольованих камер з різними об'ємами, висотами та робочими поверхнями. Крім того, досліджували також вплив різного терміну експозиції на концентрацію та динаміку накопичення CO₂ у приземному шарі повітря. За результатами вимірювань дійшли висновку, що оптимальними умовами для польового визначення емісії вуглекислого газу із ґрунту в посівах сільськогосподарських культур є такі: 15-ти хвилинна експозиція і робоча камера із середнім об'ємом 2-3 дм³ та вертикальним закріпленням інфрачервоного зонду на відстані 1,5-2 см від поверхні ґрунту. Доведено також, що сільськогосподарська культура майже на третину визначає сукупну варіабельність концентрації CO₂.

Ключові слова: продукування вуглекислого газу, портативний газоаналізатор, методи оперативної діагностики стану ґрунту, стереометричні показники, кореневе дихання.

Вступ. Моніторинг стану довкілля є важливими напрямом сучасної науки у зв'язку із дедалі зростаючою небезпекою техногенних катастроф, глобальних кліматичних змін та інших негативних чинників, що порушують природну рівновагу і стабільність функціонування екосистем планети. Від своєчасності отримання моніторингової інформації, правильності та об'єктивності її оцінки багато в чому залежать оперативність і ефективність дій, що попереджують розвиток екологічних криз і катастроф та забезпечують їх локалізацію [1].

На сьогодні, незважаючи на доступність різноманітних систем, що дозволяють оцінити емісію CO₂ з поверхні ґрунту за допомогою (одно- і багатоканальних) інфрачервоних аналізаторів, навіть у таких розвинених сільськогосподарських країнах як Австралія, дуже популярними лишаються адсорбційні методи [2]. Традиційно, для оцінки інтенсивності дихання ґрунту, як адсорбент діоксиду карбону, використовують розчини KOH, NaOH, Ba(OH)₂, які поміщають у хімічні склянки чи фарфорові чашки для випарювання й встановлюють на поверхню ґрунту під камерою. Такий методичний підхід має ряд істотних недоліків. Насамперед, використовується велика кількість реактивів, що в польових умовах лімітує кількість повторностей чи варіантів дослідів. По-друге, значна активна поверхня сорбенту призводить до формування ефекту "лужного насосу" й переоцінювання (*overestimation*) істинних параметрів дихання ґрунту на 25-40 %. Третім значним недоліком є необхідність негайного титрування зразка, вилученого з камери, що складно зробити у нічний час (у разі визначення добової динаміки дихання ґрунту).

У зв'язку з великими працевитратами та недосконалістю апробованих нами польових методів вимірювання метою роботи було дослідити перспективний, на наш погляд, інструментальний метод моніторингу емісії вуглекислого газу з ґрунту за допомогою портативного газоаналізатора *Testo 535*.

Об'єкти і методи досліджень. Майданчики для дослідження емісії CO₂ із ґрунту під різними сільськогосподарськими культурами за допомогою портативного

¹ Науковий керівник – доктор біол. наук М.М. Мірошніченко

газоаналізатора *Testo 535* (з інфрачервоним зондом) було закладено на Коротичанському дослідному полі (нині Граківське) у квітні 2012 року. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий на лесоподібному суглинку. В орному шарі ґрунту міститься: гумусу (за методом Тюріна) 4,1%; азоту, що легко гідролізується – 50,7 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору (за методом Чирікова) – 110,9 мг/кг ґрунту; рухомого калію (за методом Чирікова) – 90 мг/кг ґрунту. У складі поглинених катіонів переважають кальцій (85%) та магній (13%). За кількістю рухомих поживних речовин цей ґрунт належить до групи ґрунтів з підвищеним вмістом фосфору, середнім вмістом калію та високим вмістом азоту.

Аналіз результатів досліджень. Портативний газоаналізатор *Testo 535* – це високоточний прилад для вимірювання концентрації CO_2 в повітрі робочої зони та в ізольованому просторі. До переваг цього приладу можна віднести такі: можливість моніторингу із фіксацією максимального, мінімального і середнього значень; висока стабільність двоканального інфрачервоного сенсора, що дозволяє проводити тривалі виміри; висока точність вимірів; непотрібність повторного калібрування [3].

На жаль, інфрачервоний газоаналізатор CO_2 призначено для оперативних вимірювань вмісту діоксиду вуглецю в атмосфері замкнутого простору і він не має ґрунтового зонду. Тому для встановлення інтенсивності процесу продукування CO_2 з ґрунту в польових умовах ми розробили допоміжну методику. Для ізолювання повітря приґрунтового атмосферного шару у ґрунт заглиблюється пластиковий ковпак з отвором для встановлення зонду. Інфрачервоний зонд вертикально опускається в отвір та герметично фіксується за допомогою гумового ізолятора. Порядок роботи на приладі складається з послідовності таких операцій – включення і прогрівання протягом 1-2 хв., вибір за допомогою відповідної клавіші одного з видів вимірювання концентрації газів (за часом експозиції; за повторюваністю; максимальний та мінімальний показники впродовж обраного часу експозиції) та, після відліку часу, – зчитування показань з дисплея приладу.

Для досягнення кращої відтворюваності результатів було проведено експериментальні дослідження декількох проблемних аспектів. Унаслідок обмеження об'єму повітря над ґрунтом поступово порушується рівновага між газовим складом повітря ґрунтового та повітря у просторі під ковпаком. Згідно із принципом ЛеШательє-Брауна, будь яка зовнішня дія, що виводить систему із стану рівноваги, викликає у ній процеси, спрямовані на послаблення ефекту впливу. У нашому випадку накопичення CO_2 у повітрі над ґрунтом (під ковпаком) не може продовжуватися нескінченно, тому поступово має відбуватися зменшення емісії CO_2 через послаблення дифузії з порового простору, а згодом – і зменшення інтенсивності дихання біологічних об'єктів. Цього ефекту можна уникнути двома способами: відкачуванням повітря або проведенням вимірювань концентрації вуглекислого газу в той період, коли зміна рівноваги газового складу через обмеження простору ще не є істотною. У польових умовах спосіб з відкачуванням повітря не завжди є прийнятним, його застосовують переважно у стаціонарних спостереженнях. Тому ми обрали другий спосіб та провели серію експериментальних досліджень.

Дослідження із відпрацювання елементів методики вимірювання емісії вуглекислого газу проводили у польових умовах на чорноземі опідзоленому, де одночасно також контролювали температуру та вологість ґрунту (з метою підтвердження ідентичності умов проведення експериментів).

Першим із досліджуваних факторів був термін експозиції. Час експозиції варіював від 5 хвилин до 6 годин. Результати спостережень, наведені на рис. 1, свідчать, що урівноваження концентрації CO_2 у повітрі у замкнутому об'ємі робочої камери над ґрунтом настає досить швидко, і вже після 15-20 хвилин концентрація CO_2 не змінюється. Тому, на нашу думку, оптимальною експозицією вимірювань за

допомогою інфрачервоного газоаналізатора є 15 хвилин, що дає можливість достатньо оперативно отримувати унормовану характеристику виділення ґрунтом вуглекислого газу.

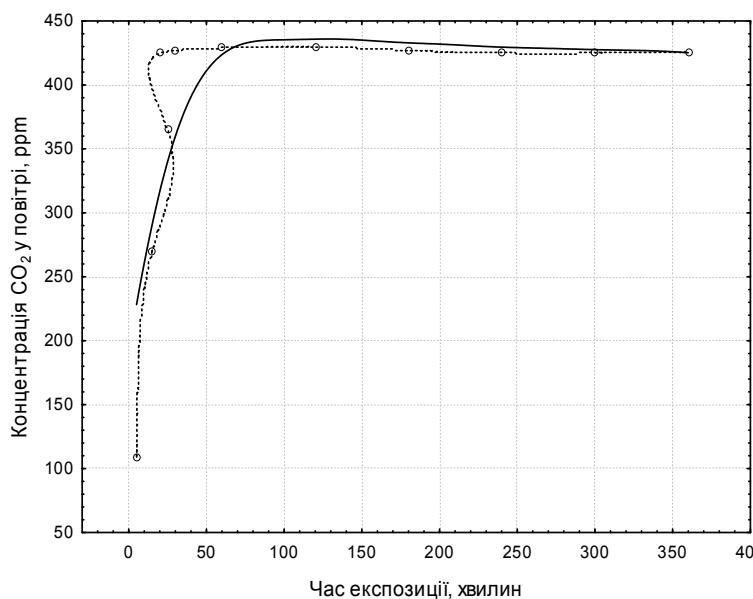


Рис. 1. Динаміка змін концентрації CO_2 у замкненому повітрі над ґрунтом (суцільна лінія – інтерполяція методом зворотного зважування відстані (IDW – Inverse Distance Weighted))

Другий досліджуваний фактор – об'єм робочої камери. Для оперативності, точності та чутливості вимірювань інтенсивності виділення CO_2 з ґрунту за допомогою інфрачервоного аналізатора важливими є стереометричні умови, які визначають співвідношення між площею поверхні, з якої виділяється вуглекислий газ, та об'ємом повітря над нею. Зрозуміло, що це співвідношення визначатиме як швидкість досягнення рівноважного стану, так і сталість показань приладу. З метою встановлення найкращих стереометричних параметрів робочої камери було проведено порівнювальний експеримент з трьома варіантами об'єму: $1,0 \text{ дм}^3$, $2,5 \text{ дм}^3$ та $5,0 \text{ дм}^3$. Краї робочої камери заглиблювали у ґрунт на однакову глибину, і термін експозиції був однаковим – 3,5 хвилин. Статистично опрацьовані результати експерименту, наведені на рис. 2., показують, що найкращим об'ємом робочої камери можна вважати $2,5 \text{ дм}^3$, за якого констатовано найвищу концентрацію та найкращі умови точності вимірювань.

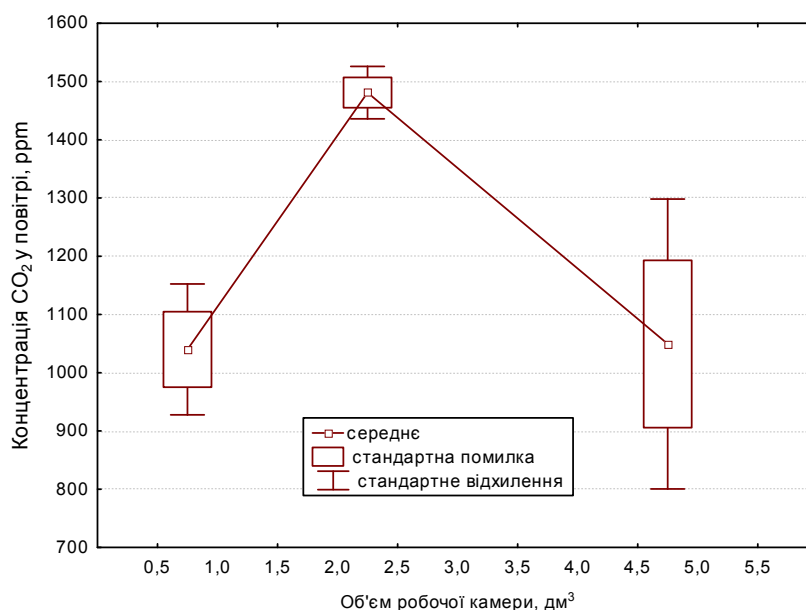


Рис. 2. Вплив об'єму робочої камери на накопичення CO_2 у повітрі

Великий розмір похибки вимірювань та менші значення концентрації за об'єму 5 дм^3 ймовірно пов'язані з надто високим повітряним стовпом над поверхнею ґрунту в камері, унаслідок чого без перемішування повітря може відбуватися його диференціація (як відомо, більш важкий вуглекислий газ накопичується насамперед у приземному шарі).

За надто малого об'єму – $1,0 \text{ дм}^3$, навпаки, причину меншої концентрації та більшої похибки ми пов'язуємо із незадовільним співвідношенням ізольованого повітря та того, що знаходиться на межі ізолятора. У зв'язку з цим, для з'ясування питання щодо доцільності збільшення площі поверхні за рахунок висоти робочої камери, було проведено третій експеримент.

Третій досліджуваний фактор – форма і розміри робочої камери. Дві робочі камери однакового об'єму – $2,5 \text{ дм}^3$ було встановлено так, щоб мати два варіанти співвідношення висоти камери та площі поверхні ґрунту. Вимірювання проводили за скороченою експозицією – 3,5 хв., висота закріплення зонду – 1,5 см над поверхнею ґрунту, площа контрольованої поверхні ґрунту 130 і 330 см^2 . Але за збільшення площі поверхні до 330 см^2 зонд доводилось розміщувати горизонтально (через зменшення висоти камери). Результати вимірювань, наведені на рис. 3. свідчать про перевагу більш близької до кубоподібної форми камери з площею поверхні 133 см^2 та вертикальним розташуванням зонду.

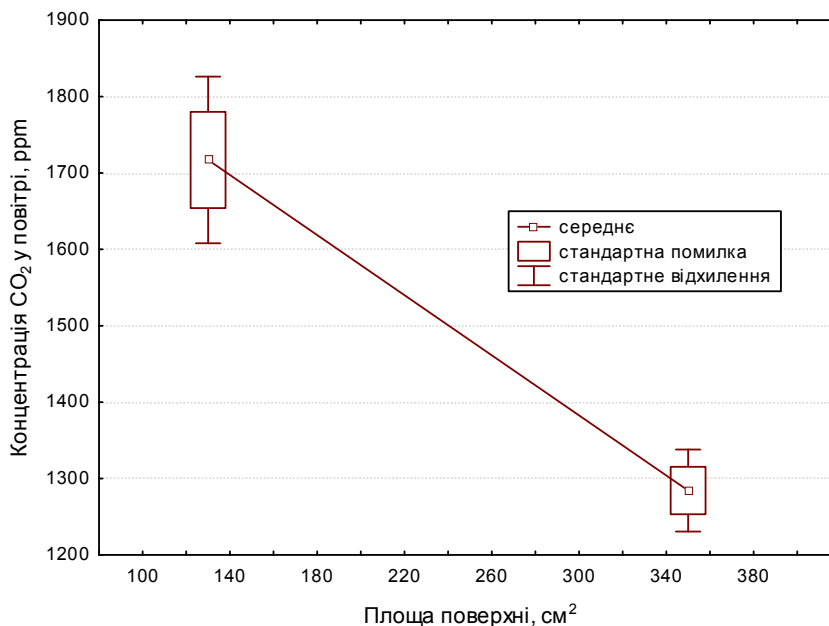


Рис. 3. Вплив площі поверхні ґрунту в робочій камері на концентрацію CO_2 у повітрі

За результатами досліджень розроблено методику виконання вимірювань, яку у подальшому було апробовано на об'єктах дослідної мережі та моніторингу ґрунтів у Харківській області. Протягом 2012-14 рр. на дослідному стаціонарі проводили періодичні спостереження за динамікою інтенсивності дихання за допомогою портативного приладу Testo 535. Результати цих спостережень показують, що сільськогосподарська культура майже на третину визначає сукупну варіабельність концентрації CO_2 у шарі повітря над ґрунтом. Порівняно із ґрунтом, що не зайнятий рослинністю та знаходиться під паром, виділення CO_2 на посівах злакових стернових культур збільшується найбільшою мірою (рис. 4.). Згідно з експериментальними даними можна умовно прийняти, що за рахунок кореневого дихання рослин сумарний потік CO_2 з поверхні ґрунту збільшується в середньому щонайменше на 12-32 % [4]. Вплив змін вологості та температури ґрунту під різними культурами, як основних природних регуляторів перебігу біологічних процесів, протягом вегетаційного періоду перекривався сукупною дією різних факторів, насамперед, внеском кореневого дихання сільськогосподарських культур.

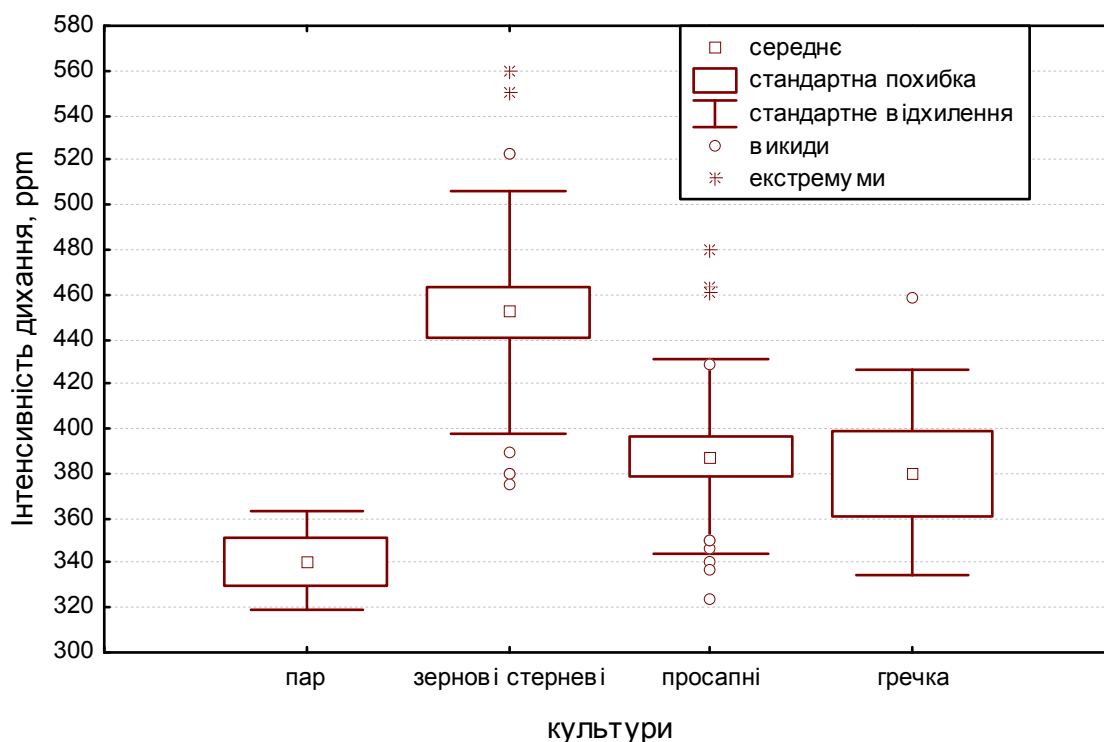


Рис. 4. Інтенсивність дихання ґрунту під різними сільськогосподарськими культурами

Найбільший внесок кореневого дихання в емісійний потік дають зернові стернові культури – озиме жито, озима пшениця, ячмінь, надходження CO_2 з ґрунту під якими на 35 % вище, ніж з ґрунту під паром. Просапні (кукурудза, соняшник) поступають їм у цьому, ймовірно через менше охоплення кореневою системою верхнього шару ґрунту [5]. Концентрація вуглекислого газу в приґрунтовому шарі повітря у посівах зернових культур та гречки перевищує концентрацію над ґрунтом під паром на 15-20 %.

Висновки. Для оцінки емісії CO_2 з ґрунту в польових умовах за допомогою інфрачервоного газоаналізатора найважливішу роль відіграють термін експозиції вимірювань, об'єм робочої камери та її форма.

Для підвищення точності та об'єктивності результатів вимірювань слід обирати 15-хвилинну експозицію і робочу камеру із середнім об'ємом – 2-3 дм^3 та вертикальним закріпленням інфрачервоного зонду на відстані 1,5-2 см від поверхні ґрунту.

Сільськогосподарська культура майже на третину визначає сукупну варіабельність концентрації CO_2 у шарі повітря над ґрунтом, насамперед, за рахунок внеску кореневого дихання.

Перелік використаної літератури

1. Смагин А.В. Новые инструментальные методы и портативные электронные средства контроля экологического состояния почв и сопредельных сред / Смагин А. В., Садовникова Н. Б., Глаголев М. В., Кириченко А. В. // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2006. – Т.2, № 1. – С. 5-16.
2. Keith H. Measurement of soil CO_2 efflux using soda lime absorption: both quantitative and reliable / H. Keith, S. Wong // Soil biology and biochemistry. – 2006. – Vol. 38. – P. 1121–1131.
3. Портативные газоанализаторы для мониторинга CO_2 в воздухе; электронный ресурс www.testo.kiev.ua
4. Сябрук О.П. Сезонна динаміка продукування CO_2 та розрахунок обсягів втрати вуглецю за різних способів обробітку, систем землеробства та удобрення ґрунту // Матеріали міжнародного науково-практичного форуму “Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій”, Львівський національний аграрний університет. – №17 – 2013. – С. 130-137.

5. Сябрук О.П. Комплексний моніторинг емісійних втрат вуглецю з чорноземів за різних агрозаходів / О.П. Сябрук, М.М. Мірошніченко // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск. Книга 2. Ґрунтознавство і меліорація ґрунтів. – Харків: ТОВ «Смуґаста типографія», 2014. – 381 с.

Стаття надійшла до редколегії 18.08.2015

IMPROVEMENT OF OPERATIONAL METHOD FOR CONTROL OF CO₂ EMISSION FROM THE SOIL SURFACE

O.P. Syabruk

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
blakahrt.Liss@yandex.ua

Today, there is a high availability of various systems to assess the CO₂ emissions from the soil surface by means of (single and multichannel) infrared analyzers. In connection with large expenditures of labor and imperfect field's methods for measuring emissions of CO₂ from soil it was the task to investigate promising, from our point of view, instrumental method of monitoring carbon dioxide emissions from soil using a portable gas analyzer testo535. Portable gas analyzer testo 535 - is a precision instrument for measuring CO₂ in the air and work area in an isolated area. Areas of observation for research CO₂ emissions under different crops using a portable gas analyzer testo 535 were laid on Experimental Field "Korotychnanske" State Enterprise of National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky» (now Grakivske) in April 2012. Soil experimental fields – podzolized chernozem low humus heavy loam on loess like loam. In order to achieve better reproducibility of the results it was carried out experimental study of several problematic issues: defining optimal exposure experiment and establishment of optimal stereometry indicators for respiration's camera. The experimental results show that to improve the accuracy and objectivity of measurements we should choose a 15-minute exposure, the working chamber with an average volume of 2,3 dm³ absorption of infrared vertical fixing probe at a distance from the ground 1,5-2 cm. According to the research of the method of measurement, this was later tested at pilot sites and soil monitoring network in Kharkiv region. During 2012 – 2014 years on stationary experience it was conducted periodic research monitoring the dynamics of intensity of respiration using a portable instrument testo 535. Observations on the dynamics of soil CO₂ emissions showed that plant crops almost a third defines the total variability in CO₂ concentration in the layer of air above the soil, primarily due to the contribution of root respiration.

Keywords: *production of carbon dioxide, a portable gas analyzer, diagnostic methods for operational control of the soil, stereometry indicators, root respiration.*

УДК 631.434.1

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СТРУКТУРИ ҐРУНТУ, СТВОРЕНИХ ПЕРЕДПОСІВНИМ ОБРОБІТКОМ, ТА ЇХ ДИНАМІКИ НА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ КУКУРУДЗИ¹

А.Л. Бородін, С.І. Крилач

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків
(a.l.borodin@yandex.ua)

Модельованням оптимальних агрофізичних параметрів ґрунту в умовах мікропольового досліджу досягнуто сприятливих умов вологозабезпеченості кукурудзи в період появи сходів, так само, як і у виробничих умовах за стандартної технології передпосівного обробітку (культиватором КТС 6 на глибину 6-8 см після осінньої оранки на глибину 22-25 см). Протягом вегетації кукурудзи дефіциту запасів вологи у шарі 0-40 см не спостерігали. При цьому за модельованих оптимальних агрофізичних параметрів посівного шару ґрунту одержано вдвічі більший урожай зерна кукурудзи – 170 ц/га, ніж за виробничих умов – 85 ц/га.

¹ Науковий керівник – доктор біол. наук, академік НААН, професор В.В. Медведєв

Ключові слова: вологозабезпеченість кукурудзи, запаси вологи в ґрунті, передпосівний обробіток ґрунту, посівний шар, структурний склад ґрунту

Вступ. У реальних виробничих умовах деякі параметри ґрунту істотно відрізняються від рекомендованих чинними агрономогами. Це стосується, передусім, структурного складу ґрунту в орному і посівному шарах, який є значно грубішим. Крім того, у надрасінневого шарі відсутній помірно ущільнений прошарок. Фактична будова орного шару не сприяє як накопиченню, так і транспірації вологи [1]. Згідно з результатами досліджень Е. Nugis [2], за стандартної технології передпосівного обробітку ґрунту під зернові культури структурного складу посівного шару ґрунту, в якому превалювали агрегати агрономічно корисних розмірів, було досягнуто лише після 9 культивацій та внесень добрив, що спричинило збільшення на 30 % витрат енергії на передпосівний обробіток. Однак, експериментально підтверджено, що формування посівного шару з оптимальним структурним станом ґрунту не тільки сприяє суттєвому зменшенню витрат на передпосівний обробіток, але й забезпечує найкращі фізичні умови для проростання зернових культур, в тому числі й зволоженість [2].

Існує можливість передпосівного обробітку ґрунту принципово новими робочими органами, за допомогою яких можливо відділити агрегати потрібного розміру під час обробітку посівного шару і зосередити їх у насінневого шарі [3].

Оптимальне співвідношення структур обумовлюється видом вирощуваної культури (а саме, розміром її насіння та особливостями кореневої системи), потребами культури у зволоженні та живленні, і навіть, фазою розвитку рослин та іншими факторами [4]. Тому не може бути універсальної оптимальної суміші із структурних компонентів у посівному шарі, що ускладнює практичне створення оптимальних агрофізичних умов у насінневого, надрасінневого та піднасінневого шарах під час передпосівного обробітку ґрунту [4].

Мета досліджень – встановити вплив параметрів структурного складу ґрунту, створених під час передпосівного обробітку (традиційного та модельного з оптимальними агрофізичними параметрами посівного шару) на вологозабезпеченість кукурудзи протягом вегетаційного періоду та її урожайність.

Об'єкти та методи досліджень. Експериментальні дослідження виконано в 2013 році на двох об'єктах – виробниче поле (темно-сірий опідзолений важкосуглинковий ґрунт) і модельний мікроділянковий дослід лабораторії геофізики ґрунтів ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського» (чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий). Об'єкти досліджень розташовані у с. Комунар Харківського району Харківської області.

Передпосівний обробіток ґрунту для вирощування кукурудзи сорту «Елегія» в польових умовах виконано культиватором КТС 6 на глибину 6-8 см після осінньої оранки на глибину 22-25 см.

Моделі посівного шару ґрунту із оптимальними для вирощування кукурудзи, параметрами структурного стану ґрунту було створено вручну на експериментальних мікропольових ділянках, площею 1 м². Було знято весь надрасінневий шар ґрунту (0-5 см) у межах ділянки і масу ґрунту просіяно через сита із різним діаметром отворів. Піднасінневий шар ущільнювали дерев'яним товчачиком до щільності ґрунту в межах від 1,0 до 1,15 г/см³. На цей шар висівали насіння кукурудзи і прикривали зверху шаром просіяного ґрунту. Переважний розмір агрегатів у надрасінневій частині ґрунту коливався в межах від 1 до 10 мм. Таким чином було створено оптимальні умови щодо структурного стану та щільності будови ґрунту для розвитку проростків кукурудзи [5].

Вміст вологи у ґрунті визначали за ДСТУ ISO 11465 [6]; структурно-агрегатний склад – за ДСТУ 4744 [7] і щільність будови – за ДСТУ ISO 11272 [8]. Глибина

визначень: до 0,20 м – через 5 см, від 0,20 до 0,50 м – через 10 см. Повторність визначень: 4-5-кратна. Періодичність визначень – 3 рази за вегетаційний період: на початку вегетації, в середині та в кінці вегетації. За результатами визначення вмісту вологи та щільності будови ґрунту розраховували загальні запаси вологи.

Результати та обговорення. У виробничих умовах та модельному досліді у посівному шарі ґрунту було створено різні агрофізичні умови.

Кукурудзу, як порівняно теплолюбну рослину, висівають пізніше, ніж ярі зернові культури, в результаті чого вона меншою мірою може використовувати вологу ґрунту, що накопичилася в осінньо-зимовий та весняний періоди [9]. У період формування сходів стан посівів повністю визначається кількістю вологи в орному шарі: якщо запаси менші ніж 10 мм, поява сходів затримується, а під час формування двох листочків їх стан дуже погіршується. На початку вегетації потреба у волозі невисока, і якщо випадає 30 мм опадів на місяць, рослини не проявляють ознак нестачі вологи до фази 3-го листа [9].

Звертає на себе увагу достовірно вищий запас вологи за традиційного передпосівного обробітку у виробничих посівах кукурудзи, порівняно з модельним дослідом (табл. 1). Він сформувався внаслідок більш високої щільності будови ґрунту на початку вегетації (1,23 г/см³ – у шарі 0-5 см і 1,68 г/см³ – у шарі 5-30 см) порівняно з модельними параметрами (0,94 г/см³ – у шарі 0-5 см і 1,09 г/см³ – у шарі 5-30 см). Однак висока щільність будови може дещо обмежувати ріст коріння культур, негативно впливаючи на поглинання вологи та елементів живлення. Отже, як за традиційного обробітку, так і за умов модельного досліді на початку вегетації було сформовано сприятливі умови вологозабезпеченості кукурудзи. На вологозабезпеченість рослин кукурудзи впливали погодні умови. У 2013 р. протягом всього вегетаційного періоду цієї культури запаси вологи у шарі 0-40 см збільшувалися від початку до кінця вегетації, створюючи сприятливі умови для рослин як у виробничому полі, так і в модельному досліді.

1. Динаміка запасів вологи у ґрунті (2013 р.)

Час спостережень	Шар ґрунту, см	Запас вологи, мм за різних способів передпосівного обробітку ґрунту	
		Традиційний (культиватором КТС 6 на глибину 6-8 см після осінньої оранки на глибину 22-25 см)	Модельний дослід (вручну, з сепаруванням структурних окремостей у наднасіневому шарі)
Початок вегетації	0-5	10	10
	5-10	12	11
	10-20	13	12
	20-30	не визн.	14
	30-40	19	не визн.
	0-40	54	47
Середина вегетації	0-5	12	8
	5-10	13	8
	10-20	11	10
	30-40	12	не визн.
	0-40	48	26
Кінець вегетації	0-5	23	15
	5-10	21	15
	10-20	19	15
	20-30	не визн.	15
	30-40	19	не визн.
	0-40	82	60
НІР ₀₅		0,2	0,2

Структурний склад темно-сірого опідзоленого ґрунту у виробничих посівах та у модельному досліді сильно відрізнявся (табл. 2, 3). На початку вегетації у шарі 0-

5 см (наднаслідному) у модельному досліді з оптимальними агрофізичними параметрами ґрунту брилисті грудочки (більші за 10 мм) були практично відсутні, завдяки сепарації ґрунту перед посівом культури. Вміст брил становив 2 %, порівняно з 29 % брил у структурі цього ж шару ґрунту в полі. У шарі 5-10 см (наслідний та піднаслідний шари) в ґрунті модельного досліді брил було вдвічі менше – 10 %, порівняно з виробничими умовами – в середньому 20 %. Таким чином, структурний склад ґрунту виробничого поля на початку вегетації кукурудзи за показником брилистості не відповідає агротехнічним вимогам, згідно з якими, брил у посівному шарі ґрунту не повинно бути взагалі. Структурний склад ґрунту модельного досліді виявився набагато ближчим до агротехнічних вимог.

2. Структурний склад ґрунту у посівному шарі у виробничих умовах (визначено сухим просіюванням)

Період відбирання проб	Шар ґрунту, см	Вміст структурних фракцій, %, за розміру, мм									Коефіцієнт структурності
		> 10,0	10,0-7,0	7,0-5,0	5,0-3,0	3,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	< 0,25	
Початок вегетації	0-5	29	6	6	8	10	22	3	10	6	1,9
	5-10	20	8	8	10	12	23	4	10	5	3,3
Середина вегетації	0-5	14	6	6	9	9	31	4	13	8	3,3
	5-10	16	8	7	11	10	29	4	11	5	3,9
Кінець вегетації	0-5	48	10	8	10	8	12	1	2	1	1,2
	5-10	50	10	8	10	8	10	1	2	1	1,0

Як у виробничих умовах, так і в модельному досліді на початку вегетації в шарах 0-5 см та 5-10 см у структурному складі ґрунту переважала фракція структурних макроагрегатів розміром 1,0-2,0 мм. При цьому в шарі 0-5 см модельного досліді часточок цього розміру було вдвічі більше (41 %), ніж у ґрунті виробничого поля після традиційного передпосівного обробітку (22 %).

3. Структурний склад ґрунту у посівному шарі в модельному досліді (визначено сухим просіюванням)

Період відбирання проб	Шар ґрунту, см	Вміст структурних фракцій, %, за розміру, мм									Коефіцієнт структурності
		> 10,0	10,0-7,0	7,0-5,0	5,0-3,0	3,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	< 0,25	
Початок вегетації	0-5	2	1	4	13	28	41	2	4	3	20
	5-10	10	8	10	16	21	27	2	4	2	7
Середина вегетації	0-5	0	0	2	9	17	45	4	12	11	8
	5-10	6	8	11	17	17	31	3	6	3	11
Кінець вегетації	0-5	3	4	7	14	23	36	3	6	3	15
	5-10	3	3	6	14	21	38	3	7	5	13

Сума окремоостей, більших за 10 мм і менших за 0,25 мм у ґрунті виробничого поля (тобто, тих, що не належать до агрономічно корисної структури) також значно перевищувала цей параметр у ґрунті модельного досліді: у шарі 0-5 см - 34 та 5 % відповідно, а у шарі 5-10 см – 26 % і 12 %.

В середині вегетації кукурудзи дещо поліпшився структурний склад ґрунту у посівному шарі як у виробничих умовах, так і в модельному досліді. А саме, середній вміст брил у шарі 0-5 см у виробничих умовах зменшився з 29 до 14 % і менш суттєве зменшення вмісту брилистих грудочок відбулося в шарі 5-10 см: з 20 до 16 %. В умовах модельного досліді з оптимальними агрофізичними параметрами ґрунту в середині вегетаційного періоду кукурудзи у шарі 0-5 см брили були відсутні, а в шарі 5-10 см їх містилося лише 6 %. У структурному складі ґрунту в межах посівного шару в обох випадках, як і на початку вегетації кукурудзи, переважала фракція структурних

макроагрегатів 1,0-2,0 мм. У ґрунті модельного досліді у шарі 0-5 см її вміст підвищився до 45 %, у ґрунті виробничих посівів – до 31 %.

Спостерігаються різкі відмінності у значеннях коефіцієнта структурності ($K_{\text{стр}}$) для ґрунтів модельного досліді та виробничих посівів (табл. 2 і 3). Для шару 0-5 см ґрунту модельного досліді на початку вегетації кукурудзи $K_{\text{стр}}$ становив 20, а для виробничих умов – 1,9. Різниця в один математичний порядок між значеннями цього показника свідчить про суттєві відмінності агрофізичних умов, сформованих у ґрунті з модельними оптимальними параметрами структурного стану та внаслідок традиційного передпосівного обробітку.

Коефіцієнт структурності шару 5-10 см на початку вегетації кукурудзи відрізнявся не так сильно – 3,3 для ґрунту виробничих посівів та 7 для ґрунту модельного досліді.

В середині та в кінці вегетації надзвичайно велика різниця у значеннях $K_{\text{стр}}$ ґрунту у виробничих умовах та в модельному досліді збереглася.

Традиційний обробіток ґрунту, в тому числі, передпосівний, формує набагато гірший за оптимальний для вирощування кукурудзи структурний склад посівного шару ґрунту. Більш висока урожайність кукурудзи в модельному досліді – 170 ц/га зерна порівняно з 85 ц/га у виробничих умовах – обумовлена в тому числі й тим, що оптимальні агрофізичні умови ґрунту в період проростання насіння посприяли реалізації генетичного потенціалу сучасного високопродуктивного сорту кукурудзи. Таким чином, якісний передпосівний обробіток ґрунту є надзвичайно перспективним способом підвищення урожайності кукурудзи на зерно.

Висновки. Створення оптимальних агрофізичних параметрів посівного шару ґрунту перед сівбою забезпечує сприятливі умови вологозабезпеченості кукурудзи, які, однак, не поступаються параметрам вологозабезпеченості за виробничих умов. При цьому оптимальні параметри структурного складу посівного шару (які з деякими коливаннями зберігаються протягом всього вегетаційного періоду) створюють більш комфортні умови росту рослин, що приводить до суттєвого підвищення урожаю.

Список використаної літератури

1. *Медведев В.В.* Оптимізація ґрунтово-агрохімічних і агротехнічних факторів // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 2. – С. 9-11.
2. *Nugis E.* Seedbed quality preparation in Estonia / E.Nugis // Agronomy Research. (Special Issue II). – 2010. – № 8 – P. 421-426.
3. *Медведев В.В.* Новітні технології і знаряддя обробітку для збереження фізичних властивостей ґрунтів // Вісник аграрної науки. – 2013. – № 8. – С. 5-9.
4. *Медведев В.В.* Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). – Х.: Городская типография, 2008. – 406 с.
5. *Хекало (Крилич) С.І.* Потреби рослин із різним розміром насіння в щільності будови та структурному складі посівного шару ґрунту // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 4. – С. 73–76
6. *Якість ґрунту.* Визначення сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT): ДСТУ ISO 11465:2001 – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 11 с. – (Національний стандарт України).
7. *Якість ґрунту.* Визначення структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І.Савінова: ДСТУ 4744:2007 – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с. – (Національний стандарт України).
8. *Якість ґрунту.* Визначення щільності будови на суху масу (ISO 11272:1998, IDT): ДСТУ ISO 11272:2001. — [Чинний від 2003-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 15 с. – (Національний стандарт України).
9. *Крамарев С.М.* Удобрение кукурузы на черноземах обыкновенных степной зоны Украины. – Днепропетровск: Новая идеология, 2010. – 632 с.

Стаття надійшла до редколегії 20.05.2015

INFLUENCE OF SOIL STRUCTURE PARAMETERS CREATED BY PRESEEDING TILLAGE AND THEIR DYNAMICS ON MOISTURE SUPPLY OF CORN**A.L. Borodin, S.I Krylach****National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
(a.l.borodin@yandex.ua)**

Optimal agrophysical parameters of soil seed layer are still poorly understood and potentially cost-effective way to crop yields increase. The purpose of research was to determine the effect soil structural parameters of on moisture supply of corn during the growing season, depending on the type of preplant tillage (conventional and model with optimal agrophysical parameters of seed layer) and its productivity. The object of research was dark gray podzolized heavy loam soil and low-humus chernozem typical heavy loam (Slobozhanskiy experimental field, Komunar, Kharkiv district, Kharkiv region). Corn is grown in production conditions and in model experiment. Experimental studies are carried out in 2013. Conventional seedbed preparation was cultivation to a depth of 6-8 cm after plowing to a depth of 22-25 cm. The optimal structural composition of soil created in the model experiment manually. Soil moisture content and bulk density was determined in three terms at a depth of 50 cm. Total moisture reserves were calculated in terms of the bulk density and moisture content.

The different agrophysical conditions in sowing soil layer were created in field and in model experiment. Weather conditions affect the on moisture supply of corn plants. In 2013 during the growing season of this crop moisture reserves in the layer 0-40 cm increased from the beginning to the end of the growing season, creating favorable moisture conditions both in production and in model experiments.

The structural composition of dark gray podzolized soil was very different in production and in model experiment. Particles of agronomically valuable sizes in sowing soil layer under production conditions during the growing season of corn was less in the model experiment and lumps was more. Structuring factor of seed soil layer of production fields was in practice ten times less than in a model experiment.

Traditional tillage, including preplant one forms the much worse structural composition of soil than optimal soil structure for corn growing.

Creating of optimal agrophysical parameters of soil seed layer provides favorable moisture conditions for corn, not inferior for the moisture conditions by traditional cultivation technology. In the model experiment with optimal agrophysical conditions of seed layer of soil twice higher corn yields than production conditions was obtained.

Keywords: corn moisture supply, soil moisture reserves, preplant tillage, seed layer, structural composition of soil.

УДК 631.4

ЗМІНА СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СКЛАДУ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ПІД ВПЛИВОМ ВАПНЯНИХ МЕЛІОРАНТІВ РІЗНОГО ХІМІЧНОГО СКЛАДУ¹**К.О. Десятник****ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків
(karina.desyatnik@i.ua)**

У даній статті на підставі результатів наукових досліджень, виконаних у дрібноділянковому польовому досліді, показано залежності структурного складу ґрунту та кількості водотривких агрегатів від виду внесеного меліоранту (гашене вапно, доломіт, цементний пил і червоний шлам). Встановлено, що внесення кальцієвмісних меліорантів не лише сприяє нейтралізації ґрунтової кислотності, а й поліпшує умови існування ґрунтових безхребетних які, своєю чергою, поліпшують структуру ґрунту. Найбільш ефективним структуроутворювачем серед досліджуваних меліорантів виявився доломіт.

Ключові слова: структура, кальцій, вапняні меліоранти, чорнозем опідзолений, люмбрициди.

¹ Науковий керівник роботи – доктор біол. наук Ю.Л. Цапко

Вступ. Поглинальна здатність ґрунту обумовлює фізичні, а через них і біологічні властивості ґрунту. Перш за все, цей зв'язок відображається на структурі ґрунту. Для структури, а разом із тим, для агрономічної якості ґрунту, має значення, якими катіонами, в основному, насичений колоїдний комплекс. Лише у разі насиченості кальцієм може утворюватися добре оструктурений ґрунт. Академік О.Н. Соколовський стверджував, що поглинутий кальцій відіграє у ґрунті абсолютно виняткову роль: він є, свого роду, "сторожем" ґрунту, "охороняючи" його структуру, і навіть його власне тіло від змін, затримуючи, коагулюючи колоїдну частину, не даючи їй вимиватися, переміщуватися в більш глибокі горизонти [1].

Вапнування є одним із найстаріших і найдієвіших агротехнічних прийомів на кислих ґрунтах, прекрасні результати воно дає і на чорноземах опідзолених, оскільки в результаті опідзолювання понижується насиченість ґрунту кальцієм, у зв'язку з чим погіршуються і фізичні властивості, перш за все, структура ґрунту. Рух у ґрунті води, повітря, дифузія солей значною мірою залежать від агрегатного складу ґрунту [2, 3]. Так, зернисті агрегати, порівняно із розпилим ґрунтом, суттєво поліпшують його властивості.

Відомо, що агрегованість верхніх горизонтів зменшує фізичне випаровування з ґрунту, підвищує його вологоємність, сприяє більшому розвитку корневих систем рослин [4]. В роботі А.Д. Вороніна [2] наголошено, що потенційна родючість залежить не лише від багатства ґрунту на поживні речовини, а й від його фізичного стану. Для відображення повної картини впливу меліорантів (особливо промислового походження) на ґрунтові показники необхідно звертати увагу на ґрунтово-фізичні фактори, що характеризують здатність ґрунтів забезпечити потребу рослин у воді, повітрі, теплі, об'ємі кореневмісного шару і в цілому створити умови для їх ефективного росту, розвитку, продуктивності, а також успішно реалізувати в урожаї потенційний запас поживних речовин із ресурсів ґрунту [5].

Метою роботи є встановлення залежності структурного складу ґрунту та кількості водотривких агрегатів від виду внесеного меліоранту.

Об'єкти і методи досліджень. Особливості впливу кальцієвмісних меліорантів на структуру ґрунту досліджували у дрібноділянковому польовому досліді на території дослідного господарства ННЦ ІГА – Державне підприємство ДГ "Граківське", (с. Коротич, Харківський район, Харківська область) у 2014 році. Схема варіантів досліді: 1 – Контроль (без меліорантів); 2 – гашене вапно; 3 – доломіт; 4 – цементний пил; 5 – червоний шлам.

Меліоранти вносили одноразово (у 2011 році) у дозах, визначених в лабораторних умовах за графіками рН-буферності [6]. Згідно з цим підходом фізичні норми вапняних меліорантів були такими: гашене вапно та доломіт – 4,5 т/га; цементний пил – 6,7; червоний шлам – 2,5 т/га. Вимірювання рН та активності іонів кальцію (Ca^{2+}) проводили на початку та в кінці вегетаційного періоду у непорушеному ґрунті (*in-situ*) методом прямої потенціометрії з використанням іонселективних електродів за атестованими методиками ННЦ ІГА (МВВ 31-497058-023-2005) та ДСТУ (ДСТУ 4725:2007 та ДСТУ ISO 11271:2004).

Облік ґрунтових безхребетних (мезофауна) проводили методом розкопок і ручного розбирання проб ґрунту за методикою Гілярова [7].

Структурно-агрегатний склад ґрунту визначали методами просіювання у повітряно-сухому стані та просіювання у воді зразків, відібраних із шару 0-20 см (за Н.І. Саввіновим) із наступним визначенням коефіцієнта структурності та коефіцієнта водотривкості [8].

Аналіз результатів досліджень. Встановлено, що внесення вапняних меліорантів справило безпосередній вплив на зміни в структурному складі чорнозему опідзоленого (табл. 1).

1. Структурний склад чорнозему опідзоленого залежно від вапняного меліоранту

Варіант	Вміст фракцій %, розміром, мм			Коефіцієнт структурності, K_c
	> 10	10-0,25	< 0,25	
Контроль	2,7	78,8	18,5	3,8
Вапно гашене	2,0	87,6	10,4	7,1
Крейда	2,6	82,4	15,0	4,7
Доломіт	4,8	90,8	4,4	9,9
Дефекат	4,0	85,2	10,8	5,8
Цементний пил	5,8	86,2	8,0	6,2
Вапняк флюсовий	2,6	88,8	8,6	7,9
Шлам червоний	5,4	86,4	8,2	6,4
НІР 0,5	0,2	0,5	0,9	-

На всіх варіантах відмічено підвищення вмісту агрономічно корисних фракцій 10-0,25 мм, у варіанті з доломітом їх сума досягає 90 %. У варіантах із цементним пилом та червоним шламом незначно збільшується вміст брилистих фракцій, що можна пов'язати з низькою якістю помелу самих меліорантів.

Сумарним показником, який характеризує структурну композицію ґрунту, є коефіцієнт структурності K_c : чим більші значення даного показника, тим краще оструктурений ґрунт.

Коефіцієнт структурності K_c : розраховували за формулою: $K_c = A/B$, де: А – сума макроагрегатів розміром від 0,25 до 10 мм, %; Б – сума окремоостей < 0,25 мм та > 10 мм, %.

Зміна коефіцієнта структурності під впливом внесення вапняних меліорантів відображалася рівнянням лінійної регресії. Результати статистичної обробки даних свідчать про високий рівень кореляційного зв'язку між активністю кальцію та коефіцієнтом структурності $r=0,93$ (рис. 1).

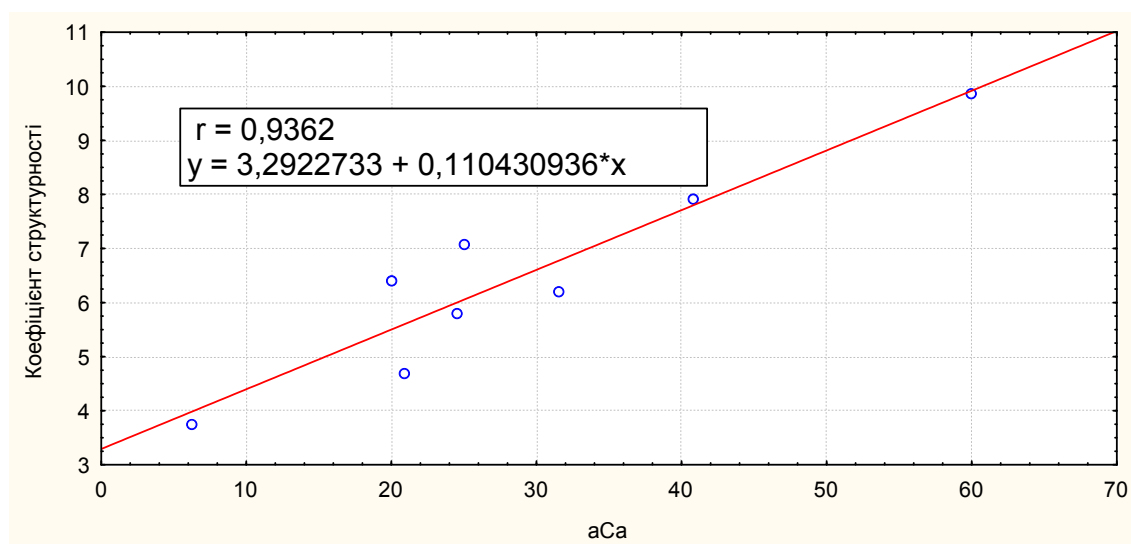


Рис. 1. Залежність між коефіцієнтом структурності (y) та активністю кальцію (x)

У зв'язку зі зміною структурного складу досліджуваного ґрунту відбулися зміни коефіцієнта структурності. На всіх варіантах цей показник свідчив про високу оструктуреність ґрунту, а на варіанті з доломітом він був у 3 рази вищим, ніж на контролі.

У ході досліджень було встановлено, що застосування вапняних меліорантів посилювало водотривкість агрегатів чорнозему опідзоленого важкосуглинкового (табл. 2).

2. Вміст водотривких агрегатів у чорноземі опідзоленому залежно від виду вапняного меліоранту

Варіант	Вміст агрегатів %, розміром, мм						K_e
	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	3-0,25	< 0,25	
Контроль	2,6	0,2	4,6	3,8	11,2	88,8	0,14
Вапно гашене	0,4	0,4	6,2	23,6	30,6	69,4	0,34
Крейда	42,0	3,6	6,4	4,4	56,4	43,6	0,66
Доломіт	14,6	15,2	22	4,4	56,2	43,8	0,59
Дефекат	10,8	9,8	6,8	4,2	31,6	68,4	0,35
Цементний пил	12,2	0,8	13,8	17	43,8	56,2	0,48
Вапняк флюсовий	0,4	10,2	16	13,2	39,8	60,2	0,44
Шлам червоний	0,8	0,4	1,4	2,0	4,6	95,4	0,05
НІР	0,06	0,01	0,36	0,35	-	-	-

З усіх досліджуваних ділянок найвищий коефіцієнт водотривкості визначили на варіанті з гашеним вапном, в той час як на варіанті з червоним шламом він був нижчим, ніж на контролі.

Вище наведені дані підтверджують те, що вапнування сприяє утворенню ґрунтових агрегатів, коагуляції колоїдів, поліпшенню структури ґрунту та аерації, полегшує його обробіток. Ці позитивні зміни також слід пов'язувати з поліпшенням умов життєдіяльності корисних для ґрунту дощових черв'яків (люмбрицид), які суттєво поліпшують агроєкологію ґрунтів завдяки формуванню водостійкої структури, поліпшенню аерації та вологопроникливості, збагаченню гумусом та азотом, пригнічення розвитку патогенної і активізації діяльності корисної мікрофлори тощо.

В результаті проведених досліджень, описаних в даній статті, встановлено високий кореляційний зв'язок ($r = 0,75$) між чисельністю люмбрицид та коефіцієнтом структурності ґрунту. Графічну інтерпретацію даної залежності зображено на рис. 2.

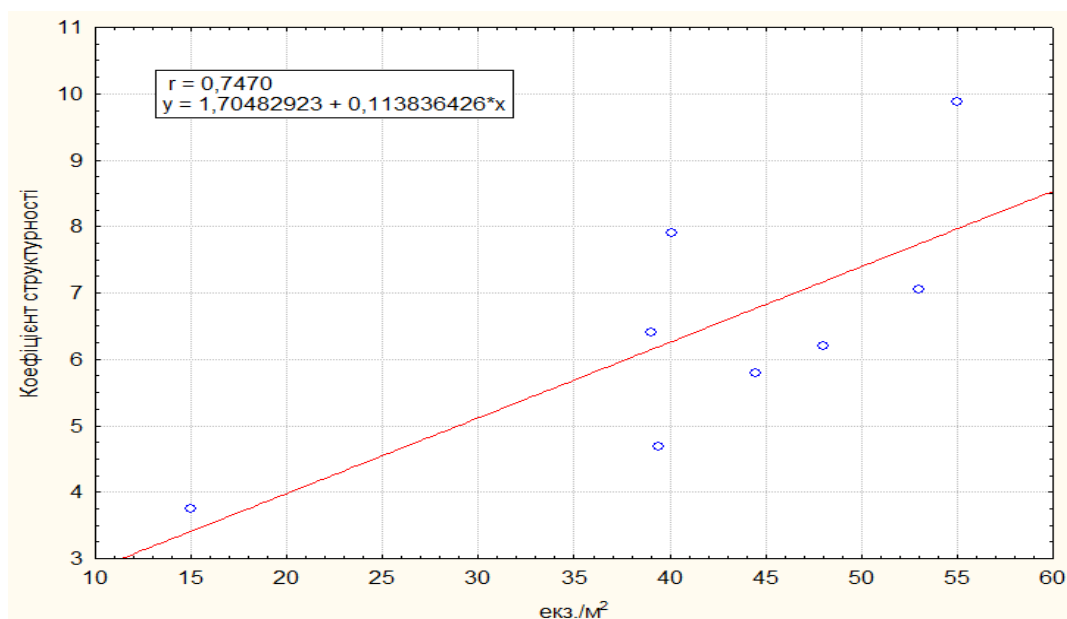


Рис. 2. Зв'язок між чисельністю люмбрицид та коефіцієнтом структурності

Тобто, внесення кальцієвмісних меліорантів на чорноземі опідзоленому, не лише сприяє нейтралізації ґрунтової кислотності, а й поліпшує умови існування для ґрунтових безхребетних, які, своєю чергою, поліпшують структуру ґрунту.

Висновки

1. Встановлено тісний зв'язок структурності ґрунту, меліорованого кальцієвмісними речовинами, як з фізико-хімічними (активність кальцію), так і з біологічними (кількість люмбрицид) характеристиками ґрунту.

2. Показано ефективність застосування вапняних меліорантів на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому. Найбільш ефективним структуроутворювачем серед досліджуваних меліорантів виявився доломіт.

Перелік використаної літератури

1. Соколовський О.Н. Сільськогосподарське ґрунтознавство. М. - 1956 р.- 329с.
2. Воронин А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М : МГУ. – 244с.
3. Трач С.В. Оцінка впливу відходів спиртового виробництва на структурно-агрегатний склад чорнозему типового// ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії / № 4. – 2010. – С. 75-77.
4. Зубкова Т.А. Экологические функции почвенных агрегатов / Т.А. Зубкова, Л.О. Карпачевский // Экология та ноосферология. – 1997. – Т. 3. –№ 1-2. – С. 87-95.
5. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур /В.В. Медведев, А.Я. Бука, Д.Н. Губарева [и др.]; Под ред. В.В. Медведева. – К.: Урожай, 1991. – 176 с.
6. ДСТУ 4456:2005 "Якість ґрунту. Метод визначення кислотно-основної буферності ґрунту". Чинний від 2006-10-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 16 с.
7. Бызова Ю.Б. Количественные методы в почвенной зоологии / [Ю.Б. Бызова, М.С. Гиляров, В. Дунген и др.]. – М.: Наука, 1987. – 288 с.
8. Якість ґрунту. Визначання структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І.Саввінова: ДСТУ 4744:2007. - [Чинний від 2007-04-03]. - К.: Держспоживстандарт України, 2008.- 10 с.

Стаття надійшла до редколегії 18.05.2015

CHANGE OF CHERNOZEM PODZOLIZED STRUCTURE UNDER THE INFLUENCE OF LIME AMELIORANTS WITH DIFFERENT CHEMICAL COMPOSITION

K. O. Desyatnik

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
(karina.desyatnik@rambler.ru)

Physical, physico-chemical and biological properties of soil, and above all, action of its medium, proportionally dependents on its absorption capacity, especially in relation to such important macronutrient as calcium. On chernozem soils of Forest-Steppe zone during podsolization, saturation of soil by calcium is decreased that causes increasing its acidity, it has detrimental effect on biota, especially for members of soil invertebrates, which in turn play an important role in the transformation of matter and energy of ecosystems in maintaining ecological functions and improving natural soil fertility. Therefore, the issue of calcium availability and ways to improve its content in soil is very popular. Primary importance becomes liming, which is not only a factor in increasing the pH of acidic soils, but also contributes to ensuring this element for soils, plants, and by food chain for animals and people. Purpose of the work – to establish the relationship between changes in physical and chemical parameters and the number of soil invertebrates (mesofauna) and structural-aggregate state of chernozem podzolized heavy loam by application of calcium ameliorants. Research on the effect of containing calcium ameliorants for physical, physical-chemical and biological parameters of chernozem podzolized heavy loam were conducted during 2014 in the Experimental Field "Grakivske" State Enterprise of National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky» (Kharkiv region) in small plot experiment. It was determined the dynamics of changes in pH, Ca activity, number of lumbricids and structural condition of the soil. As a result of the application of calcium ameliorants on chernozem podzolized heavy loam, there was a significant increase in activity of calcium, which in turn led to the neutralization of soil acidity. These changes in physical and chemical properties of the soil were naturally reflected in the number of soil biota. In the result of research, carried out during three years a positive linear relationship between increasing pH and number of lumbricids (rain worms) was determined, it was possible to note that by liming of chernozem podzolized the most favorable environmental conditions for life were created. At the same time it was proved that liming contributes to the formation of soil aggregates coagulation of colloids, and as a result soil structure improving. In this article it is proved that the application of calcium ameliorants on chernozem podzolized, not only neutralizes soil acidity, but also improves conditions for the

existence of soil invertebrates, which make a kind of biological soil reclamation, that ultimately contributes to its fertility reproduction and self-regulation.

Keywords: *calcium, lime ameliorants, chernozem podzolized, lumbricids, structure.*

УДК 631.472.56

ВПЛИВ ПЛАНТАЖНОГО ОБРОБІТКУ ЧОРНОЗЕМУ ПІВДЕННОГО ПІД ВІНОГРАДНИКИ НА ПОКАЗНИКИ ЙОГО ГУМУСОВОГО СТАНУ¹

Л.О. Рушенко

ННЦ «Інститут агрохімії та ґрунтознавства імені О.Н.Соколовського», Харків
(lilecc7@gmail.com)

Наведено результати визначення загального вмісту гумусу та азоту, вмісту лабільної органічної речовини та групового складу гумусу у чорноземі південному під виноградником, посадженим після плантажної оранки. Виявлено, що змінюється розподіл гумусу по профілю ґрунту, порівняно з цілинним аналогом. У шарах 20-40 та 40-60 см у плантажованому ґрунті констатовано підвищений вміст гумусу. Відношення С:N у рядках винограду та на цілині рівномірно збільшується з глибиною, а у міжрядді найвище значення зафіксовано у шарі 40-60 см. Виявлено, що вміст лабільної органічної речовини є майже однаковим у всьому профілі на всіх досліджених ділянках. Тип гумусу – гуматний.

Ключові слова: *плантаж, гумус, органічна речовина, виноградники.*

Вступ. Вивчення гумусового профілю різних ґрунтів має велике значення для пізнання генезису ґрунту та оцінки його родючості [1, 2, 3]. Вміст органічної речовини та його динаміка у просторі та часі характеризує зміни темпів і напрямів ґрунтоутворення, визначає рівень потенційної родючості ґрунтів. Органічна речовина є одним із факторів, що обумовлюють вбирну здатність ґрунту та процеси структуроутворення, впливають на тепловий, водний та поживний режими [2, 4].

У плантажованих ґрунтах відбувається переорганізація ґрунтового профілю, і, як наслідок, змінюється швидкість та спрямованість ґрунтових процесів і режимів [1, 3, 5]. Плантажна оранка на глибину до 75 см є основним способом обробітку ґрунту перед посадкою винограду [1, 6, 7]. Однак, питання впливу плантажу на гумусовий стан ґрунту залишається слабовисвітленим, що обумовлює актуальність проведення наших досліджень.

Метою роботи є вивчення можливих змін у вмісті і розподілі гумусу по профілю плантажованого ґрунту під виноградником.

Методи та об'єкти. Дослідження проводили в 2014-2015 рр. на чорноземі південному в с.м.т. Таїрово Одеської області (46°21'24.14 П.Ш. 30°39'13,37 С.Д.) на території винограднику ННЦ «Інститут виноградарства та виноробства імені В.Е. Таїрова» площею 42 га. Ґрунт характеризується такими параметрами властивостей: реакція середовища лужна (рН 8,5 у шарі 0-20 см); вміст карбонатів від 2 % у верхньому шарі (0-20 см) до 8 % в нижньому шарі (40-60 см) ґрунту під виноградником і від 2 % (0-20 см) до 17 % (45-80 см) у цілинному ґрунті; вміст нітратного азоту – 3-10, рухомого фосфору – 17-42, обмінного калію – 250-330 мг/кг ґрунту (за Мачигінім). Виноградник не зрошується. Уримання міжрядь – за типом чорного пару. Для проведення досліджень було обрано два варіанти використання ґрунту: ділянка цілини поруч із виноградником (контроль) та ділянка виноградника 2009 року посадки. Проби ґрунту відбирали з рядків та міжрядь у шарах 0-20, 20-40 та 40-60 см.

¹ Науковий керівник – доктор с.-г. наук Є. В. Скрильник

Параметри властивостей ґрунту визначали за такими методами: загальний вміст азоту – ДСТУ ISO 112661-2001; загальний вміст гумусу – ДСТУ 4289:2004; вмісту доступної (лабільної) органічної речовини – ДСТУ 4732:2007; груповий склад гумусу – ДСТУ 7855:2015.

Результати роботи. Виявлено, що у верхньому шарі цілинного ґрунту міститься 1,84 % гумусу, а на глибині 60 см вміст різко знижується – до 0,80 %. У плантажованих ґрунтах закономірність профільного розподілу гумусу інша: в рядках винограднику вміст гумусу збільшується з 1,36 до 1,62 % з глибиною і максимуму досягає у шарі 40-60 см; в міжрядді його концентрація з глибиною знижується з 1,87 до 1,34 % (рис 1. А.). На зростання вмісту гумусу по профілю плантажованого ґрунту в рядках винограднику можливо впливає ризосфера виноградної рослини (*Vitis Vinifera*). Джерелом гумусу в зоні розповсюдження коріння винограду можуть бути відмерлі кореневі волоски, сисні та, частково, провідні корені, органо-мінеральні кореневі виділення, ґрунтові мікроорганізми та безхребетні.

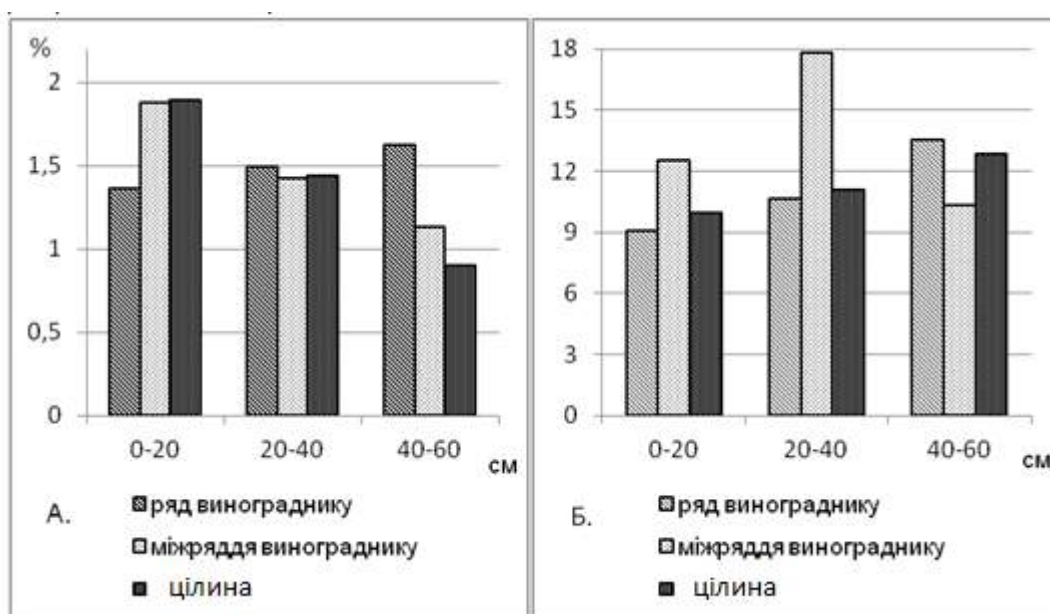


Рис. 1. Загальний вміст гумусу (А) і відношення С:N (Б) у профілі чорнозему південного

Для рослини важливим елементом живлення є азот. Тому важливо розуміти, як змінюється перерозподіл цього елемента після плантажної оранки. Загальний вміст азоту в шарі ґрунту 0-20 см під виноградником – 0,15 %, а на цілині – 0,19 %, хоча з глибиною на обох варіантах спостерігається значне зменшення вмісту азоту. Розрахунок відношення С:N, що є показником насиченості органічної речовини ґрунту азотом, показує (рис. 1.Б.), що в шарі ґрунту 0-20 см на цілині цей показник має значення 9,94, яке з глибиною зростає до 12,86. У ґрунті під рядками винограду цей показник збільшується на 4 % з шару 0-20 см до 40-60 см. Проте у міжрядді, у шарі 20-40 см, спостерігається різке підвищення значень, порівняно з шаром 0-20 см, а нижче – різке зниження.

Виявлено, що абсолютний вміст лабільної органічної речовини майже не змінюється у профілі ґрунту в міжряддях та в рядках і становить 0,02-0,03 %, а на цілині – 0,05-0,06 %.

Проаналізовано груповий склад гумусу ґрунту (рис. 2). У ґрунті в шарі 0-20 см виявлено середній ступінь гуматності гумусу у міжрядді винограднику, високий – в рядку, та дуже високий – на цілині. Помітили, що на цілині та в рядку винограднику з глибиною ступінь гуматності гумусу зменшується, тоді як у міжрядді цей показник має найвище значення у шарі 20-40 см.

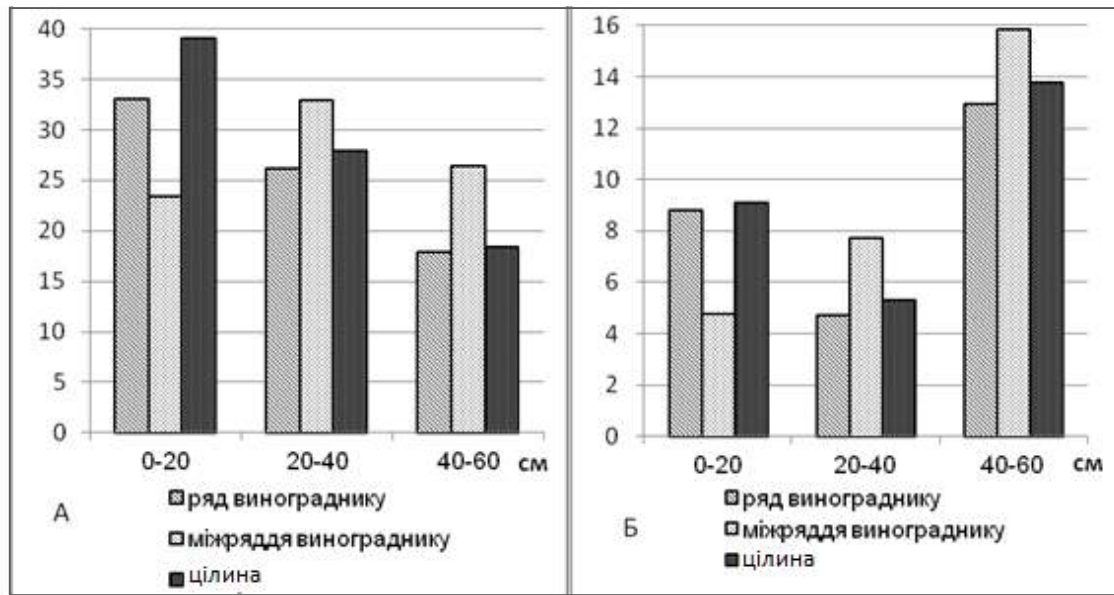


Рис. 2. Вміст вуглецю гумінових (А) та фульвокислот (Б) (% від загального вмісту вуглецю) у профілі чорнозему південного

Тип гумусу оцінили за відношенням вмісту вуглецю гумінових (Сгк) та фульвокислот (Сфк) (рис. 3). Виявили, що в ґрунті на всіх об'єктах у шарі 0-40 см тип гумусу гуматний. Можна припустити, що така особливість пов'язана з великим вмістом фракції ГК2, тобто, гумінових кислот, зв'язаних з кальцієм, що можна пояснити переміщенням CaCO_3 із ґрунотвірної породи у верхні шари ґрунту в процесі плантажування. Проте на глибині 40-60 см тип гумусу фульватно-гуматний.

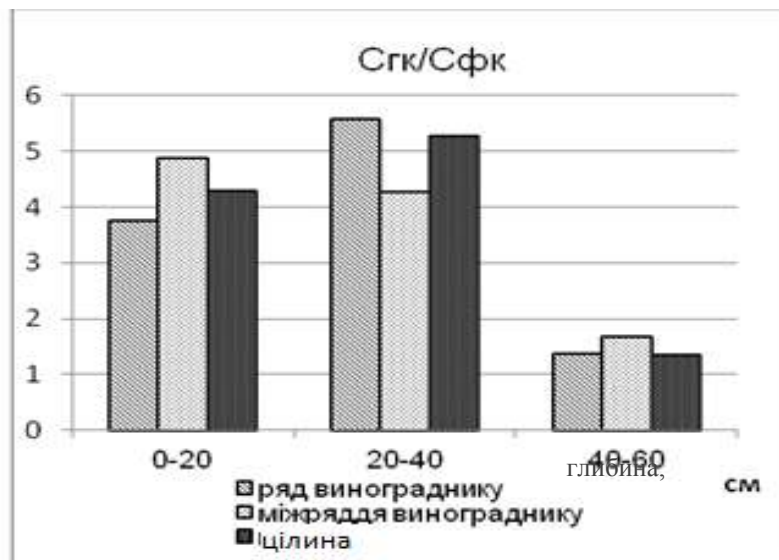


Рис. 3. Відношення Сгк до Сфк у чорноземі південному

Висновки. Встановлено, що після плантажної оранки, зробленої 6 років тому, у чорноземі південному змінюється перерозподіл гумусу у профілі, порівняно з цілиною. У шарах 20-40 см та 40-60 см у плантажованому ґрунті спостерігається підвищений вміст гумусу. Відношення С:N у рядках винограду та на цілині рівномірно збільшується з глибиною, а у міжрядді найвище значення зафіксовано у шарі 40-60 см. Виявлено, що вміст лабільної органічної речовини є майже однаковим у всьому профілі на всіх досліджених ділянках. Тип гумусу у шарі 0-40 см – гуматний, а на глибині 40-60 см – фульватно-гуматний.

Список використаної літератури

1. Унгурян В.Г. Почва и виноград / В.Г. Унгурян. – Кишинев: Штиинца, 1979. – 209 с.
2. Гаврилович Н.Ю. Про тривалість впливу меліоративної плантажної оранки на властивості та продуктивність солонцевих ґрунтів півдня України / Н.Ю. Гаврилович, О.М. Дрозд // Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. – 2006.- №7. – С. 104-106
3. Дрозд О.М. Вплив меліоративної плантажної оранки на вміст гумусу в солонцевих ґрунтах півдня України / О.М. Дрозд // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. – 2008. - №4. – С. 25-28
4. Новикова А.В. История почвенно-мелиоративных и экологических исследований засоленных солонцовых земель Украины (1890-1996 гг.) / А.В. Новикова. – К., 1999. – 144 с.
5. Хімічна меліорація ґрунтів (концепція інноваційного розвитку) // Харків: Міськдрук., 2012. – 129 с.
6. Smith R. Effect of grazing, trenching and surface soil disturbance on ground cover in woody encroachment on the Cobar Pediplain, south-eastern Australia / R.Smith, M. Tighe, N. Reid, S.Briggs, B.Wilson // Journal of Arid environments 96. – 2013. – Pp. 80-86
7. Simansky V. The effect of organic matter on aggregation under different soil management practices in a vineyard in extremely humid year / V.Simansky, D. Bajcan, L.Ducsay. // Catena. – 2013. Elsevier. – 108-113 p.

Стаття надійшла до редколегії 18.05.2015

THE EFFECT OF TRENCHING THE CHERNOZEM SOUTHERN IN VINEYARDS ON THE INDICATORS OF ITS HUMUS STATUS

L.O. Rushenko

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
(lilecc7@gmail.com)

The results examined total nitrogen and humus, mobile organic matter and humus group content of black southern vineyards, where made trenching. The result showed that 2009 year trenching affect on changing the humus profile compared to virgin soil. In layers of 20-40 cm and 40-60 cm in trenching soils was increased soil humus content. The ratio of C: N in vineyards rows and on virgin soil uniformly increases with depth, and between vineyards rows highest value recorded in the 40-60 cm layer. Found that the content of mobile organic matter is almost identical in all profiles on all investigated plots. Humus type – humate.

Keywords: organic matter, humus, trenching, vineyards.

УДК 006.91.631.4

АКРЕДИТАЦІЯ ЛАБОРАТОРІЙ – ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ АНАЛІТИЧНИХ РОБІТ У СФЕРІ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

А.В. Шовковська, М.Є. Лазебна

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків
(avshovk@ukr.net)

Проаналізовано основні відмінності процедур акредитації та атестації вимірювальних лабораторій стосовно технічних вимог до персоналу, приміщень, методів випробувань, устаткування, простежуваності, якості результатів випробування та звітування про результати випробувань за міжнародним стандартом ДСТУ ISO/IEC 17025 [1]. Дано оцінку сучасному стану та перспективам акредитації вимірювальних лабораторій у сфері якості ґрунтів в Україні.

Ключові слова: атестація, акредитація, визнання результатів, вимірювальна лабораторія, якість ґрунту

Вступ. Ліквідація бар'єрів на шляху співпраці з міжнародними організаціями у сфері досліджень якості ґрунту ґрунтується, перш за все, на досягненні взаємного визнання і довіри до результатів вимірювань, що потребує впровадження в Україні

міжнародних вимог до компетентності вимірювальних лабораторій.

Необхідність проведення наукових і прикладних досліджень з питань підготовки лабораторій, зокрема, у сфері АПК, до акредитації за вимогами міжнародних стандартів підкреслюється у статтях Д. Зоргача, А. Коцюби, В. Новікова, О. Никитюка, С.А. Балюка, В.О. Барахтяна і М.Є. Лазебної [2, 3, 4]. А в роботах В.В. Медведєва, присвячених моніторингу ґрунтів, наголошується, що юридичну силу для наступних оцінок стану ґрунтів мають результати вимірювань, виконаних в акредитованих лабораторіях [5, 6].

На сьогодні в Україні вже функціонує розгалужена мережа атестованих лабораторій, які здійснюють випробування у сфері державного метрологічного нагляду, до якої належить і сфера охорони навколишнього середовища, в т.ч., якість і охорона ґрунтів. У 2013 році було схвалено Концепцію оптимізації мережі державних лабораторій [7] та план заходів щодо її реалізації, згідно з яким передбачено створення мережі найкомпетентніших лабораторій державної форми власності з наявних, акредитованих Національним агентством з акредитації України, визнаних в Україні і за кордоном.

Мета роботи – аналіз основних відмінностей процесів атестації та акредитації вимірювальних лабораторій, які здійснюють вимірювання у сфері якості ґрунтів.

Об'єкт – процедури атестації та акредитації вимірювальних лабораторій.

Методи досліджень. Аналіз та систематизація чинних нормативних документів, що регламентують вимоги до компетентності вимірювальних лабораторій, які здійснюють вимірювання у сфері якості ґрунтів.

Результати досліджень. Порівняння атестації і акредитації.

Атестація – це документальне засвідчення органом з атестації компетентності і права заявника проводити вимірювання.

Правові основи атестації регулюються Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [8]. Вимоги щодо організації та порядку здійснення атестації встановлено «Правилами уповноваження та атестації у державній метрологічній системі» [9], згідно з якими атестація проводиться з метою визначення та офіційного підтвердження готовності лабораторії до проведення вимірювань.

За «Правилами уповноваження ...» вимірювальні лабораторії атестуються на незалежність і технічну компетентність. [9, п. 4.1]. Основними критеріями атестації на технічну компетентність є наявність відповідних приміщень, атестованих робочих місць, атестованих методик виконання вимірювань та повіреної випробувальної техніки, атестованого допоміжного обладнання й системи контролю своєчасності проведення періодичної перевірки або атестації.

Атестація вимірювальних лабораторій може здійснюватися територіальними органами, головними та базовими організаціями, що мають право на проведення відповідної метрологічної роботи. Вибір органу з атестації вимірювальних лабораторій здійснюється організацією-заявником.

На відміну від атестації, акредитацію здійснює тільки національний орган – Національне агентство з акредитації України (НААУ). НААУ проводить акредитацію з урахуванням вимог міжнародних стандартів; для випробувальних лабораторій основоположним є ДСТУ ISO/IEC 17025 [1].

Правові основи акредитації регулюються Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [8], Законом України "Про підтвердження відповідності" [10] і Законом України "Про акредитацію органів з оцінки відповідності" [11].

Згідно з цими документами, акредитація – це формалізоване визнання компетентності організації здійснювати діяльність у певній галузі.

Загальні вимоги до компетентності вимірювальних лабораторій встановлено стандартом ДСТУ ISO/IEC 17025 [1]. Цим вимогам повинні відповідати ті лабораторії,

які мають намір показати, що у них функціонує система управління, вони технічно компетентні і здатні здобувати технічно обґрунтовані результати.

Однією з основних відмінностей підготовки лабораторії до акредитації (порівняно з атестацією) є впровадження в лабораторну практику системи управління якістю, яка охоплює усі аспекти діяльності лабораторії. Крім того, порівняно з «Правилами уповноваження та атестації у державній метрологічній системі», ДСТУ ISO/IEC 17025 включає ряд додаткових вимог до технічної компетентності (табл. 1).

1. Додаткові вимоги ДСТУ ISO/IEC 17025 [1] до технічної компетентності лабораторій

<i>Об'єкт</i>	<i>Додаткові вимоги ДСТУ ISO/IEC 17025</i>
Персонал	- наявність цілей та політики стосовно освіти, підготовленості та майстерності персоналу; - вимоги до персоналу, найнятого за контрактом; - вимоги до уповноваження персоналу для різного виду робіт; - вимоги до зберігання інформації щодо персоналу
Приміщення та умови довкілля	- вимоги до відстежування, контролю і реєстрації умов довкілля; - вимоги до ізоляції сусідніх ділянок, на яких проводять несумісні роботи та до заходів щодо запобігання взаємного впливу; - забезпечення порядку та чистоти в лабораторії
Методи випробування	- наявність актуалізованих інструкцій, стандартів, настанов та довідкових даних, що стосуються роботи лабораторії, охоплюючи відбирання, зберігання та готування зразків; - вимоги до вибирання методів; - оцінювання придатності методів; - оцінювання невизначеності вимірювання; - вимоги до керування даними
Устаткування	- вимоги до програмного забезпечення; - вимоги до персоналу, який працює з устаткуванням; - вимоги до ідентифікації, реєстрації та контролю устаткування та програмного забезпечення; - наявність задокументованих процедур безпечного поводження, використання та обслуговування вимірювального устаткування; - вимоги до поводження з непридатним устаткуванням
Простежуваність вимірювання	- простежуваність вимірювання до одиниць SI; - наявність програми та процедур для проведення калібрування; - вимоги до еталонів та стандартних зразків
Відбирання зразків	- наявність плану та процедури відбирання зразків, а також реєстрації відповідних даних або процедур
Поводження з випробуваними виробами	- наявність методики транспортування, отримання, поводження, захисту, зберігання, підтримування належних умов та звільнення від випробних виробів, а також системи їх ідентифікування; - вимоги до поводження у разі сумнівів щодо придатності виробів та реєстрації аномалій та відхилень від нормальних умов
Якість результатів випробування	- наявність процедур контролювання якості (регулярне використання атестованих стандартних зразків, участь у міжлабораторних порівняннях, тощо) з обов'язковою реєстрацією їх результатів
Звітування про результати	- загальні вимоги до інформації про результати випробувань; - вимоги до протоколів випробувань, оформлення окремих думок, поглядів та тлумачень результатів випробувань, що отримані від субпідрядників, електронного передавання результатів, формату протоколів та внесення в них змін

За матеріалами табл. 1 можна зробити висновок, що додаткові вимоги стосуються не стільки устаткування, приміщення, персоналу, тощо, скільки процесів управління та контролювання усіх складових процесу вимірювання. Таким чином, підвищення вимог до компетентності лабораторій останніми роками відбувається в основному не в технічній сфері, а у межах управління процесами вимірювання, шляхом впровадження та поліпшення систем управління якістю.

На сьогодні в Україні всього 23 акредитованих лабораторії, що працюють за вимогами ДСТУ ISO/IEC 17025 і виконують вимірювання з визначення характеристик ґрунтів [12].

Слід зауважити, що значна частина акредитованих лабораторій мають фахівців-аналітиків відповідної кваліфікації, але не мають фахівців для тлумачення здобутих результатів вимірювань та надання науково-обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення якості та раціонального використання ґрунтів на їх основі. Адже часто замовники (суб'єкти господарювання) мають потребу не лише в результатах вимірювань, а й у конкретних рекомендаціях щодо заходів з підвищення якості ґрунтів для вирощування стабільних урожаїв сільськогосподарської продукції високої якості.

Поряд із цим застаріла матеріально-технічна база деяких лабораторій заважає впровадженню національних стандартів, гармонізованих з міжнародними та європейськими, що обмежує конкурентоспроможність та вихід на міжнародний рівень. До того ж, відсутні Програми міжлабораторних порівняльних випробувань у сфері якості ґрунтів, як засіб оцінювання компетентності лабораторій та оцінювання якості результатів, хоча участь у таких програмах є обов'язковою умовою для акредитації.

Відповідно до вищезазначеного, для досягнення взаємного визнання та довіри до результатів вимірювань у сфері якості ґрунтів необхідно привести у відповідність до міжнародних та європейських вимог (гармонізувати) нормативну базу щодо методів визначення характеристик ґрунтів, їх складу та властивостей, розробити Програму міжлабораторних порівняльних випробувань, із обов'язковим залученням лабораторій, які виконують вимірювання у сфері якості ґрунтів. А з огляду на те, що в сфері якості ґрунтів важливим є надання обґрунтованих рекомендацій або пропозицій виробництву, доцільною є акредитація таких лабораторій на базі відповідних наукових установ.

Заключення. Аналіз основних відмінностей процедур атестації та акредитації вимірювальних лабораторій показав, що процедура акредитації складніша через більш високий рівень вимог до компетентності лабораторій, зокрема до системи управління якістю, що охоплює всі складові процесу вимірювання та участі вимірювальних лабораторій у Програмах міжлабораторних порівняльних випробувань. В той же час, проходження лабораторією процедури акредитації є необхідною умовою взаємного визнання результатів на міжнародному рівні. Отже, в зв'язку з оптимізацією мережі державних лабораторій та враховуючи специфіку сфери якості ґрунтів, доцільною є підготовка до акредитації лабораторій, які, будуть компетентними не тільки у процесі вимірювання, але й у в підготовці практичних рекомендацій землекористувачам.

Список використаної літератури

1. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2005, IDT) : ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 – [Чинний з 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2007. – 32 с. – (Національний стандарт України).
2. Зоргач Д. Упровадження ДСТУ ISO/IEC 17025. Узагальнений аналіз. / Д. Зоргач, В. Новіков, А. Пазюк // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – № 1. – С. 14-16.
3. Новіков В. Аналіз впровадження міжнародних вимог до компетентності у випробувальних лабораторіях агропромислового комплексу України / В. Новіков, О. Никитюк, А. Коцюба. // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2004. – № 6. – С. 39-43.
4. Стандартизація і метрологія в галузі охорони родючості ґрунтів / С.А. Балюк, В.О. Барахтян, О.О. Ільїна [та ін.] // Вісник ХНАУ. – 2002. – № 1. – С. 68-71.
5. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи. / В.В. Медведев. – 2-е изд. – Х. : Городская типография, 2012. – 535 с.
6. Науково-методичні рекомендації з адаптації системи моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення до європейських стандартів і нормативів. Основні положення. / О.Г. Тараріко, О.М. Фролова, В.В. Медведев [та ін.] – К. : Мінагрополітики, Центрдержродючість, 2006. – 23 с.
7. Концепція оптимізації мережі державних лабораторій : [затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 719-р].
8. Про метрологію та метрологічну діяльність : закон України : [прийнятий 11 лютого 1998 року № 113/98-ВР : станом на 10.06.2012].

9. *Правила уповноваження та атестації у державній метрологічній системі* : [затверджено наказом Держспоживстандарту України від 13 квітня 2005 р. № 392/10672].

10. Про підтвердження відповідності : закон України : [прийнятий 17 травня 2001 року № 2406–III : станом на 02.12.2012].

11. Про акредитацію органів з оцінки відповідності : закон України : [прийнятий 17 травня 2001 року № 2407–III : станом на 02.12.2012].

12. *Перелік випробувальних лабораторій, акредитованих на відповідність вимогам ДСТУ ISO/IEC 17025 – Режим доступу до електронної сторінки* : <http://naau.org.ua/reyestr-akreditovanix-ooov>.

Стаття надійшла до редколегії 14.09.2015

ACCREDITATION OF LABORATORIES IN THE FIELD OF SOIL QUALITY - THE WAY TO ENHANCE ANALYTICAL WORK

A. Shovkovska, M. Lazebna

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
(avshovk@ukr.net)

Purpose. Analysis of the main differences procedures attestation and accreditation of testing laboratories, which carry out the measurement in the field of the soil quality. Methods of research. Analysis and systematization of normative documents regulating requirements for the competence testing laboratories that carry out measurements in the field of the soil quality. Results. Sets out the requirements for accreditation and attestation of laboratories, analyzes their differences. Shoved the state and prospects of laboratory accreditation in the field of soil quality. Conclusions. Analysis of the main differences between certification and accreditation procedures for measurement laboratories showed that the accreditation procedure is more complicated because of the higher level of requirements for the competence of laboratories, including the quality management system covering all components of the measurement, and participation measuring laboratories applications between laboratories comparative. At the same time, the passage of laboratory procedures of accreditation is a prerequisite for mutual recognition of the results internationally. Thus, due to the optimization of the national laboratory network and taking into account the specific sphere of the soil quality, it is advisable to prepare for accreditation of laboratories, which will be competent not only in the process of measurement, but also to prepare practical recommendations for land users.

Keywords: *attestation, accreditation, recognition of results, measuring laboratory, soil quality.*

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**АГРОХІМІЯ і
ГРУНТОЗНАВСТВО**

Випуск 84

Міжвідомчий тематичний науковий збірник

Відповідальний за випуск канд. с.-г. наук Т.М. Лактіонова

**Адреса редколегії: 61024, Харків, вул. Чайковська, 4,
тел.: (057) 704-16-69;
e-mail: tnlaktionova@ukr.net;
www.agrosoil.yolasite.com**

Підписано до друку 13.11.2015. Формат 6090/8.
Папір офсетний. Гарнітура «Таймс».
Наклад 100 пр. Зам. № 151525

Надруковано у ТОВ «Смугаста типографія»
Україна, 61002, Харків, вул. Чернишевська, 28а.
057 754-49-42