
LAND RECLAMATION



I. Kh. Uzbek 

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.618; 581.144

*Dnipro State Agrarian and Economic University,
str. S. Yefremov, 25, Dnipro, Ukraine, 49000*

INTERNAL TRACKING TRANSLATION OF SUBSTANCES AND ENERGY AS A SELF-PROTECTION MECHANISM OF PLANTS

Abstract. When cultivating crops in an unfavorable technogenic environment, they are forced to display all their biological and genetic features to self-preservation. The main of them is the ability to fix nitrogen from the atmosphere and high ecological plasticity of root systems. The existence of intra-tissue translocation (self-redistribution) of nutrients and energy by plants is experimentally proved in the part that is experiencing the greatest need for them at present in their development. The translocation processes of all plant species, except legumes, are weak and unstable, which causes the weak growth of the roots and stems. It should be noted that the fertilizers contributed to the accumulation of the mass of the roots at the same rate of growth, that is, they simply more bush in the fertilized layer. Even in the optimal variant with the introduction of complete mineral fertilizers (N80P80K80), where the average daily gain of *Avena sativa* stems increased 2-fold, the growth of the roots remained at the level of uncontrolled control – 0.6 cm. It is interesting to compare the process of translocation in *Onobrychis arenaria* *Avena sativa* with the peculiarities of interstellar redistribution of substances and energy of such a promising culture as the *Onobrychis arenaria*. First of all, it must be noted that the effect of fertilizers on the development of the root system was manifested from the very beginning of the vegetation of the studied crops. In variants where only ammonium nitrate was introduced, root systems developed better than in variants where only phosphorus or potassium fertilizers were introduced. The introduction of manure at a dose of 25 t / ha has had the same effect on the rate of growth of the roots as the addition of only ammonium nitrate. Unlike *Avena sativa*, the roots of the *Onobrychis arenaria* penetrate the thickness of foodphotops to a depth of 3–5 and more meters. The smaller the nutrients, the more marked the desire for the root system of the *Onobrychis arenaria* to develop. Growing up in extreme conditions of an unhealthy environment, these plants created exactly so many roots and distributed them to the depth and width that they felt in this necessity. Unfavorable conditions of the technogenic environment cause *Onobrychis arenaria* to intensive development of secondary roots in the direction of new, not yet mastered volumes of the rock, which contain a certain amount of moisture and nutrients. This inevitably leads to an increase in the surface of the root system, and therefore to a dense interaction with all phases of the foodphototype. Studies have shown that during the first year of life, the roots of the *Onobrychis arenaria* reached a depth of 70–80 cm. During the second year of life, root systems formed a large number of lateral roots, gradually capturing the increasing volume of rocks, penetrating deep into the depth of the foodphotop to 80–100 cm. Since the 3rd year of life, the depth of penetration of the roots into the *Onobrychis arenaria* is stabilized and is within 2,5–3 m, while developing, in the main, only the

 Tel.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek.ivan.ua@gmail.com

DOI: 10.15421/041706

ISSN 1684–9094. *Gruntoznavstvo*. 2017. Vol. 18, no. 1–2

55

lateral roots. To this information we will add that in the flowering and formation of beans, the length of the main root in the *Onobrychis arenaria* exceeded the height of the stem in 2–2,5 times.

Key words: *overburden rocks, reclamation, root system of plants, translocation of substances and energy.*

УДК 631.618; 581.144

И. Х. Узбек

д-р биол. наук, проф.

*Днепровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. С. Ефремова, 25, г. Днепр, Украина, 49000,
тел.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek.ivan.ua@gmail.com*

ВНУТРИТКАНЕВАЯ ТРАНСЛОКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ КАК МЕХАНИЗМ САМОЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Аннотация. При выращивании сельскохозяйственных культур в условиях неблагоприятной техногенной среды они вынуждены проявлять все свои биологические и генетические особенности к самосохранению. Главными из них являются способность фиксировать азот из атмосферы и высокая экологическая пластичность корневых систем. Экспериментально доказано наличие внутритканевой транслокации (самостоятельного перераспределения) питательных веществ и энергии растениями в ту свою часть, которая испытывает наибольшую потребность в них в настоящее время своего развития. Транслокационные процессы всех видов растений, кроме бобовых, являются слабыми и неустойчивыми, что обуславливает медленный рост корней и стеблей.

Ключевые слова: *вскрышные горные породы, рекультивация, корневая система растений, транслокация веществ и энергии.*

УДК 631.618; 581.144

І. Х. Узбек

д-р біол. наук, проф.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000,
тел.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek.ivan.ua@gmail.com*

ВНУТРІШНЬОТКАНИННА ТРАНСЛОКАЦІЯ РЕЧОВИН І ЕНЕРГІЇ ЯК МЕХАНІЗМ САМОЗАХИСТУ РОСЛИН

Анотація. При вирощуванні сільськогосподарських культур в умовах несприятливого техногенного середовища вони змушені проявляти всі свої біологічні й генетичні особливості до самозбереження. Головними з них є здатність фіксувати азот з атмосфери і висока екологічна пластичність корневих систем. Експериментально доведено наявність внутрішньотканинної транслокації (самостійного перерозподілу) поживних речовин і енергії рослинами в ту свою частину, яка відчуває найбільшу потребу в них на даний час свого розвитку. Транслокаційні процеси всіх видів рослин, окрім бобових, є слабкими і нестійкими, що обумовлює повільне зростання коренів і стебел.

Ключові слова: *розкриті гірські породи, рекультивація, коренева система рослин, транслокація речовин і енергії*

*Пам'яті Вчителя –
Анатолія Павловича Травлєєва –
присвячується.*

ВСТУП

Під час видобутку корисних копалин кар'єрним способом на денну поверхню виносяться розкриті гірські породи з різними фізико-хімічними властивостями. Наразі в Україні площа таких техногенних новоутворень становить 150 тис. га. Вони формуються в межах густонаселених регіонів, значно погіршують екологічне становище місцевості, потребують нагальної рекультивації і повернення в ту саму сферу економічної діяльності, в якій використовувались до руйнації.

Оскільки останнім часом руйнуються орні землі, то і їх рекультивація має бути сільськогосподарською. У будь-якому іншому випадку Україна залишиться без орних земель і ускладнить свою економічну незалежність.

У контексті цього бачення рекультивація порушених земель повинна здійснюватися впровадженням у виробництво таких культур, які спроможні розвиватися у складному техногенному середовищі і забезпечувати стабільне отримання високоякісної сільськогосподарської продукції (Masyuk, 1968; Uzbek, 1969; O rekul'tivatsii ..., 1971; Bondar, 1974; Zhilenko, 1974; Gorobets, 1975; Mitsik, 1998). Зазвичай це культури, що мають високу екологічну пластичність кореневих систем (Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' ..., 2010), завдяки яким швидко пристосовуються до специфічних умов екотопів. До того ж вони активно реагують на агротехнічні та меліоративні заходи у відповідності до біологічних особливостей рослин і фізико-хімічних властивостей едафотопів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Багаторічні дослідження проводилися на дослідних ділянках Запорізької біоекологічної станції моніторингу техногенних ландшафтів у Нікопольському районі Дніпропетровської області. Ділянки площею у 200 м² були складені лесом, лесоподібними суглинками, сумішшю лесоподібних суглинків і давньоалювіальних пісків, червоно-бурими та сіро-зеленими глинами. У схему дослідів були введені й едафотопи з лесоподібних суглинків, які покривались шарами родючої маси чорнозему різної потужності. За контроль прийняте староорне поле чорнозему південного, розташоване поруч з кар'єрами. Розкривні гірські породи дослідних ділянок містили незначну кількість валових та рухомих форм фосфору, калію і особливо азоту. Кількість елементів живлення значно варіювала залежно від гранулометричного складу. Наприклад, вміст загального азоту становив всього 0,003–0,039 %, гумусу досягав лише 0,05–0,95 %. Зрозуміло, що едафотопи з такими показниками утворюють надзвичайно складне специфічне середовище, у якому рослини вимушені проявляти всі свої біологічні й генетичні можливості заради виживання. Тому досліді закладали дактиль-методом та методом латинського квадрату, тобто методами, що враховують неоднорідність ґрунтового покриття. Мінеральні добрива у вигляді аміачної селітри, суперфосфату і калійної солі вносили з розрахунку 80 кг/га д. р., гній – 25 т/га.

Як тест-об'єкти використовували 23 види вищих культурних рослин. Особлива увага приділялася кореневим системам тих рослин, які проявили найбільшу пристосованість до техногенного середовища. Масу їх коренів визначали рамковим способом у нашій модифікації (Uzbek, 2002), згідно з якою корені розподіляли за товщиною на 4 фракції: більше 5 мм, 5–1, 1–0,5 і менше 0,5 мм. Кожну фракцію коренів у їх повітряно-сухому стані зважували, що надавало уявлення про будову всієї кореневої системи та її розподіл в товщі едафотопу.

Для лабораторного аналізу зразків порід і ґрунтів використовували апробовані, загальноприйняті методи (Agrokhimicheskiye metody ..., 1965; Agrofizicheskiye metody ..., 1966). З метою підвищення об'єктивності результатів кожного аналізу проводили змішування зразків однойменних шарів із п'яти розрізів однотипних едафотопів. Отримані дані досліджень піддавали математичній обробці (Dospekhov, 1985), результати якої дозволяють вважати їх вірогідними.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На рекультивованих землях нестача поживних речовин і висока гідротермічна аритмія у кореневмісному шарі призводить до того, що в багатьох сільськогосподарських культур наочно проявляються їх транслокаційні можливості, тобто процеси внутрішньотканинного перерозподілу енергії та речовин. Наочно ця особливість проявилася при вирощуванні культур на варіанті, складеному з суміші лесоподібних суглинків і давньоалювіальних пісків. Наприклад, у вівса посівного транслокаційні процеси є слабкими і нестійкими. Головна причина цього полягає в

малій швидкості росту коренів (табл. 1), які не встигають рухатися вслід за вологою, що швидко відходить у глибину едафотопу ще з самого початку вегетації рослин.

Отримані дані дають підставу стверджувати, що зазначена швидкість росту коренів вівса на неудобрених варіантах відображає її граничну біологічну можливість за цією характеристикою. Саме в умовах дефіциту води і поживних речовин рослини вівса змушені перерозподіляти речовини та енергію для інтенсивного розвитку коренів, затримуючи при цьому ріст стебел. Проте гідротермічна аритмія товщі едафотопів і відсутність у ньому азоту негативно відбивалася на розвитку кореневої системи вівса. Тому на варіантах без добрив овес закінчував вегетаційний період раніше, ніж на інших варіантах.

Слід зазначити, що добрива сприяли накопиченню маси коренів вівса при тій самій швидкості їх зростання, тобто вони просто більше кущилися в удобреному шарі. Навіть на оптимальному варіанті з внесенням повного мінерального добрива ($N_{80}P_{80}K_{80}$), де середньодобовий приріст стебел вівса збільшився у 2 рази, приріст коренів залишався на рівні неудобреного контролю і становив 0,6 см.

Характерно, що дія добрив на розвиток кореневої системи вівса проявлялася вже починаючи з проростання насіння. На варіантах, де вносили тільки аміачну селітру, корені розвивалися краще, ніж на варіантах, де вносили тільки фосфорні або калійні добрива. Внесення гною в дозі 25 т/га проявило такий самий вплив на приріст коренів вівса, як і внесення тільки аміачної селітри.

Таблиця 1

Розвиток стебел і коренів вівса посівного та еспарцету піщаного на суміші лесоподібних суглинків і давньоалювіальних пісків*

Варіанти дослідів	Тривалість вегетаційного періоду, діб	Висота стебел під час збирання врожаю, см	Глибина проникнення коренів, см	Середньодобовий приріст, см	
				стебел	коренів
1. Контроль (без добрив)	<u>67</u> 52	<u>37,4</u> 74,5	<u>40</u> 83	<u>0,5</u> 1,4	<u>0,6</u> 1,6
2. Внесення тільки N_{80}	<u>82</u> 56	<u>79,5</u> 75,0	<u>60</u> 80	<u>0,9</u> 1,5	<u>0,7</u> 1,5
3. Внесення тільки P_{80}	<u>71</u> 60	<u>45,1</u> 90,4	<u>50</u> 80	<u>0,6</u> 1,5	<u>0,7</u> 1,3
4. Внесення $N_{80}P_{80}K_{80}$	<u>93</u> 62	<u>95,6</u> 99,2	<u>60</u> 70	<u>1,0</u> 1,6	<u>0,6</u> 1,1
5. Внесення гною із розрахунку 25 т/га	<u>78</u> 65	<u>70,1</u> 103,5	<u>50</u> 77	<u>0,9</u> 1,6	<u>0,6</u> 1,2
$НІР_{05}$	1,0	0,6	0,8	0,2	0,4

* У чисельнику дані стосуються вівса, у знаменнику – еспарцету.

Цікаво порівняти процес транслокації у вівса з особливостями внутрішньотканинного перерозподілу речовин і енергії такої перспективної культури на рекультивованих землях, як еспарцет піщаний (табл. 1). На відміну від вівса, корені еспарцету пронизують товщу едафотопів на глибину 3–5 і більше метрів. Чим менше поживних речовин, тим помітніше прагнення кореневої системи еспарцету до розвитку. Виростаючи в екстремальних умовах неудобреного середовища, ці рослини створювали рівно стільки коренів і розподіляли їх на ту глибину і ширину, на яку вони відчували в цьому необхідність. Несприятливі умови техногенного середовища спонукають еспарцет до інтенсивного розвитку вторинних корінців у напрямку до нових, ще не освоєних об'ємів породи, які містять певну кількість води і живильних речовин. Це неминуче приводить до збільшення поверхні кореневої системи, отже, і до щільної взаємодії з усіма фазами едафотопу.

Доведено, що протягом першого року життя корені еспарцету досягали глибини 70–80 см. На другому році життя коренева система вже утворювала велику кількість

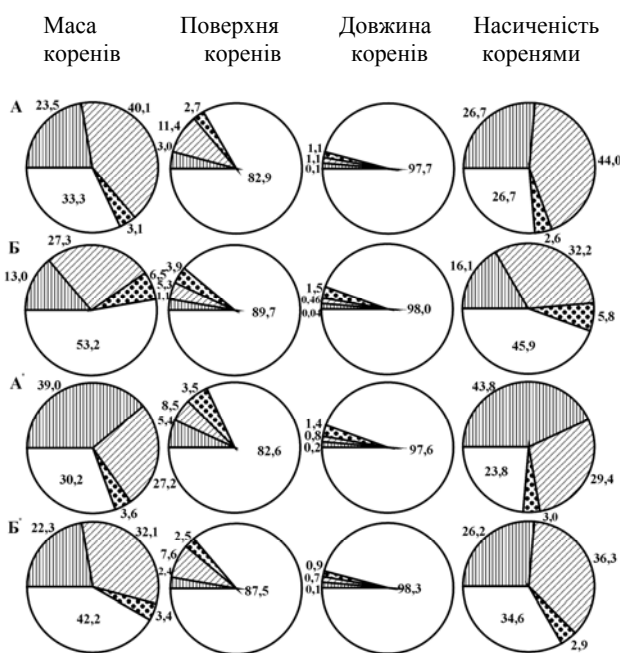
бічних корінців, поступово захоплюючи все більший об'єм породи, проникаючи в глибину товщі едафотопу ще на 80–100 см. Починаючи з 3-го року життя глибина проникнення коренів в еспарцету стабілізується і знаходиться в межах 2,5–3 м, розвиваючи при цьому в основному тільки бічні корінці. До цієї інформації додамо, що в фазу цвітіння і утворення бобів довжина основного кореня в еспарцету перевищувала висоту стебла в 2–2,5 разу.

Багаторічні дослідження (Masyuk, 1968; Uzbek, 1969; O rekul'tivatsii ..., 1971; Bondar, 1974; Zhilenko, 1974; Gorobets, 1975; Travleyev et al., 1982, 1983; Travleyev, 1989; Mitsik, 1998) дозволяють стверджувати, що реальним засобом перетворення природно-техногенних комплексів у земельні угіддя є впровадження культурфітоценозів (агроценозів, лісових насаджень і т.д.), які спроможні стабілізувати пухку масу розкритих гірських порід та спровокувати в ній розвиток нового процесу ґрунтоутворення. Цю особливість підказує сама природа, коли на різновікових відвалах кар'єрів (O rekul'tivatsii zemel' ..., 1971) трав'янисті угруповання представлені рослинністю з більш-менш зімкнутим травостоєм, утвореним в основному багаторічними мезофільними (середнього рівня водоспоживання) рослинами, а іноді і гігрофільними травами, які мають зимову перерву або різке зниження вегетації взимку.

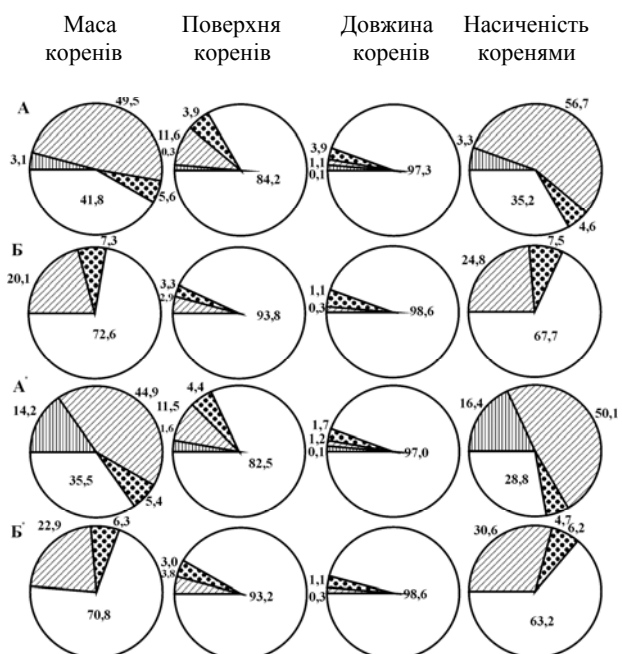
Слід також зазначити, що вегетаційний період рослин, пристосованих до техногенного середовища степової зони України, проходить нормально без літньої депресії. Навіть на ґрунтах різного зволоження (від сухих до сирих), різного багатства (від бідних до багатих) і з неоднаковим вмістом легкорозчинних солей (від прісних до середньозасолених). З числа сільськогосподарських культур такі складні умови техногенного середовища спроможні подолати насамперед люцерна і еспарцет завдяки високій екологічній пластичності своїх кореневих систем. Якщо загальна біологічна продуктивність, наприклад, на червоно-бурій глині (без добрив) в еспарцета третього року життя у фазі повного цвітіння в середньому складала 112 ц/га, а в люцерни – 162 ц/га, то на долю коренів припадало 65 %, що складає відповідно 73 і 105 ц/га. Прагнення до самозбереження вимагає транслокацію, тобто внутрішньотканинний перерозподіл речовин і енергії на користь коренів. У жорстких умовах техногенного середовища цей процес полягає в створенні такої кількості підземної частини, у такій її будові і розподілі в товщі порід, яка здатна забезпечити рослину елементами живлення і створити максимально можливий урожай при даних конкретних екологічних умовах. Це ще одна унікальна біологічна особливість багаторічних бобових трав, яка наочно проявилася при їхньому вирощуванні на рекультивованих землях і яка пояснює високі врожаї сіна люцерни й еспарцету.

Результати наших багаторічних досліджень (Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' ..., 2010) показали, що люцерна й еспарцет проявляють всі свої генетичні можливості тільки тоді, коли їх коренева система функціонує в екстремальних ґрунтово-екологічних умовах. Наприклад, у жорстких умовах природно-техногенних комплексів ріст, розвиток і навіть зовнішній вид рослин цілком залежать від ступеня відповідності екологічних умов середовища біологічним особливостям кореневих систем. Отже, визначення величини маси коренів та особливостей їх розвитку в товщі едафотопів має велике значення не тільки з теоретичної точки зору, але й для вирішення цілого ряду практичних питань, наприклад, пов'язаних з обробкою рекультивованих земель, заходів підвищення їх родючості, встановлення строків посіву, внесення добрив і т. д.

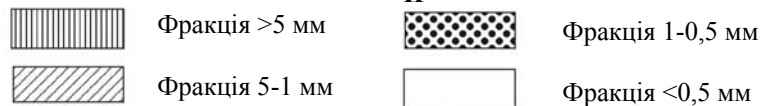
При розподілі маси коренів на фракції вдалося виявити деякі відмінності в розвитку кореневих систем люцерни та еспарцету. Наприклад, люцерна утворювала значну кількість товстих коренів, що належать до фракції >5 і 5–1 мм. Таку її біологічну особливість треба використовувати для закріплення відкосів зовнішніх відвалів, схилових ділянок та еродованих ґрунтів. Виростаючи в таких самих умовах, еспарцет створював більше коренів фракції < 0,5 мм, тобто тонких коренів (*рисунок*), які беруть активну участь в структуруванні розсипчастої маси гірських порід.



I



II



А, Б – внесення повного мінерального живлення ($N_{80}P_{80}K_{80}$)

Розвиток кореневих систем люцерни (а) і еспарцету (б), що зростали на насипному родючому шарі чорнозему (I) і на сіро-зеленій глині (II)

Маса тонких корінців у шарі 0–100 см досягала в люцерни 49 % і в еспарцету 85 % від загальної маси коренів. Цей показник має слугувати відносною оцінкою ступеня розвитку найбільш діяльної частини кореневої системи в поглинанні речовин. Адже саме тонкі корінці вступають у тісну взаємодію з твердою фазою ґрунту і забезпечують рослину водою та елементами живлення. Отже, величина поверхні тонких коренів фракцій 1–0,5 і < 0,5 мм може вважатися робочою поглинаючою поверхнею кореневої системи.

Звертає на себе увагу і та обставина, що рослини утворювали мало коренів фракції 1–0,5 мм. Однак ця частина кореневої системи простежувалася по всьому профілю метрової товщі едафотопів. При всіх інших рівних умовах переважний розвиток завжди отримували корені двох фракцій: 5–1 і < 0,5 мм.

Фракціонування кореневої системи дозволяє визначити поверхню і довжину коренів залежно від їх товщини. Для отримання цих показників ми користувалися даними усередненого діаметру і питомої ваги повітряно-сухих коренів окремо по кожній фракції.

Якщо прийняти корені за циліндри, то, маючи дані про масу коренів конкретних фракцій, їх середньостатистичний діаметр і питому вагу, можна розрахувати поверхню будь-якої фракції або всієї кореневої системи, її довжину і насиченість едафотопів коренями за встановленими нами коефіцієнтами (Uzbek, 2002).

Істотний вплив на будову, поширення й розподіл кореневої системи мають якісні властивості окремих шарів едафотопу. Так, у метровій товщі неудобрених лесоподібних суглинків і насипного шару ґрунту товщиною 40 см маса повітряно-сухих коренів еспарцету 3-го року життя становила відповідно 465,7 і 395,8 г/м². У варіантах із застосуванням повного мінерального добрива додатково утворювалося 245 і 248 г коренів на 1 м² відповідно.

У шарі 0–40 см зосереджувалося 77–85 % коренів від їх загальної маси в шарі 0–100 см. При умовному перерахунку на 1 га тільки в цьому орному шарі накопичувалося від 3 до 9 т коренів (повітряно-суха маса). Зрозуміло, що розкладання такої великої кількості органічного матеріалу здійснює істотний вплив на процес ґрунтоутворення. Характерно, що саме в цьому шарі концентруються і мікроорганізми, число яких досягає кількох десятків мільйонів на 1 г наважки.

Багаторічні бобові трави утворюють потужну кореневу систему з величезною протяжністю і поверхнею (табл. 2). З усіх досліджуваних нами едафотопів максимальні величини поверхні і довжини коренів виявлено в рослин, що виростають на третинних глинистих відкладах. Так, поверхня коренів еспарцету з фракції < 0,5 мм досягала 92 тис. см². Тонкі корені мали і найбільшу довжину. Якщо загальна довжина кореневих систем на досліджуваних варіантах була в межах від 5 до 13 км/м², то на корінці самої тонкої фракції < 0,5 доводилося 95–99 %.

Корені густою мережею пронизували і закріплювали розкривні породи, залишаючи в них багатий поживними речовинами органічний матеріал. Це підтверджує насиченість едафотопів коренями, яка знаходилась у прямій залежності від маси коренів і досягала в еспарцету 0,94 % і в люцерни 1,42 % від досліджуваного об'єму породи або ґрунту.

Поділ коренів на фракції дозволяє встановити, що загальна маса коренів не відбиває реальної величини поверхні і довжини. Про це свідчать дані табл. 3, з якої видно, що корені масою 1 г мали різну поверхню і довжину залежно від якісних властивостей едафотопів.

Поліпшення умов живлення не завжди проявляло позитивний вплив на розвиток кореневих систем. Внесення добрив збільшувало масу коренів тільки на четвертинних відкладах, але в жодному варіанті дослідів цей прийом не сприяв збільшенню поверхні або довжини коренів. Така закономірність дозволяє стверджувати про наявність великої екологічної пластичності кореневих систем, що відображають фізико-хімічні властивості навіть окремих шарів відвальної маси. На

бідність едафотопу поживними речовинами рослини реагували збільшенням довжини і поверхні коренів, тобто в пошуках живильних речовин створювали більше корінців фракції < 0,5 мм.

Таблиця 2

Розвиток кореневих систем еспарцету і люцерни 3-го року життя (дані на 1 м²)*

Варіант досліджу	Поверхня коренів, см ²	Довжина коренів, м		Насиченість коренями, %		
	Потужність шару, см					
	0–40	0–100	0–40	0–100	0–40	0–100
1. Насипний шар чорнозему (без добрив)	<u>29700*</u> 39196	<u>41361</u> 51775	<u>3462</u> 4180	<u>4852</u> 5634	<u>0,397</u> 0,858	<u>0,503</u> 1,002
2. Насипний шар чорнозему з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>42871</u> 44520	<u>54660</u> 58026	<u>4866</u> 4718	<u>6244</u> 6299	<u>0,734</u> 1,113	<u>0,859</u> 1,254
3. Лесоподібний суглинок (без добрив)	<u>41631</u> 49231	<u>57194</u> 67484	<u>4972</u> 5036	<u>6901</u> 7056	<u>0,458</u> 1,100	<u>0,574</u> 1,364
4. Лесоподібний суглинок з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>50463</u> 51600	<u>63853</u> 69282	<u>5844</u> 5512	<u>7424</u> 7491	<u>0,815</u> 1,161	<u>0,943</u> 1,418
5. Червоно-бура глина (без добрив)	<u>82965</u> 71916	<u>108119</u> 103451	<u>10219</u> 8151	<u>13400</u> 11998	<u>0,651</u> 1,116	<u>0,817</u> 1,369
6. Червоно-бура глина з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>56764</u> 69677	<u>82172</u> 96939	<u>6784</u> 7739	<u>9906</u> 10985	<u>0,592</u> 1,096	<u>0,778</u> 1,336
7. Сіро-зелена глина (без добрив)	<u>75986</u> 52140	<u>106551</u> 75261	<u>9231</u> 5642	<u>13003</u> 8491	<u>0,715</u> 0,893	<u>0,938</u> 1,068
8. Сіро-зелена глина з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>61501</u> 42497	<u>82467</u> 58533	<u>7372</u> 4543	<u>9996</u> 6436	<u>0,625</u> 0,854	<u>0,772</u> 0,996

* Тут і в табл. 3: у чисельнику – еспарцет, у знаменнику – люцерна.

Характерно, що підземна частина рослин інтенсивніше розвивалася на червоно-бурих і сіро-зелених глинах. При цьому показники поверхні і довжини коренів люцерни майже завжди були меншими в порівнянні з еспарцетом, у якого на частку тонких корінців доводилося 90–98 % загальної поверхні кореневої системи та її довжини.

В умовах техногенного середовища люцерна і еспарцет на бідність едафотопу живильними речовинами реагують збільшенням поверхні і довжини коренів, тобто в пошуках живильних речовин вони створювали велику кількість тонких корінців.

Ця обставина має велике значення. Саме кореневі волоски збільшують робочу поглинаючу поверхню кореня і дозволяють йому інтенсифікувати процес поглинання живильних речовин. Наприклад, на площі в 1 га тільки у верхньому 40-сантиметровому шарі червоно-бурих глин (без добрив) довжина коренів еспарцету перевищувала 2,5 довжини екватору.

Вступаючи в тісну взаємодію з твердою фазою едафотопу, корені люцерни і еспарцету перетворюють її в біологічно діяльне середовище. Зрозуміло, що розкладання органічного матеріалу бобових культур суттєво впливає на інтенсифікацію нового ґрунтоутворюючого процесу. Разом з бульбочковими бактеріями та вільно існуючими азотфіксаторами корені люцерни і еспарцету 3-го року життя накопичують, наприклад, у шарі 0–20 см (без добрив) у середньому 350 кг/га азоту, 45 кг фосфору, 110 кг калію і 290 кг/га кальцію.

Слід зазначити, що кореневі системи люцерни і еспарцету завжди інтенсивніше розвивалися в шарі 0–10 см. Тому вони були притиснуті до денної поверхні і за формою нагадували літеру «Т». Така закономірність незмінно повторювалася на всіх досліджуваних нами едафотопках. Причому в шарі 0–40 см зосереджувалося 74–87 %

коренів. Зокрема, рослини еспарцету накопичували 30–60, а рослини люцерни – 62–84 ц/га коренів (при 16 % вологості).

Таблиця 3

Поверхня і довжина кореневих систем еспарцету і люцерни 3-го року життя в перерахунку на 1 г повітряно-сухої маси

Варіант досліджу	Маса коренів, г/м ³		Поверхня коренів, см ²		Довжина коренів, м	
	Потужність шару, см					
	0–40	0–100	0–40	0–100	0–40	0–100
1. Насипний шар чорнозему (без добрив)	<u>305,8</u> 616,3	<u>395,8</u> 731,3	<u>97,1</u> 63,6	<u>104,5</u> 70,8	<u>11,3</u> 6,8	<u>12,3</u> 7,7
2. Насипний шар чорнозему з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>541,6</u> 786,2	<u>643,8</u> 901,3	<u>79,2</u> 56,6	<u>84,9</u> 64,4	<u>9,0</u> 6,0	<u>9,7</u> 7,0
3. Лесоподібний суглинок (без добрив)	<u>364,6</u> 787,1	<u>465,7</u> 988,0	<u>114,2</u> 62,6	<u>122,8</u> 68,3	<u>13,6</u> 6,4	<u>14,8</u> 7,2
4. Лесоподібний суглинок з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>605,2</u> 828,4	<u>711,2</u> 1024,6	<u>83,4</u> 62,3	<u>89,8</u> 67,6	<u>9,7</u> 6,7	<u>10,4</u> 7,3
5. Червоно-бура глина (без добрив)	<u>586,7</u> 837,2	<u>734,7</u> 1054,4	<u>141,4</u> 85,9	<u>147,2</u> 98,1	<u>17,4</u> 9,7	<u>18,3</u> 11,4
6. Червоно-бура глина з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>475,4</u> 821,6	<u>639,4</u> 1025,5	<u>119,3</u> 84,8	<u>128,5</u> 94,5	<u>14,3</u> 9,4	<u>15,5</u> 10,7
7. Сіро-зелена глина (без добрив)	<u>589,1</u> 662,5	<u>783,8</u> 814,9	<u>129,0</u> 78,7	<u>135,9</u> 92,4	<u>15,7</u> 8,5	<u>16,6</u> 10,
8. Сіро-зелена глина з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>506,9</u> 618,0	<u>635,2</u> 738,3	<u>121,3</u> 68,8	<u>129,8</u> 79,3	<u>14,5</u> 7,4	<u>15,7</u> 8,7

Багаторічними дослідженнями встановлено, що тільки бобові рослини, такі як люцерна, еспарцет, горох, чина й інші, спроможні в умовах техногенного середовища накопичувати велику кількість органічної маси. Наприклад, люцерна на сіро-зеленій глині (без добрив) забезпечувала отримання врожайності в 42,8 ц/га. При цьому маса повітряно-сухих коренів у шарі 0–40 см становила 66 ц/га. Такі показники пояснюються тим, що люцерна і еспарцет функціонують спільно з мікроорганізмами, які рясно заселяють поверхню кореневих систем. У кожному грамі абсолютно сухої наважки з шару 0–40 см ризосфери сіро-зеленої глини нараховувалось десятки мільйонів мікроорганізмів. Спроможність мікроорганізмів жити на поверхні коренів, не проникаючи в їх тканини, і харчуватись виділеннями цих же коренів є основним фактором для налагодження в товщі едафотопів надзвичайно складних, багатofункціональних консортивних зв'язків.

В умовах техногенного середовища автотрофи і гетеротрофи приречені на спільне існування, яке згодом стає рушійною силою виникнення й інтенсивного розвитку ґрунтоутворення. Цей складний і довготривалий процес здійснюється саме завдяки консортивним зв'язкам між автотрофами і гетеротрофами. Тобто консорції – це сполучення самостійно існуючих популяцій рослин і зв'язаних з ними живильними відносинами гетеротрофів.

Рекультивація природно-техногенних комплексів призводить до формування первинних консорцій, у яких як детермінант, тобто основне ядро, служить самостійно існуюча автотрофна рослина (зазвичай бобова). Первинні консорції з автотрофними детермінантами безпосередньо беруть участь у зародженні нового ґрунтоутворюючого процесу і сприяють створенню біогеоценотичних горизонтів.

Обширні консортивні зв'язки в зоні кореневих систем сприяють нормальному розвитку рослин, накопиченню великої кількості загальної фітомаси й інтенсивній біологізації природно-техногенних комплексів. В основі всіх цих явищ лежить

взаємодія консортів один з одним, коли роль кожного організму відносно до іншого є суттєвим фактором навколишнього середовища. Через це в товщі природно-техногенних комплексів встановлюється численна кількість різноманітних консортивних зв'язків, характер яких визначається біологічними особливостями автотрофного детермінанта й екологічними можливостями природно-техногенних комплексів. Проте найважливіша роль консорцій полягає в тому, що вони сприяють утворенню в товщі гірських порід біогеоценотичних горизонтів, які є складовими частинами біогеоценозів. Між біогеоценозами встановлюються взаємозв'язки з обміну живими організмами, енергією, органічними і мінеральними сполуками і т.д. Величезна різноманітність цих взаємодій і взаємозв'язків в товщі природно-техногенних комплексів пояснюється насамперед гетерогенністю їх складової частини. Тут навіть невеликий об'єм гірських порід може бути складеним породами з різними фізико-хімічними властивостями. Проте в цій неоднорідній товщі встановлюються радіальні і латеральні напрями (за Ю. П. Бялловичем, 1960), за якими здійснюються речовий і енергетичний зв'язок між окремими біогеоценотичними горизонтами.

На рекультивованих землях особливо велике значення мають радіалі верхньої 40-сантиметрової товщі природно-техногенних комплексів. Саме в цій товщі, де концентруються корені рослин, мікроорганізми, інші живі істоти і їх метаболіти, по косних і речових радіалях іде безперервний обмін речовин і енергії. Причому радіалі концентрують свою біогеоценотичну масу в поверхневому горизонті. Це і є першопричиною початку ґрунтоутворення з поверхні природно-техногенних комплексів, де міжбіогеоценозна міграція речовин, яка щільно пов'язана з рухом води і повітря, особливо сильно прогресує. Пізнання консортивних зв'язків, що з'являються в товщі природно-техногенних комплексів, є основою початку формування стійких агрофітоценозів, що дуже важливо при здійсненні біологічної рекультиваци порушених земель.

Таким чином, формування ґрунтів у порушеному середовищі при глибокому і детальному розгляді представляє собою комплекс надзвичайно складних і різноманітних екологічних факторів, взаємодія яких змінює властивості природно-техногенних комплексів. У цьому грандіозному процесі провідна роль належить мікроорганізмам і кореневій системі рослин, які є джерелом накопичення елементів ґрунтової родючості.

ВИСНОВКИ

1. Винесені у відвали кар'єрів гірські породи створюють едафотопи, які характеризуються великою гетерогенністю, складними ґрунтовими властивостями і незначним утриманням елементів живлення, особливо азоту.

2. Відповідність фізико-хімічних властивостей едафотопів біологічним особливостям сільськогосподарських культур проявляється у співвідношенні між надземною і підземною частинами та у швидкості росту стебел і коренів.

3. Внутрішньотканинний перерозподіл речовин і енергії (транслокація) відображається в пластичності кореневих систем рослин. Ця їх унікальна біологічна особливість полягає в утворенні ними підземної частини такої маси і будови, що здатні забезпечити рослину елементами живлення та сформувати максимально можливий урожай за реальних умов цього часу.

4. Формування ґрунтів у техногенному середовищі являє собою комплекс надзвичайно складних і різноманітних екологічних факторів, взаємодія яких змінює властивості природно-техногенних комплексів. У цьому грандіозному процесі провідна роль належить кореневій системі рослин, яка є теоретичною основою для розробки практичних прийомів впливу на ґрунт і рослину.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Agrokhimicheskkiye metody issledovaniya pochv, 1965 [Agro-chemistry methods of soil investigation]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Agrofizicheskiye metody issledovaniya pochv, 1966 [Agrophysical methods of soil investigation]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Bondar', G. A., 1974. Rastitel'nyy pokrov porod nadugol'noy tolshchi Aleksandriyskogo burougol'nogo mestorozhdeniya i voprosy fitorekul'tivatsii: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Vegetation cover of the rocks of the nadugolnoy thickness of the Alexandrian brown coal deposit and issues of phytoreclamation]. Dnipropetrovsk (in Russian).
- Gorobets, N. D., 1975. Issledovaniya po sel'skokhozyaystvennoy rekul'tivatsii territoriy, narushennykh otkrytymi razrabotkami margantsa v Nikopol'skom margantsevorudnom baseyne: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Studies on agricultural reclamation of territories disturbed by open manganese development in the Nikopol Manganese ore basin]. Dnepropetrovsk (in Russian).
- Dospekhov, B. A., 1985. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Agropromizdat, Moscow (in Russian).
- Zhilenko, N. I., 1974. Produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na rekul'tivirovannykh zemlyakh Zapadnogo Donbassa: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Productivity of crops on the reclaimed lands of the Western Donbass]. Dnipropetrovsk (in Russian).
- Masyuk, N. T., 1968. Izucheniye rastitel'nosti, porod i obrazuyushchikhsya pochv nga uchastkakh otkrytykh razrobotok v Nikopol'skom margantsevorudnom baseyne (materialy k biologicheskoy rekul'tivatsii): avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. biol. nauk [Study of vegetation, rocks and formed soils in areas of open development in the Nikopolsky manganese ore basin (materials for biological reclamation)]. Dnepropetrovsk (in Russian).
- Mitsik, O. O., 1998. Sil'skogospodars'ke vikoristannya rekul'tivovanykh zemel' Kerchenskogo zalizorudnogo rodovishcha: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Agricultural use of re-cultivated lands of the Kerch iron ore deposit]. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- O rekul'tivatsii zemel' v stepi Ukrainy, 1971 [On the reclamation of lands in the steppes of Ukraine]. N. Ye. Bekarevich, N. D. Gorobets, A. A. Kolbasin. Promin', Dnepropetrovsk (in Russian).
- Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' kak ustoychivoye razvitiye slozhnykh tekhnosistem, 2010 [Reclamation of disturbed lands as a sustainable development of complex techno-ecosystems]. I. Kh. Uzbek, A. S. Kobets, P. V. Volokh; ed. I. Kh. Uzbek. Porogi, Dnepropetrovsk (in Russian).
- Travleyev, A. P., Zverkovskiy, V. N., 1982. Nekotoryye itogi sozdaniya iskusstvennykh pochv pri lesnoy rekul'tivatsii shakhtnykh otvalov Zapadnogo Donbassa [Some results of the creation of artificial soils in the forest reclamation of mine dumps of the Western Donbass]. Rekul'tivatsiya zemel': Tez. dokl. 1 syezda pochvovedov i agrokhimikov USSR (in Russian).
- Travleyev, A. P., 1989. Nauchnyye osnovy tekhnogennoy biogeotsenologii [Scientific foundations of technogenic biogeocenology]. Biogeotsenoticheskiye issledovaniya lesov tekhnogennykh landshaftov Stepnoy Ukrainy. Dnepropetrovsk, 4–9 (in Russian).
- Travleyev, A. P., Zverkovskiy, V. I., Tsvetkova, N. N., 1983. Bioekologicheskiye osobennosti okhrany lesnykh biogeotsenozov i lesnoy rekul'tivatsii tekhnogennykh landshaftov Zapadnogo Donbassa [Bioecological features of forest biogeocenosis conservation and forest recultivation of technogenic landscapes of the Western Donbass]. Problemy okhrany, ratsional'nogo ispol'zovaniya i rekul'tivatsii chernozemov. Nauka, Moscow, 175–207 (in Russian).
- Uzbek, I. Kh., 1969. Vozdelyvaniye nekotorykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na porodakh otkrytykh razrobotok margantsa v Nikopol'skom rayone dnepropetrovskoy oblasti: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Cultivation of some crops on the rocks of open development of manganese in the Nikopol region of the Dnipropetrovsk region]. Odessa (in Russian).
- Uzbek, I. Kh., 2002. Metod vivchennya korenevikh sistem roslin [The method of searching for root systems of roslin]. Visnik agrarnoi nauki 10, 27–30 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 21.04.2017

LAND RECLAMATION



Yu. L. Tsapko ✉
A. S. Kholodna

Dr. Sci. (Biol.)

UDK 631.415.2: 631.58

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

PROTEASE ACTIVITY OF URBAN SOILS OF KHARKIV REGION UNDER THE INFLUENCE OF GIANT MISCANTHUS CULTIVATION

Abstract. The paper presents the results of the determination of the protease activity of degraded marginal lands, namely, urban soils, of Kharkiv region under cultivating of energy crop of the second generation of giant miscanthus. The cultivation of this perennial cereal culture contributes the increasing of activity of the protease enzyme, which in turn serves as an impetus for the introduction of anthropogenic degraded soils into the energy sector not only for obtaining relatively cheap and environmentally friendly raw materials, but also for the biological reclamation of marginal lands. In our opinion, the above-mentioned soils, which have suffered from negative anthropogenic influence, can be attributed to marginal lands. Agricultural production on such lands is complicated due to certain soil conditions. However, we cannot leave these soils; «throw» them into a «soil dump», which eventually can grow into unmanaged scales. There should be no doubts that reclamation of marginal lands is important and needed, including urban soils, technosoils and lithosoils. Due to the limited energy resources in the state, last years research it has been carried out to determine the suitability of cultivating energy crops of second generation (for example, giant miscanthus, energy willow and poplar, pavlovnia, etc.) on marginal lands as bioremediation factors. The current question is the so-called «soil health» – a set of biological and environmental indicators of soil condition. One of these indicators is the enzymatic activity of soils, the constituent part of which is the activity of proteases. Proteases play a significant role in the life of the soil, as they are associated with changes in the composition of organic components and the dynamics of nitrogen-digested for plants. At the same time, the protease activity of the soil characterizes its general microbiological activity, which, in its turn, is determined by the ecological state of the soil. Thus, the study of the effectiveness of biological reclamation of anthropogenic degraded soils with the use of energy crops is very relevant. The obtained data testify that the cultivation of giant miscanthus on urban soils is expedient in terms of improving the properties of the latter. As noted above, the protease activity of the soil is one of the indicators of soil health, and therefore its activation is a motivating factor for introducing the cultivation of giant miscanthus as a phytorecultivator for anthropogenic degraded territories. The activity of protease increased in areas with giant miscanthus compared to pure control on the urban-soils. The giant miscanthus plants caused increasing of protease activity in time (gradual increase in protease activity from the summer to autumn periods) and in space (three types of urban areas). It was determined that biological reclamation by cultivation of giant miscanthus is most effective on urban lithosoil, in fact, the worst by its properties from the presented soils. It is also important that the financial costs of biological reclamation of marginal lands

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

DOI: 10.15421/041707

by growing giant miscanthus are greatly reduced due to its low fertilizer needs as well as the receipt of energy products - cod or biogas. Using of various plant protection products is also minimized.

Key words: marginal lands, urban soil, lithosol, energy crops, giant miscanthus, protease activity, soil health.

УДК 631.415.2: 631.58

Ю. Л. Цапко
А. С. Холодная

д-р биол. наук

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

ПРОТЕАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ УРБАНОЗЕМОВ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ УСЛОВИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МИСКАНТУСА ГИГАНТСКОГО

Аннотация. В работе приведены результаты определения протеазной активности деградированных маргинальных земель, а именно – урбаноземов Харьковской области при выращивании на них энергетической культуры второго поколения мискантуса гигантского. Культивирование этой многолетней злаковой культуры способствует увеличению активности фермента протеазы, что, в свою очередь, служит толчком к введению антропогенно деградированных почв в энергетический сектор производства не только с целью получения относительно дешевого и экологически чистого сырья, но и для биологической рекультивации маргинальных земель.

На исследуемых урбаноземных почвах активность протеазы повысилась на участках с мискантусом гигантским по сравнению с чистым контролем. Установлено, что биологическая рекультивация путем выращивания мискантуса гигантского наиболее эффективна на урбаноземе литоземном.

Ключевые слова: маргинальные земли, урбанозем, энергетические культуры, мискантус гигантский, протеазная активность, здоровье почвы.

УДК 631.415.2: 631.58

Ю. Л. Цапко
А. С. Холодна

д-р біол. наук

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

ПРОТЕАЗНА АКТИВНІСТЬ УРБАНОЗЕМІВ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

Анотація. У роботі наведено результати визначення протеазної активності деградованих маргінальних земель, а саме – урбаноземів Харківської області за умов вирощування на них енергетичної культури другого покоління міскантусу гігантського. Культивування цієї багаторічної злакової культури сприяє збільшенню активності ферменту протеази, що, в свою чергу, слугує поштовхом до введення антропогенно деградованих ґрунтів в енергетичний сектор виробництва не тільки з метою отримання відносно дешевої та екологічно чистої сировини, але й для біологічної рекультивації маргінальних земель.

На досліджуваних урбаноземних ґрунтах активність протеази підвищилась на ділянках з міскантусом гігантським, порівняно з чистим контролем. Установлено, що біологічна рекультивація шляхом вирощування міскантусу гігантського найбільш ефективна на урбаноземі літоземному.

Ключові слова: маргінальні землі, урбанозем, енергетичні культури, міскантус гігантський, протеазна активність, здоров'я ґрунту.

ВСТУП

Наприкінці XX та на початку XXI сторіччя, порівняно з попереднім періодом, відбулося відчутне посилення тиску антропогенного фактора ґрунтоутворення на

грунтовий покрив. При виробництві рослинницької продукції вплив антропогенного фактора на формування і розвиток ґрунтів, за умов високого рівня агрокультури, переважно супроводжується еволюційним перетворенням у нові природно-антропогенні відміни – агроземи, які набувають навіть більш кращих параметрів родючості, порівняно з неокультуреними ґрунтами. З іншого боку, майже всі ґрунти на земній кулі зазнають негативного впливу антропогенного фактора різного характеру та інтенсивності – від слабкого до сильного, з майже повним знищенням природної родючості під час видобутку корисних копалин, різних будівельних робіт, прокладання транспортних споруд тощо.

Саме такі ґрунти Д. Г. Тихоненко (Tykhonenko, Gorin, 2013, 2014) відносить в сучасному «царстві» ґрунтів до техноземів і урбаноземів. Урбаноземні ґрунти – це антропогенно змінені ґрунти міських територій, штучний профіль яких має поверхневий шар товщиною до 50 см, створений людиною шляхом насипання, перемішування, поховання матеріалів (субстратів) суто урбаногенного походження. Класифікаційний підрозділ, у тому числі і польова діагностика урбаноземів, постійно вдосконалюється, зокрема з поділом на: екоурбаноземи, індустріземи, інтруземи, техноземи, екраноземи, «запечатані» ґрунти.

На нашу думку, вищенаведені ґрунти, які зазнали негативного антропогенного впливу, можна відносити до маргінальних земель, тобто земель, на яких сільськогосподарське виробництво ускладнено через певні ґрунтові умови. Утім, у жодному випадку не можна залишати такі ґрунти напризволяще, тобто «кидати» їх на «ґрунтове сміттєзвалище», яке з часом може розростися до некерованих масштабів. Сумнівів відносно рекультивації маргінальних земель, що включають урбаноземи, техноземи та літоземи, не повинно бути.

Виходячи з цього, існує можливість вирощування енергетичних культур на подібного роду ґрунтах. Зауважимо, що важливою особливістю енергетичних культур є те, що більшість із них невибагливі до умов вирощування.

Маргінальні землі розглядаються нами як привабливі для вирощування біоенергетичних культур (наприклад, з високим вмістом лігноцелюлози) другого покоління. Останні забезпечують привабливий варіант для уникнення конкуренції на землі між біоенергетичними культурами першого покоління (наприклад, цукровий очерет) та продовольчими культурами (Tilman, 2006).

У зв'язку з обмеженістю енергетичної сировини в державі в останні роки поширилися дослідження з визначення придатності культивування енергетичних культур другого покоління (наприклад, міскантусу гігантського, верби та тополі енергетичної, павловнії та ін.) на маргінальних землях як біорекультиванти. Актуальним є питання так званого «здоров'я ґрунту» – сукупності біологічних та екологічних показників ґрунтового стану. Одним із таких показників є, зокрема, ферментативна активність ґрунтів, складовою частиною якої є активність протеаз. Протеази відіграють вагомую роль у житті ґрунту, оскільки з ними пов'язані зміни складу органічних компонентів і динаміка засвоєваних для рослин форм азоту. У той же час протеазна активність ґрунту характеризує його загальну мікробіологічну активність, за якою, у свою чергу, діагностується екологічний стан ґрунту. Таким чином, дослідження ефективності біологічної рекультивації антропогенно деградованих ґрунтів з використанням енергетичних культур є вельми актуальними. У даній статті наведено результати досліджень біологічної рекультивації урбаноземів шляхом вирощування міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*).

Мета роботи – установлення впливу рослин міскантусу гігантського на активність протеази урбаноземних ґрунтів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Визначення протеазної активності ґрунтів проводили на території дендрологічного парку загальнодержавного значення при Харківському

національному аграрному університеті ім. В. В. Докучаєва. Цей парк із загальною територією 22,8 га було створено в 1972 році на чорноземних ґрунтах поруч з побудованими навчальними корпусами та об'єктами соціальної сфери.

Польові досліді були закладені в 2017 році на місцях прокладання комунікацій та будівництва на трьох маргінальних антропогенно деградованих ґрунтах: урбаноземі чорноземному, урбаноземі літоземному та урбаноземі чорноземно-лучному. Енергетична культура міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*) – це висока грудкувата трава, з потужною, що досягає 2,5 м в глибину, кореневою системою. Росте міскантус на будь-яких ґрунтах, навіть дуже бідних. Рослина має дуже розгалужену кореневу систему, тому існує можливість вирощувати на деградованих, піщаних, супіщаних ґрунтах, на схилах до 7°.

Профіль урбанозему чорноземного являє собою повністю гомогенізовану ґрунтову масу, що утворилась унаслідок людської діяльності на місці чорнозему типового.

Урбанозем літоземний – це, по суті, вихід материнської породи (лесовидний суглинок) прилуцько-удайської тераси (Tykhonenko et al., 2004; Tykhonenko, Gorin, 2006).

Урбанозем чорноземно-лучний утворився в ході антропогенної діяльності, а саме штучного переміщення верхньої частини гумусованого профілю з вищерозташованого ґрунту.

Спостереження за протеазною активністю ґрунтів при вирощуванні міскантусу гігантського проведено на початку та наприкінці вегетаційного періоду. Зразки ґрунту відбиралися у трикратній повторності на ділянках із контролем (чистий ґрунт без рослин), під рослинами міскантусу та в міжряддях. Улітку, у червні, з дослідних ділянок з глибини 0–20 см були відібрані проби ґрунту для визначення протеазної активності. Час, обраний для дослідження, пояснюється тим, що в червні в ґрунті зберігається достатня кількість вологи, порівняно з сухими періодами липня та серпня. До того ж рослини перебувають на досить активному рівні вегетації. Восени зразки були відібрані у вересні.

Ґрунтові зразки відібрані згідно з ДСТУ 4287. Визначення протеазної активності проводили за модифікованим методом фотоавтографії (заявка № u2017 09 765 від 09.10.2017 р.). В основу методу визначення ферментативної активності за показниками активності протеази поставлено задачу удосконалення способу визначення протеазної активності ґрунту за рахунок отримання нових аплікаційних матеріалів, які дають змогу підвищити точність одержаних даних при одночасному зменшенні та спрощенні способу.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В Європі (Strijker, 2005) у минулому столітті маргінальні землі визначались як землекористування на межі економічної життєздатності. Шреєрс (Schroers, 2006) більш чітко визначив економічно маргінальні землі як «територію, де економічно ефективне виробництво неможливе за певних умов технологій вирощування, аграрної політики, а також макроекономічних та правових умов».

Таким чином, кожен з обраних для досліджень антропогенно деградованих ґрунтів відноситься до розряду маргінальних земель.

Незважаючи на очевидні недоліки маргінальних земель для сільського господарства, ні в якому разі не можна забувати про шляхи їх можливого відновлення, у тому числі й завдяки біологічній рекультивациі, як перспективному та екологічно-безпечному заходу їх раціонального використання.

Проведеними дослідженнями встановлено, що влітку на всіх ґрунтах протеазна активність (ПА) підвищилась на ділянках з міскантусом гігантським, порівняно з контролем. Найбільш істотні зміни спостерігалися на урбаноземі чорноземному, де активність порівняно з контролем була вдвічі більшою. На урбаноземі літоземному та урбаноземі чорноземно-лучному цей показник також зазнав підвищення після початку вирощування міскантусу, але не настільки суттєво. На урбаноземі

літоземному активність протеази під міскантусом становила 51,35 %, у той час як на контрольному варіанті на 10 % нижче, а саме – 40,36 %. На урбаноземі чорноземно-лучному різниця була ще меншою – 5,8 %.

Щодо активності протеази у міжряддях культури на урбаноземі чорноземному та літоземному вона була вищою за контроль та нижчою за варіант безпосередньо під міскантусом і становила відповідно 39,10 % та 45,06 %. На урбаноземі чорноземно-лучному ПА в міжряддях міскантуса виявилась на 26,71 % нижчою за варіант контролю і на 32,51 % нижчою за варіант міскантуса.

Вплив культивування міскантуса гігантського (першого року вегетації) на протеазну активність урбаноземів ХНАУ ім. В. В. Докучасва

Варіант	Протеазна активність, %	
	Влітку 2017 р.	Восени 2017 р.
Урбанозем чорноземний		
Контроль	22,71	49,80
Міскантус	44,99	51,19
Міжряддя	39,10	42,12
НІР ₀₅	6,11	3,69
Урбанозем літоземний		
Контроль	40,36	25,93
Міскантус	51,35	89,97
Міжряддя	45,06	44,88
НІР ₀₅	6,81	7,49
Урбанозем чорноземно-лучний		
Контроль	65,57	72,58
Міскантус	71,37	90,32
Міжряддя	38,86	68,72
НІР ₀₅	4,58	6,59

Восени активність протеази в цілому по досліді зросла. Найвищі дані було так само отримано на варіантах під культурою. Динаміка ПА залишилась такою самою, як і влітку. На урбаноземі чорноземному активність ферменту на контрольному варіанті зросла майже вдвічі порівняно з літніми даними – 49,80 % порівняно з 22,71 %. ПА під міскантусом не зазнала суттєвого підвищення – 6,2 % та становила 51,19 %.

Коливання активності протеази у міжряддях міскантуса були практично непомітними.

На наш погляд, більш низька протеазна активність у міжряддях міскантуса обумовлена його потужною кореневою системою, яка завдяки кореневим виділенням «притягує» до ризосфери активну мікро- та мезофауну. Утім, це припущення потребує проведення більш детальних досліджень.

Протеазна активність на контрольному варіанті урбаноземі літоземному впала на 14,43 % порівняно з літніми результатами. Проте під міскантусом відбулося значне підвищення цього показника – 89,97 % восени та 51,35 % влітку. Активність протеази у міжрядді знизилась усього на 0,18 %, тобто можна сказати, що залишилась на тому ж рівні.

Аналогічні закономірності встановлено нами й на урбаноземі чорноземно-лучному, де протеазна активність найбільше збільшилась у міжряддях – на 30 % порівняно з літніми даними. Але знову ж таки залишилась найнижчою серед варіантів. На контролі показник підвищився з 65,57 % влітку до 72,58 % восени, а під рослинами міскантуса – з 71,37 % до 90,32 % відповідно.

Установлено, що вирощування міскантуса гігантського на урбаногенних ґрунтах є доцільним з точки зору покращення властивостей останніх. Як було зазначено вище, протеазна активність ґрунту – один із показників ґрунтового здоров'я, тому її активізація є спонукаючим фактором для впровадження

культивування міскантусу гігантського як фіторекультиванта для антропогенно деградованих територій.

Використання енергетичної культури другого покоління міскантусу гігантського при проведенні біологічного етапу рекультивації маргінальних земель дозволяє, завдяки його потужній кореневій системі, активізувати біологічну складову ґрунотвірного процесу.

Важливим є й те, що фінансові витрати на біологічну рекультивацію земель шляхом вирощування міскантусу гігантського значно скорочуються через її низьку потребу в добривах та меліорантах, а також отримання енергетичної продукції – тріски або біогазу. Різноманітні засоби захисту рослин також зводять до мінімуму.

Загалом проведені дослідження слугуватимуть поштовхом до введення урбаноземних ґрунтів в енергетичний сектор виробництва не тільки з метою отримання відносно дешевої та екологічно чистої енергетичної сировини, але й для біологічної рекультивації маргінальних земель.

ВИСНОВКИ

Отримані дані свідчать про те, що вирощування міскантусу гігантського на урбаногенних ґрунтах є доцільним з точки зору покращення властивостей останніх. Як було зазначено вище, протеазна активність ґрунту – один із показників ґрунтового здоров'я, тому її активізація є спонукаючим фактором для впровадження культивування міскантусу гігантського як фіторекультиванта для антропогенно деградованих територій.

Рослини міскантусу гігантського обумовили підвищення активності ферменту в часі (поступове підвищення ПА з літнього по осінній період) та в просторі (три види урбаноземів). Найбільш суттєво на культивування міскантусу відгукнувся урбанозем літоземний, по суті найгірший за своїми властивостями із представлених.

Зважаючи на те, що на даних ґрунтах вирощування продовольчої рослинності є цілком нерентабельним, саме культивування енергетичних культур стає одним із ключових способів їх ефективного використання та деякого покращення еколого-біологічних функцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Schroers, J. O., 2006. Towards the development of marginal land use depending on the framework of agricultural market, policy and production techniques. University of Giessen, Germany.
- Strijker, D., 2005. Marginal lands in Europe – causes of decline. *Basic Appl. Ecol.* 6, 99–106.
- Tilman, D., Hill, J., Lehman, C., 2006. Carbon – negative biofuels from low – input high-diversity grassland biomass. *Science* 314, 1598–1600.
- Tykhonenko, D. G., Gorin, M. O., 2006. Suchasnyi stan i perspektyvy vykorystannya landshaftnyh osoblyvostei i ґрунтового pokryvu terytorii navchalno-doslidnogo gospodarstva «Dokuchayevske» [Modern condition and perspectives of landscapes features and soil cover of territories of teaching-researching household «Dokuchayevske»]. *Visnyk KhNAU* 7, 3–19 (in Ukrainian).
- Tykhonenko, D. G., Gorin, M. O., 2013. Problemy kartografuvannya urbanozemiv [Problems of urban-soils mapping]. *Visnyk KhNAU* 2, 5–11 (in Ukrainian).
- Tykhonenko, D. G., Gorin, M. O., 2014. Grunty naselenykh punktiv: problemy klasyfikatsii, diagnostyky, kartografii, ekspertnykh otsinok [Soils of localities: problems of classification, diagnosis, mapping, expert's evaluation]. *Agrokhimiya i ґрунтознавство*, 84–87 (in Ukrainian).
- Tykhonenko, D. G., Gorin, M. O., Zabaluev, V. O., Matviishyna, Zh. M., Momot, G. F., 2004. Fitorekultyvatsia i startovyi ґрунтоgenez na litozemah [Phytorecultivation and preliminary soil foundation on lythozems]. *Visnyk KhNAU* 6, 19–30 (in Ukrainian).
- Zayavka na korysnu model «Vyznachennya proteasnoi aktyvnosti ґруntiv» № u2017 09 765 vid 09.10.2017 [Model application «Determination of protease activity of soils» № u2017 09 765 since 09.10.2017] (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 28.05.2017

LAND RECLAMATION



Yu. G. Prysedskyj  Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 630*232.22+581.1

Vasil Stus Donetsk National University,
600th anniversary, 21, Vinnitsa, Ukraine, 21021

THE USE OF ARBOREAL PLANTS FOR BIOLOGICAL RECLAMATION OF PHOSPOGIPSE DUMPS

Abstract. One of basic problems of environment on enterprises from the production of phosphates and phosphoric acid is the reduction of influence of dumps of phosphogipse. During storage of phosphogipse in dumps there is a bearing-out in the atmosphere, soil and ground water of connections of fluorine, sulphur, phosphorus, that result in considerable violations of vital functions of vegetable and animal organisms. The only possible method of reduction of loading of dumps of phosphogipse on an environment is their reclamation with the use of plants. However, a phytotoxicity of breeds of dumps is one of most obstacles for their biological reclamation. Such breeds attribute to useless for biological reclamation that needs their coverage the unphytotoxic ground mixtures. At the same time, data about the phytotoxicity of phosphogipse and methods of reclamation of such dumps are practically absent. Phosphogipse was used in experiments, selected from the dumps of phosphogipse of the Sumy production amalgamation of «Chimprom», that is characterized by the far of ions of cadmium and presence of bivalent barium. For growing of plants the next variants of coverage of phosphogipse were used by fat land: 1 – black earth (control); 2 – phosphogipse without coverage by fat land; 3 – phosphogipse with coverage by black earth; 4 – phosphogipse by c coverage by sand(drainage) and black earth; 5 – phosphogipse with coverage by a hogging (drainage) and black earth. As fat land black earth is used ordinary with content of humus 3,5B researches two types of arboreal plants were used: *Eleagnus angustifolia* L. but *Robinia pseudoacacia* L. The set high toxins is for both types of experience plants. Seed landed on phosphogipse without coverage perished fat land. Integumentary soils allow considerably to improve the growth processes of plantlets of *Eleagnus angustifolia* L. and *Robinia pseudoacacia* L. At the same time, height of rootages in the variant of causing of black earth directly on phosphogipse repressed considerably. It, for certain, is related to the capillary raising of phosphogipse toxicants in integumentary soil, that stipulates braking of growth processes. In 2,5 months there is the reliable braking of growth processes of rootages in all variants of growing of plants on phosphogipse. In 50 days at all plants, that grow on phosphogipse rootages grow to phosphogipse, as a result of there is almost complete defoliation of plantlets and they perish. Thus, phosphogipse contains the far of phytotoxic connections (ions of cadmium, barium, strontium, fluorine and others like that), that causes their death for landing on a breed without causing of integumentary fertile substate. Normal development of arboreal plants on the dumps of phosphogipse maybe only on condition of height of their rootages in the fertile integumentary ground mixture with the use of drainage layers from a hoggin or sand.

Keywords: *dumps of phosphogipse, integumentary soil, height of arboreal plants.*

 Tel.: +38066-053-24-09, e-mail: yu.prisedskyi@donnu.edu.ua

DOI: 10.15421/041708

УДК 630*232.22+581.1

Ю. Г. Приседский

канд. биол. наук, доц.

*Донецкий национальный университет имени Василя Стуса,
ул. 600-летия, 21, г. Винница, Украина, 21021,
тел.: +38066-053-24-09, e-mail: yu.prisedskiy@donnu.edu.ua*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ ФОСФОГИПСА

Аннотация. Изучено влияние фосфогипса и нанесенной на него покровной почвы на ростовые процессы разных видов древесных растений. Установлена необходимость использования дренажного слоя или песка и мощного слоя плодородных грунтовых смесей для роста древесных растений на отвалах фосфогипса.

Ключевые слова: отвалы фосфогипса, покровная почва, рост древесных растений.

УДК 630*232.22+581.1

Ю. Г. Приседський

канд. біол. наук, доц.

*Донецький національний університет імені Василя Стуса,
вул. 600-річчя, 21, м. Вінниця, Україна, 21021,
тел.: +38066-053-24-09, e-mail: yu.prisedskiy@donnu.edu.ua*

ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ДЛЯ БІОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ВІДВАЛІВ ФОСФОГІПСУ

Анотація. Вивчено вплив відвалів фосфогіпсу та нанесеного на нього покривного ґрунту, на ростові процеси різних видів деревних рослин. Установлено необхідність використання дренажного шару або піску та потужного шару родючих ґрунтових сумішей для росту деревних рослин на відвалах фосфогіпсу.

Ключові слова: відвали фосфогіпсу, покривний ґрунт, ріст деревних рослин.

ВСТУП

Несприятливий вплив на рослини урбанізації, техногенного забруднення, дефіциту вологості і основних елементів мінерального живлення на фоні глобальних змін клімату постійно зростає (Mitsik, Lykholat, 1997; Lykholat, 1999; Lykholat et al., 2017). Про це свідчить погіршення якості навколишнього природного середовища у великих містах і промислових центрах та значних за площею територіях прилеглих до них регіонів (Lykholat, Grigoryuk, 2005; Kul'bachko et al., 2011, 2015; Grigoryuk et al., 2014). У зв'язку з цим однією з основних проблем захисту довкілля на підприємствах з виробництва фосфатів та фосфорної кислоти є зменшення впливу відвалів фосфогіпсу. Під час зберігання фосфогіпсу у відвалах відбувається винос в атмосферу, ґрунт та ґрунтові води сполук фтору, сірки, фосфору, які призводять до значних порушень життєдіяльності рослинних та тваринних організмів. Кількість фосфогіпсу, що утворюється, залежить від виду використовуваної сировини, технології виробництва, застосовуваного обладнання і складає від 3,9 до 6,8 т на 1 т виробленої фосфорної кислоти (Malceva, Yudavicheva, 1985). Фосфогіпс може бути перероблений у будівельні в'язучі матеріали (вапно та сірчану кислоту) або використаний як хімічний меліорант засолених ґрунтів (Epifanov et al., 1985; Kobozev et al., 1985). Однак ступінь його використання становить лише 11 %. У зв'язку з цим єдиним можливим способом зменшення навантаження відвалів фосфогіпсу на довкілля є їхня рекультивація з використанням рослин. Однак фітотоксичність порід відвалів є однією з найбільших перешкод для їхньої біологічної рекультивації. Такі породи відносять до непридатних для біологічної рекультивації. Для проведення біологічного етапу рекультивації такі відвали рекомендується покривати нефітотоксичними ґрунтовими сумішами. Такі прийоми широко застосовуються для

рекультивації породних відвалів шахт, порід кар'єрів тощо (Using biosolids, 2002; Sally, 2003; Uzbek, 2015, Zverkovs'kyu, 2015, 2016; Halahan, 2015; Loza et al., 2016). Разом з тим дані про фітотоксичність фосфогіпсу та способи рекультивації таких відвалів практично відсутні.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У досліджах використовували фосфогіпс, відібраний з відвалів фосфогіпсу Сумського виробничого об'єднання «Хімпром», який характеризується, на відміну від фосфогіпсу Гомельського хімічного заводу та Рівненського виробничого об'єднання «Азот», значною кількістю кадмію та наявністю двовалентного барію (табл. 1).

Таблиця 1

Місце відбору проби	Якісний склад фосфогіпсу з відвалів деяких підприємств з випуску суперфосфату												
	Катіони										Аніони		
	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Al ³⁺	Mg ²⁺	Mn ²⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Cd ²⁺	S ²⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻
Конвейєр Гомельського хімічного заводу	+	+	+	+	+	–	+	+	–	+	+	+	+
Відвал Гомельського хімічного заводу	+	+	+	+	+	–	+	+	–	+	+	+	+
Відвал Сумського виробничого об'єднання «Хімпром»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Відвал Рівненського виробничого об'єднання «Азот»	+	+	+	+	+	–	+	+	+	+	+	+	+

Для вирощування рослин використовувалися такі варіанти покриття фосфогіпсу родючим ґрунтом: 1 – чорнозем (контроль); 2 – фосфогіпс без покриття родючим ґрунтом; 3 – фосфогіпс із покриттям чорноземом; 4 – фосфогіпс із покриттям із піску (дренаж) та чорнозему; 5 – фосфогіпс із покриттям із гравію (дренаж) та чорнозему (рис. 1). Як родючий ґрунт використано чорнозем звичайний з вмістом гумусу 3,5 %.

У дослідженнях використовували два види деревних рослин: маслинка вузьколиста (*Eleagnus angustifolia* L.) та робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.). Вибір цих видів обумовлений високою стійкістю до несприятливих факторів та участю у самозаростанні відвалів вугільних шахт Донбасу.

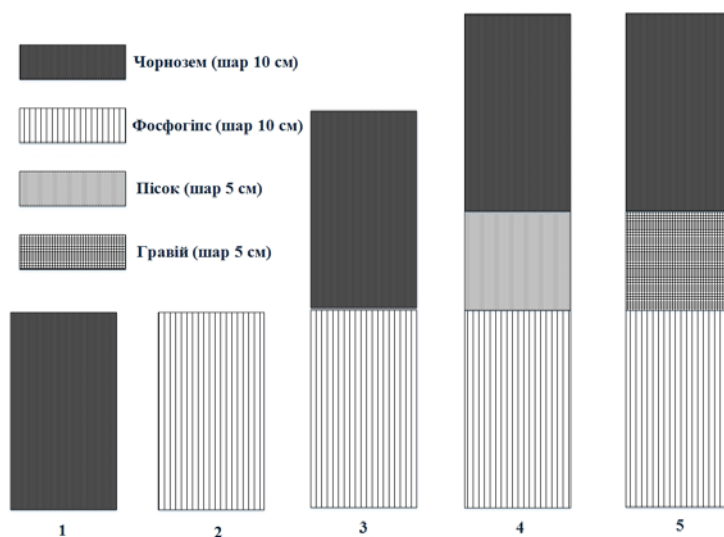


Рис. 1. Схема розташування покривного ґрунту

Проросле насіння з довжиною зародкових корінців біля 1 см висаджувалося на субстрат залежно від варіанта дослідів. Вирощування рослин проводилося за освітленості 12000 лк та тривалості світлового дня 14 годин на добу. Температура під час вирощування проростків підтримувалася у межах 19–21 °С. Вимірювання ростових показників проводилося у віці 1 та 2,5 місяці з дня посадки рослин на ґрунт. Отримані дані оброблені статистично методами дисперсійного аналізу з використанням порівняння середніх за Даннетом (Prysedskyj, 1999, 2005).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як свідчать отримані дані (табл. 2), фосфогіпс має високу токсичність для обох видів дослідних рослин. Насіння, висаджене на фосфогіпс без покриття родючим ґрунтом (варіант 2), загинуло. Покривні ґрунти дозволяють значно покращити ростові процеси проростків. Так, у маслинок вузьколистий ростові процеси надземних частин проростків не піддаються вірогідним змінам у всіх варіантах з нанесенням ґрунтового покриття. Разом з тим ріст кореневих систем у варіанті нанесення чорнозему безпосередньо на фосфогіпс значно пригнічувався – їхня довжина становила 56,2 % від довжини коренів контрольних рослин, вирощуваних на чорноземі. Це, вірогідно, пов'язано з капілярним підняттям токсикантів фосфогіпсу у покривний ґрунт, що й обумовлює гальмування ростових процесів. Через 2,5 місяці спостерігалось вірогідне гальмування ростових процесів кореневих систем у всіх варіантах вирощування рослин на фосфогіпсі. На ріст надземних частин рослин та накопичення біомаси вірогідного впливу за умов використання дренажних шарів з піску або гравію не спостерігалось, хоча наприкінці дослідів простежувалась тенденція до зниження цих показників. Варто також звернути увагу на появу хлорозу листків у рослин, які вирощуються на фосфогіпсі незалежно від використаного покриття родючим ґрунтом.

Таблиця 2

Вплив ґрунтового покриття на ріст проростків деревних рослин на фосфогіпсі

Варіанти дослідів	Вік проростків, міс.	Надземна частина			Кореневі системи		
		Довжина, см	Сира маса, г	Суха маса, г	Довжина, см	Сира маса, г	Суха маса, г
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Маслинка вузьколиста (Eleagnus angustifolia L.)</i>							
Чорнозем (контроль)	1	3,3 ± 0,1	3,64 ± 0,02	0,09 ± 0,01	3,6 ± 0,2	0,11 ± 0,01	0,05 ± 0,01
	2,5	9,8 ± 0,4	1,15 ± 0,06	0,75 ± 0,07	10,0 ± 1,1	0,43 ± 0,01	0,15 ± 0,02
Фосфогіпс	1	Усі рослини загинули					
	2,5	Усі рослини загинули					

1	2	3	4	5	6	7	8
Фосфогіпс + чорнозем	1	3,2 ± 0,1	0,76 ± 0,05	0,10 ± 0,02	0,9 ± 0,2*	0,12 ± 0,01	0,05 ± 0,01
	2,5	10,6 ± 1,2	1,14 ± 0,05	0,09 ± 0,01	8,1 ± 0,5	0,44 ± 0,03	0,32 ± 0,02
Фосфогіпс + пісок + чорнозем	1	3,1 ± 0,3	0,72 ± 0,03	0,95 ± 0,09	3,1 ± 0,4*	0,12 ± 0,01	0,06 ± 0,01
	2,5	11,4 ± 0,7	1,35 ± 0,14	1,02 ± 0,10	6,3 ± 0,8*	0,44 ± 0,02	0,32 ± 0,04
Фосфогіпс + гравій + чорнозем	1	3,1 ± 0,1	0,68 ± 0,02	0,10 ± 0,01	1,7 ± 0,2	0,09 ± 0,01-	0,04 ± 0,01
	2,5	9,0 ± 1,2	0,96 ± 0,07	0,81 ± 0,08	6,9 ± 1,0*	0,42 ± 0,03	0,09 ± 0,01
Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)							
Чорнозем (контроль)	1	4,1 ± 0,1	0,98 ± 0,01	0,14 ± 0,01	2,7 ± 0,5	0,17 ± 0,02	0,07 ± 0,01
	2,5	6,9 ± 0,3	2,35 ± 0,06	0,75 ± 0,06	8,1 ± 0,6	0,65 ± 0,02	0,15 ± 0,02
Фосфогіпс	1	Усі рослини загинули					
	2,5	Усі рослини загинули					
Фосфогіпс + чорнозем	1	3,5 ± 0,2*	0,76 ± 0,02*	0,11 ± 0,01	4,1 ± 0,4	0,71 ± 0,03	0,12 ± 0,01
	2,5	8,7 ± 0,9	3,74 ± 0,22*	1,15 ± 0,09*	9,7 ± 0,8	1,41 ± 0,09*	0,35 ± 0,02*
Фосфогіпс + пісок + чорнозем	1	4,2 ± 0,4	1,17 ± 0,06*	0,15 ± 0,02	4,4 ± 0,5	0,56 ± 0,02	0,011 ± 0,01
	2,5	8,8 ± 1,0	3,44 ± 0,29*	1,02 ± 0,10	9,2 ± 1,2	1,28 ± 0,17*	0,32 ± 0,04*
Фосфогіпс + гравій + чорнозем	1	4,3 ± 0,1	1,13 ± 0,04*	0,13 ± 0,01	2,8 ± 0,4	0,69 ± 0,07	0,013 ± 0,02
	2,5	7,2 ± 0,6	3,55 ± 0,36*	1,01 ± 0,08*	13,2 ± 0,8*	1,51 ± 0,10*	0,35 ± 0,01*

* Різниця між значеннями вірогідна за рівнем значущості 0,05.

Аналіз результатів впливу ґрунтового покриття на ростові процеси проростків робінії звичайної свідчить про більш значний ступінь дії токсичних речовин, що потрапляють з фосфогіпсу у ґрунт, на їхні проростки, ніж у маслинок вузьколисті. Так, через 1 місяць після посадки на ґрунт ріст проростків робінії звичайної у варіанті з покриттям фосфогіпсу родючим ґрунтом без дренажних шарів достовірно

пригнічувався. Довжина надземної частини знижується на 14,6 %, сира маса – на 22,4 %, суха маса – на 21,4 % порівняно з контрольними рослинами, що ростуть на чорноземі. Ріст кореневих систем у місячних проростків не відрізняється достовірно від відповідного показника контрольних рослин. У віці 2,5 місяці довжина надземної частини проростків у всіх дослідних варіантах не відрізняється від контролю. Ріст кореневих систем та накопичення біомаси проростками достовірно перевищували відповідні показники рослин, вирощуваних на чорноземі. Оскільки робінія звичайна є кальцієфілом, то це, імовірно, можна пояснити саме підвищенням вмісту кальцію в ґрунті, який потрапляє в неї з фосфогіпсу.

Ще через 5 днів у всіх рослин, які зростали на фосфогіпсі, кореневі системи доростали до фосфогіпсу, що сприяє поглинанню та накопиченню токсичних речовин рослинами. Внаслідок відбувається майже повна дефоліація проростків і вони гинуть.

ВИСНОВКИ

1. Фосфогіпс містить значну кількість токсичних для рослин сполук (іони кадмію, барію, стронцію, фтору тощо), що спричиняло їхню загибель за висаджування на породі без нанесення покривного родючого субстрату.

2. Нормальний розвиток деревних рослин на відвалах фосфогіпсу можливий тільки за умови росту їхніх кореневих систем у родючій покривній ґрунтовій суміші з використанням дренажних шарів з гравію або піску.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Epifanov, L. S., Solodkika, L. L., Razdorskih, L. M., Gluhova, T. Yu., 1985. *Pererabotka fosfogipsa na izvest i sernuyu kislotu – odno iz napravleniy sozdaniya ekologicheskoi bezvrednogo proizvodstva EFK* [Processing of phosphogipse on a lime and sulphuric acid – one of directions of creation ecologically of harmless production of extraction phosphoric acid]. *Problems of production extraction phosphoric acid and conservancy*. NIUF, Moscow, 128–129 (in Russian).
- Grigoryuk, I. P., Yavorovskiy, P. P., Lykholat, Y. V., 2014. *Tehnologiyi viroschuvannya i bioregulyatsiya stiykosti gazonnyh roslin u miskomu urbanizovanomu seredovyschi* [Growing technology and bioregulation of the sustainability of lawn plants in the urban environment]. NUBIP Ukrainy, Kyiv (in Ukrainian).
- Halahan, T. I., 2015. *Hirnychotekhnichnyy etap rekultyvatsiyi porushenykh zemel' ta yoho ekoloho-ekonomichna otsinka* [The theoretical and methodological direction of the strategy of land reclamation]. *Gruntoznavstvo* 16(3-4), 77–82 (in Ukrainian).
- Kobozev, V. V., Kuzmich, L. A., Chetverik, A. P., 1985. *O vozmozhnosti ispolzovaniya fosfogipsa dlya melioratsii zasolennykh pochv* [About possibility of the use of phosphogipsea for land-reclamation of in salt soils]. *Problems of production extraction phosphoric acid and conservancy*. NIUF, Moscow, 128–129 (in Russian).
- Kul'bachko, Y. L., Didur, O. O., Loza, I. M., Pakhomov, O. E., Bezrodnova, O. V., 2015. *Environmental aspects of the effect of earthworm (Lumbricidae, Oligochaeta) tropho-metabolic activity on the pH buffering capacity of remediated soil (Steppe zone, Ukraine)*. *Biology Bulletin* 42(10), 899–904.
- Kul'bachko, Yu., Loza, I., Pakhomov, O., Didur, O., 2011. *The Zooecological Remediation of Technogen Faulted Soil in the Industrial Region of the Ukraine Steppe Zone*. In: Mohamed Behnassi, Shabbir A. Shahid, Joyce D'Silva (eds.) *Sustainable Agricultural Development: Recent Approaches in Resources Management and Environmentally-Balanced Production Enhancement*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 115–123.
- Loza, I., Kul'bachko, Yu., Didur, O., Kryuchkova, A., 2016. *Environmental role of earthworm (Lumbricidae) in formation of soil buffering capacity against copper contamination in remediated soil, Steppe zone of Ukraine*. In: M. L. Larramendy, S. Soloneski (eds.) *Soil Contamination – Current Consequences and Further Solutions*. Publisher: Intech, 277–287.
- Lykholat, Y. V., 1999. *Ekologo-fiziologichni osoblivosti bagatorichnykh dernoutvoryuyuchykh zlakiv tehnogennykh teritoriy* [Ecological and physiological characteristics of perennial turf grasses technogenic territories]. Publishing house of

- Dnipropetrovsk University, Dnepropetrovsk (in Ukrainian).
- Lykholat, Y. V., Grigoryuk, I. P., 2005. Viktorystannya dernoutvoryuyuchih trav dlya dlagnostyky rivnya zabrudnennya navkolyshnogo seredovyscha vazhkymy metalamy [The use of sod forming grasses to diagnose the level of environmental pollution by heavy metals]. Proceedings of the National Academy of Sciences of Ukraine 8, 196–200 (in Ukrainian).
- Lykholat, Y. V., Khromyk, N. O., Ivan'ko, I. A., Matyuha, V. L., Kravets, S. S., Didur, O. O., Alekseeva, A. A., Shupranova, L. V., 2017. Otsinka i prognos invazyynosti deyakyh adventyvnyh roslin za vplyvu klimatychnyh zmin u stepovomu Prydniprov'yi [Evaluation and prediction of invasion of some adventive plants on the impact of climate change in the Dnieper steppe region]. Biosyst. Divers. 25(1), 52–59 (in Ukrainian).
- Lykholat, Y., Khromyk, N., Ivan'ko, I., Kovalenko, I., Shupranova, L., Kharytonov, M., 2016. Metabolic responses of steppe forest trees to altirude-associated local environmental changes. Agriculture & Forestry 62(2), Podgorica, 163–171.
- Malceva, I. M., Yudavicheva, O. A., 1985. Proizvodstvo ekstraktsionnoy fosfornoj kisloty i ohrana okruzhayushey sredy [Production of extraction phosphoric acid and guard of environment]. Problems of production extraction phosphoric acid and conservancy. NIUF, Moscow, 52–53 (in Russian).
- Mitsik, L. P., Lykholat, Y. V., 1997. Dernoviy pokryv tehnogennyh terytoriy [Sod cover of technogenic territories]. DSU, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Prysedskyj, Ju. H., 1999. Statystychna obrobka rezultativ biolohichnyh eksperymentiv [Statistical treatment of results of biological experiments]. Kassiopeja, Donetsk (in Ukrainian).
- Prysedskyj, Ju. H., 2005. Paket prohram dlja provedennja statystychnoi obrobky rezultativ biolohichnyh eksperymentiv [A package of softwares for realization of statistical treatment of results of biological experiments]. DonNU, Donetsk (in Ukrainian).
- Sally, B., Chuck, H., 2003. Using biosolids for reclamation/remediation of disturbed soils. – 23 p.
- Using biosolids for reclamation and remediation of disturbed soils, 2002. Prepared by the Center for Urban Horticulture, University of Washington U.S. Environmental Protection Agency. 30 p.
- Uzbek, I. Kh., 2015. Deyaki vlastivosti tehnogennih ekosistem stepovogo Pridniprov'ya [Some properties of man-made dnieper steppe ecosystems]. Gruntoznavstvo 16 (3–4), 60–67 (in Ukrainian).
- Zverkova, V. M., Zubkova, O. S., 2015. Zminy fizychnykh i khimichnykh vlastyvostej shakhtnykh porid ta shtuchnykh gruntiv pid vplyvom dovgotryvaloyi rekultyvatsiyi [Dynamics of mine rocks and artificial soils physical and chemical characteristics under the impact of long-term reclamation]. Gruntoznavstvo 16 (3–4), 58–75 (in Ukrainian).
- Zverkova, V. M., Zubkova, O. S., 2016. Zminy ahrokhimichnykh vlastyvostej shakhtnykh porid ta shtuchnykh gruntiv pid vplyvom dovgotryvaloyi rekultyvatsiyi [Dynamics of mine rocks and artificial soils agrochemical characteristics under the impact of long-term reclamation]. Gruntoznavstvo 17 (1–2), 83–89 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 18.03.2017

SOIL CARTOGRAPHY



V. R. Cherlinka ✉

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

UDK 631.4:551.4:004.942

*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
str. Lesia Ukrainka, 25, Chernivtsi, Ukraine, 58012*

INFLUENCE OF RESOLUTION OF DIGITAL ELEVATION MODELS ON THE QUALITY OF PREDICATIVE SIMULATION OF SOIL COVER

Abstract. The main objective was to investigate the effect of the digital model of relief (DEM) on the qualitative characteristics of simulative soil maps, which are obtained through simulation using a typical set of materials that can be potentially available for soil scientist in modern Ukrainian realities. Achievement of this goal has been accomplished by solving a number of the following tasks: a) digitization and attribution of cartographic materials; b) construction of a DEM with a resolution of 2.5; 5; 10; 15; 20, 25, 30 and 50 m; c) analysis of digital elevation models and generation on this base a set of maps of morphometric and other derivatives characteristics in the GIS GRASS; d) the creation simulation models of soil cover (maps-versions or maps-models) using 14 basic types of predictive algorithms for areas with available soil information and for those where it is absent. As an object was selected a fragment of the territory of Ukraine (4200×4200 m) within the limits of Glybtsky district of the Chernivtsi region, confined to the Prut-Siret interfluvium (North Bukovyna) with contrast geomorphological conditions. This area has different administrative subordination and economic use but is covered with soil cartographic materials only by 49.43%. For data processing were used instrumental possibilities of free software: geo-rectifications of maps material – GIS Quantum, digitalization – Easy Trace, preparation of maps morphometric parameters – GRASS GIS and building simulative soil maps – R, a language and environment for statistical computing. The series of digital elevation models was constructed using by regularized splines with tension in GIS GRASS. It served as the basis for the selection of a number of morphometric characteristics of the relief: slope and aspect, curvature of the surface (profile, plan, longitudinal, minimal and maximal), calculations of data on the amount of solar radiation and forms of relief. Additional maps of hydrological indicators were also generated: the topographic wetness index, flow accumulation and direction, length of water flows and distance to them. To create simulation models of soil cover, a R-statistic script was written that includes a number of adaptations for solving set tasks and implements the different types of predicative algorithms such as: Multinomial Logistic Regression, Decision Trees, Neural Networks, Random Forests, Naive Bayes, K-Nearest Neighbors, Flexible Discriminant Analysis, Nonlinear Discriminant Analysis, Support Vector Machines, Linear Discriminant Analysis, Partial Least Squares Discriminant Analysis, Penalized Logistic Regression, Nearest Shrunken Centroids and Bagged Trees. To assess the quality of the obtained models, the Cohen's Kappa Index (κ) was used which best represents the degree of compliance between the original and the simulated data. The final result of the conducted model experiment was a set of simulative soil map maps for the whole territory of the research, which was built on the basis of the educational selection formed on the median lines of the soil types. It has been established that there is a general trend where the values of κ for training data are higher than κ of simulation models based on them (except for the

✉ Tel.: +38050-158-25-85, e-mail: v.cherlinka@chnu.edu.ua

DOI: 10.15421/041709

Bugget Trees model). It is shown that the Decision Trees model is the leader in the quality of the resulting map-version, the Random Forests algorithm is second in top, and Bagged Trees – it is slightly inferior to them on all the steps grid resolution DEM. Of the promising models that are worthy of attention in the simulation of the soil cover, it should be noted Neural Networks, K-Neighbors and Support Vector Machines. In particular, the Neural Network, showing not very high results on domestic cartographic material, is a leader in the analysis of foreign cartographic sources, which can indirectly indicate the difference in the approaches and methodology of mapping. Also was investigated an important parameter such as the time of computation and it was found that with a decrease in the resolution of up to 2,5 m, it dramatically increases. For the approximate calculation of time costs, the equation of the power function is proposed, which allows them to obtain at different values of the grid cell. The visual analysis of the best of possible simulations of the soil cover for each of the grid sizes in comparison with the original map showed that at large sampling steps of the model there is a loss of the soil details of the soil situation, although κ is at the same time is rather high. Therefore, in choosing the optimal resolution of the DEM in separate investigations, the class of the topographic complexity of the region should be taken into account, while adhering to the recommendation to choose the highest resolution when increasing the saturation of the relief with small details. Simulation variants of the obtained maps-versions have a generally higher spatial resolution of mapping, which is manifested in the deeper development of the contours of the soil situation and the higher detail of the small areas of soils than the manually constructed archival map. This is true for maps-versions with a resolution of up to 30 m, since higher grid cell size values already show a significant generalization of both the original map and its predicative variants. Taking into account the fact that from as 60.5 million hectares of land of Ukraine are currently covered by large-scale soil surveys of about 45 million ha only, that is, about a quarter territory of the country still presents a various white spots, process of creating simulations maps based on a broad analysis of existing predicative algorithms has some scientific novelty. A significant beneficial effect of this kind of modeling is the ability to fill gaps on existing cartographic materials with data from predicative map-versions and, thus, obtaining composite soil maps. This certainly does not exclude the need for a large-scale soil survey of such areas, but in the absence possibility of its carrying out, it allows to obtain certain data on a scientific basis with a high level of statistical reliability. It also allows it to be used in applied problems of soil science, agronomy and land management, that is, in areas where the need for such data is most acute.

Key words: *simulation, morphometric parameters, DEM, soil map, predictive algorithms.*

УДК 631.4:551.4:004.942

В. Р. Черлинка

канд. биол. наук, доц.

*Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича,
ул. Леси Украинки, 25, г. Черновцы, Украина, 58012,
тел.: +38050-158-25-85, e-mail: v.cherlinka@chnu.edu.ua*

ВЛИЯНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА НА КАЧЕСТВО ПРЕДИКАТИВНОЙ СИМУЛЯЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Аннотация. Основной целью математического эксперимента было исследование влияния разрешения ЦМР на качественные характеристики симулятивных почвенных карт, получаемых путем моделирования при использовании стандартного набора материалов, которые могут быть потенциально доступными рядовому почвоведу или ученому в современных украинских реалиях. При этом показано, что морфометрические параметры рельефа и его производные являются надежным базисом предикативного моделирования пространственного распространения почвенных таксономических единиц с достаточно высокой надежностью, а представленная методика имеет значительную перспективу в научно-производственных задачах. На основе корреляционного анализа была осуществлена оценка тесноты связи и роли упомянутых параметров в изменчивости почвенного покрова, что с привлечением анализа главных компонент позволило выбрать 9 базовых предикторов модели: абсолютные высоты, топографический индекс влажности, количество солнечной радиации на единицу площади, крутизну склонов, продольную и максимальную кривизну топографической поверхности, аккумуляцию, длину и расстояние до водных потоков. Сделана расширенная оценка качества симулятивных почвенных карт при различных значениях шага дискретизации

ЦМР. Установлены различия в качестве прогнозных почвенных карт при использовании 14 основных типов предикативных алгоритмов и рекомендованы наиболее пригодные для такого рода задач модели, в частности Decision Trees, Random Forests, при этом выделен ряд моделей, которые потенциально могут показывать высокие результаты, в частности Bugget Trees, K-Nearest Neighbors, Support Vector Machines и Neural Networks.

Ключевые слова: симуляция, морфометрические параметры, ЦМР, почвенная карта, предикационные алгоритмы.

УДК 631.4:551.4:004.942

В. Р. Черлінка

канд. біол. наук, доц.

*Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
вул. Лесі Українки, 25, м. Чернівці, Україна, 58012,
тел.: +380501582585, e-mail: v.cherlinka@chnu.edu.ua*

ВПЛИВ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ НА ЯКІСТЬ ПРЕДИКАТИВНОЇ СИМУЛЯЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

Анотація. Основною метою математичного експерименту було дослідження впливу роздільної здатності ЦМР на якісні характеристики симулятивних ґрунтових карт, які отримуються шляхом моделювання при використанні типового набору матеріалів, які можуть бути потенційно доступними пересічному ґрунтознавцю чи науковцю в сучасних українських реаліях. При цьому показано, що морфометричні параметри рельєфу та його деривати є надійним базисом предикативного моделювання просторового поширення ґрунтових відмін з достатньо високою точністю, а представлена методика має значну перспективу в науково-виробничих задачах. На основі кореляційного аналізу була здійснена оцінка тісноти зв'язку та ролі згаданих параметрів у мінливості ґрунтового покриття, що з залученням аналізу головних компонент дозволило обрати 9 базових предикторів моделі: абсолютні висоти, топографічний індекс вологості, кількість сонячної радіації на одиницю площі, крутизну схилів, поздовжню та максимальну кривизну топографічної поверхні, акумуляцію, довжину та відстань до водних потоків. Зроблено розширену оцінку якості симулятивних ґрунтових карт при різних значеннях роздільної здатності ЦМР. Встановлено відмінності у якості прогнозних ґрунтових карт при використанні 14 основних типів предикативних алгоритмів та рекомендовано найбільш придатні для такого роду задач моделі, зокрема Decision Trees, Random Forests, та виокремлено деякі з них, які потенційно можуть показувати високі результати, зокрема Bugget Trees, K-Nearest Neighbors, Support Vector Machines та Neural Networks.

Ключові слова: симуляція, морфометричні параметри, ЦМР, ґрунтова карта, предикаційні алгоритми.

ВСТУП

Ретельний аналіз ситуації з ґрунтовими картографічними матеріалами в Україні показує, що наразі існує ряд важливих і складно розв'язуваних проблем, що стосуються питань їх наявності, доступності, актуальності та точності. Зокрема, для значних за площею територій досі не створено великомасштабних карт ґрунтів, особливо у гірській частині Карпат та Криму, для покритих лісовою рослинністю рівнинних територій, ареалів більшості населених пунктів тощо. У локаціях, де карти є в наявності, доводиться констатувати факт їх значної застарілості (Polchyna et al., 2004; Achasov et al., 2015; Cherlinka, 2017). Окрім цього, під час сучасних локальних досліджень ґрунтового покриття часто викриваються грубі помилки у контурах ґрунтової ситуації, наявність яких спричинена як недоліками застосовуваних на час обстежень методик картографування, так і помилками технічного характеру, низькою кваліфікацією виконавців, високими вимогами щодо термінів виконання робіт тощо. З відомих і доступних широкому загалу фахівців матеріалів відмітимо карту ґрунтів України М 1:2 500 000 та інші її варіанти в дрібно- та середньомасштабному представленні, карти ґрунтів областей М 1:200 000 та електронний варіант

Публічної кадастрової карти України. З існуючих карт більш крупного масштабу згадаємо картограми ґрунтів та їх агровиробничих груп М 1:10 000/25 000, створені для господарств за часів СРСР. Проте останні є недоступними для пересічних користувачів, а юридичні питання доступу до них та їх використання вимагають окремого дослідження. В основному весь цей масив інформації базується на матеріалах великомасштабного обстеження ґрунтів 1957–1961 рр. та їх часткового коректування, яке проводилося до початку 1990 рр. 20 століття. Отже, з 60,5 млн га земель України наразі охоплено великомасштабними обстеженнями близько 45 млн, тобто близько четвертини території країни досі являє собою різновеликі білі плями. Очевидний шлях подолання такої кризи – новітнє великомасштабне обстеження ґрунтів на основі інноваційних науково-методичних підходів з використанням наземних обстежень, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) має певні недоліки, зокрема: високі часові та трудові витрати, відповідні економічні затрати (які не на часі для бюджету держави) та відсутність у достатній кількості кадрового забезпечення. Тому, враховуючи сучасний політико-економічний стан України, логічним виглядає шлях моделювання, а саме аналіз наявних великомасштабних ґрунтових карт та відповідних їм цифрових моделей рельєфу і симуляція на цій основі предикативних моделей ґрунтового покриття для локацій з відсутніми даними, що є на даний момент актуальним і важливим у світлі оптимізації нормативної грошової оцінки земель та інших науково-практичних задач.

В останні кілька десятиліть спостерігаються якісні та кількісні зміни в підходах до математичного моделювання в ґрунтознавстві, які візуалізуються в таких основних напрямках: моделювання ґрунтового профілю та базових його характеристик, або цифрова ґрунтова морфометрія (Hartemink and Minasny, 2014), створення карт ґрунтових параметрів (Pennock et al., 1987; Pachepsky et al., 2001; Park et al., 2001; Florinsky et al., 2002; Park and Van De Giesen, 2004; Florinsky et al., 2009; Malone et al., 2016), моделювання таксономічних ґрунтових одиниць (Merot et al., 1995; Zhu et al., 2001; McBratney et al., 2003; Walter et al., 2006; MacMillan, 2008; Mourier et al., 2008; Penizek and Boruvka, 2008; Barringer et al., 2008; Smith et al., 2010; Malone et al., 2016). Це вимагає застосування великого розмаїття математичних методів: багатофакторного регресійного аналізу, гібридних геостатистичних методів, регресійного крігінгу, методів нечіткої логіки, логістичної регресії, нейронних мереж тощо (Florinsky, 2012). Загальна ідея, яка лежить в основі застосування таких методів, полягає у використанні опорних точок місцевості та приурочених до них класифікаційних ґрунтових одиниць (Lagacherie et al., 2001). Аналіз цифрової моделі рельєфу (ЦМР) дозволяє виділити цілий ряд геоморфологічних параметрів, які пов'язані з даним ґрунтовим таксоном, і застосувати їх в якості предикторів. Оскільки самі ґрунтові таксони мають не числовий, а описовий характер, тобто відносяться до категоріального типу даних, а отримані з ЦМР показники, навпаки, – числові, то використання просунутого та витонченого математичного апарату є доволі логічним і широко використовуваним кроком (Giasson et al., 2008; Kempen et al., 2009; Debella-Gilo and Etzelmüller, 2009; Hengl, 2009; Malone et al., 2016; Cherlinka, 2017).

Якщо цифрова модель рельєфу є основою, з якої видобувається переважна більшість предикторів, то важливого значення набуває знання про базові її характеристики, зокрема таку з найголовніших і практично недосліджених в даному контексті, як роздільна здатність ρ , або крок дискретизації моделі, питання вибору якого досі залишається дискусійним та обговорюваним в геоінформатиці та геоматиці (Hengl, 2006; Dmytruk and Cherlinka, 2012). Відповідно до цього метою нашої роботи стало дослідження впливу роздільної здатності на якісні характеристики симулятивних ґрунтових карт шляхом проведення математичного експерименту при використанні типового набору матеріалів, які можуть бути потенційно доступними пересічному ґрунтознавцю чи науковцю в сучасних

українських реаліях. До них ми відносимо насамперед власне великомасштабні ґрунтові та топографічні карти (М 1:10 000) й вільне програмне забезпечення – геоінформаційні системи GRASS (GRASS Development Team, 2017) і Quantum (QGIS Development Team, 2015), векторизатор Easy Trace (EasyTrace group, 2015) та мову статистичних розрахунків R-statistic (R Development Core Team, 2017).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відповідно до поставленої мети нами були визначені такі завдання: а) оцифрування та атрибутування картографічних матеріалів; б) побудова серії ЦМР з роздільною здатністю ρ , рівною 2,5; 5; 10; 15; 20; 25; 30 та 50 м; в) аналіз цифрових моделей рельєфу і генерація з них у ГІС GRASS набору карт морфометричних та інших похідних характеристик; г) створення в R-statistic симулятивних моделей ґрунтового покриття (карт-версій або карт-моделей) з використанням 14 основних типів предикативних алгоритмів як для ареалів з наявною ґрунтовою інформацією, так і для тих, де вона не представлена; д) аналіз отриманих результатів і висновки щодо величини оптимальної роздільної здатності для прогнозного моделювання ґрунтового покриття та його тривалості.

В якості об'єкта було обрано фрагмент території України (рис. 1, а) в межах Чернівецької області (рис. 1, б), приурочений до Прут-Сіретського межиріччя (Північна Буковина) з контрастними геоморфологічними умовами і адміністративно належний Глибоцькому району (рис. 1, в). Даний ареал (4200×4200 м) має різне підпорядкування та господарське використання, а при його виборі були вирішені типові проблеми, що часто виникають при роботах такого характеру (Cherlinka and Dmytruk, 2014; Cherlinka, 2015; Cherlinka, 2017). Система координат проекту була приведена до СК 1963 (зона X2), сканований лист топографічної карти М 1:10 000 – М-35-136-Г-б-2 (рис. 1, г) геореєтрифікувався з використанням створеної векторної математичної основи, а геоприв'язка ґрунтових карт здійснювалася до характерних точок місцевості та адміністративних меж існуючих на даний момент сільських рад (Михайлівської (н.п. Червона Діброва та Михайлівка) – А, Волоцької – Б, Валя-Кузьминської – В та Тарашанської – Г Глибоцького району Чернівецької області. Інформативні ґрунтові матеріали базувалися на серії архівних ґрунтових карт колгоспу «Україна» с. Тарашани (територія Тарашанської сільської ради (зйомка 1993 р.), колгоспу ім. Т. Г. Шевченка с. Михайлівка і с. Червона Діброва (територія Михайлівської сільської ради (обстеження 1992 р.) та колгоспу ім. Фрунзе с. Волока, с. Грушівка і с. Валя Кузьмина (територія сучасних Волоцької та Валя-Кузьминської сільських рад (обстеження 1991 р.). Після зведення номенклатурного списку ґрунтів до єдиної системи та узгодження контурів і типів ґрунтів на межах господарств інформація була дигіталізована та отримано попередні дані щодо відсотка покриття території ґрунтовими обстеженнями: з 1764 га загальної площі для 872 га, або 49,43 %, дані повністю відсутні (рис. 2, табл. 1). «Білі» плями приурочені до території населених пунктів та лісових масивів, які входять до меж згаданих сільських рад.

Для опрацювання даних були використані інструментальні можливості вільного програмного забезпечення: геореєтрифікація картографічного матеріалу – ГІС Quantum (QGIS Development Team, 2015), оцифрування – Easy Trace (EasyTrace group, 2015), підготовка карт морфометричних параметрів – ГІС GRASS (GRASS Development Team, 2017) та симуляція карт ґрунтового покриття – мова статистичних розрахунків R- statistic (R Development Core Team, 2017). Серія цифрових моделей рельєфу з роздільною здатністю $\rho = \{2,5; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 50\}$ м будувалася за допомогою регуляризованих напружених сплайнів (Mitášová and Mitáš, 1993) в ГІС GRASS. Вона послужила основою для виділення ряду морфометричних характеристик рельєфу: крутизни та експозиції схилів (модуль `r.slope.aspect` (Hofierka et al., 2009)), кривизни поверхні (профільної, планової, поздовжньої, мінімальної та максимальної) – модулем `r.param.scale` на основі (Wood, 1996), даних по сонячній

Таблиця 1

Площі ґрунтових відмін території симуляції за різних значень роздільної здатності моделі рельєфу, га/%

Шифр	Номенклатурний перелік ґрунтів	Архів- на карта	$\rho=2,5$ м $\rho=5$ м $\rho=10$ м $\rho=15$ м $\rho=20$ м $\rho=25$ м $\rho=30$ м $\rho=50$ м								
			3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	Обстеження не проводилось		872,02/ 49,43	872,05/ 49,44	872,00/ 49,43	871,99/ 49,43	870,57/ 49,00	872,32/ 49,45	871,63/ 49,41	874,71/ 48,89	874,75/ 49,59
1	Сірі лісові поверхнево-глеюваті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках		30,18/ 1,71	30,18/ 1,71	30,16/ 1,71	30,32/ 1,72	30,26/ 1,70	30,40/ 1,72	30,00/ 1,70	30,24/ 1,69	29,00/ 1,64
2	Сірі лісові поверхнево-глеюваті слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках		105,45/ 5,98	105,45/ 5,98	105,45/ 5,98	105,37/ 5,97	105,57/ 5,94	105,28/ 5,97	104,88/ 5,95	105,75/ 5,91	105,75/ 5,99
3	Сірі лісові поверхнево-глеюваті середньозмиті крупнопилувато-середньосуглинкові на лесовидних суглинках		34,09/ 1,93	34,10/ 1,93	34,06/ 1,93	34,17/ 1,94	33,93/ 1,91	34,28/ 1,94	34,81/ 1,97	33,84/ 1,89	33,50/ 1,90
4	Темно-сірі лісові поверхнево-глеюваті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках		49,40/ 2,80	49,39/ 2,80	49,46/ 2,80	49,42/ 2,80	49,95/ 2,81	49,36/ 2,80	49,19/ 2,79	48,15/ 2,69	49,25/ 2,79
5	Темно-сірі лісові поверхнево-глеюваті слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках		81,54/ 4,62	81,54/ 4,62	81,57/ 4,62	81,32/ 4,61	81,81/ 4,60	81,32/ 4,61	82,06/ 4,65	80,82/ 4,52	82,75/ 4,69
6	Дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках		122,84/ 6,96	122,84/ 6,96	122,81/ 6,96	122,82/ 6,96	123,08/ 6,93	122,64/ 6,95	122,88/ 6,97	121,86/ 6,81	121,75/ 6,90
7	Дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках		145,17/ 8,23	145,17/ 8,23	145,18/ 8,23	145,13/ 8,23	145,22/ 8,17	145,28/ 8,24	145,00/ 8,22	145,53/ 8,13	145,75/ 8,26
8	Дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті середньозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові на лесовидних суглинках		21,28/ 1,21	21,28/ 1,21	21,30/ 1,21	21,23/ 1,20	21,31/ 1,20	21,16/ 1,20	21,25/ 1,20	21,24/ 1,19	21,25/ 1,20
9	Дерново-підзолисті поверхнево-глеюваті сильнозмиті на давніх зсувах крупнопилувато-важкосуглинкові на підстелених глинами лесовидних суглинках		178,74/ 10,13	178,74/ 10,13	178,70/ 10,13	178,58/ 10,12	178,99/ 10,07	178,04/ 10,09	179,19/ 10,16	177,93/ 9,94	176,00/ 9,98

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	Дерново-підзолисті поверхнево-глеюваті середньозмітні на давніх зсувах крупнопилувато-середньосуглинкові на підстелених глинами лесовидних суглинках	17,99/ 1,02	17,99/ 1,02	17,98/ 1,02	18,20/ 1,03	17,89/ 1,01	18,24/ 1,03	18,44/ 1,05	18,27/ 1,02	18,25/ 1,03
11	Лучно-болотні крупнопилувато-середньосуглинкові на давніх алювіально-делювіальних відкладах	70,91/ 4,02	70,89/ 4,02	70,91/ 4,02	71,05/ 4,03	70,99/ 4,00	71,40/ 4,05	70,75/ 4,01	70,65/ 3,95	71,00/ 4,02
12	Лучні піщанисто-середньосуглинкові на сучасних делювіальних відкладах	5,26/ 0,30	5,26/ 0,30	5,24/ 0,30	5,26/ 0,30	5,27/ 0,30	5,12/ 0,29	5,06/ 0,29	5,13/ 0,29	5,50/ 0,31
13	Виходи лесовидних суглинків крупнопилувато-важкосуглинкові	29,14/ 1,65	29,13/ 1,65	29,19/ 1,65	29,14/ 1,65	29,18/ 1,64	29,16/ 1,65	28,88/ 1,64	29,88/ 1,67	29,50/ 1,67
* Дані відсутні (доаткова площа, яка виникає при деяких розділних здатностях для забезпечення кратності кроку моделі)						12,62/ 0,71			25,29/ 1,41	
Сума площ обстежених та необстежених територій		1764,0/ 100,00	1764,0/ 100,00	1764,0/ 99,99	1764,0/ 99,99	1764,0/ 99,28	1764,0/ 99,99	1764,0/ 100,01	1764,0/ 98,59	1764,0/ 99,97
Всього		1764,0/ 100,00	1764,0/ 100,00	1764,0/ 99,99	1764,0/ 99,99	1776,62/ 99,99	1764,0/ 99,99	1764,0/ 100,01	1789,29/ 100,00	1764,0/ 99,97

радіації – модулем r.sun (Hofierka and Šúri, 2002), форм рельєфу в r.geomorphon (Jasiewicz and Metz, 2011).

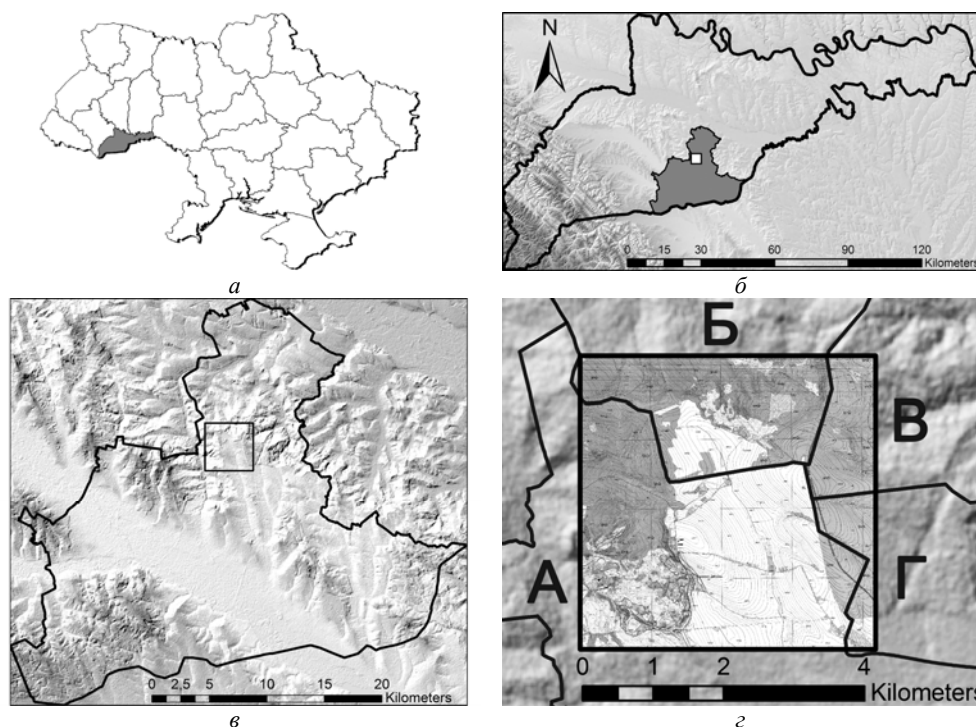


Рис. 1. Географічне розташування регіону досліджень у межах України (а), Чернівецької області (б), Глибоцького району (в) та схема тестового полігону (г). Для фону використано дані SRTM – NASA's Shuttle Radar Topography Mission

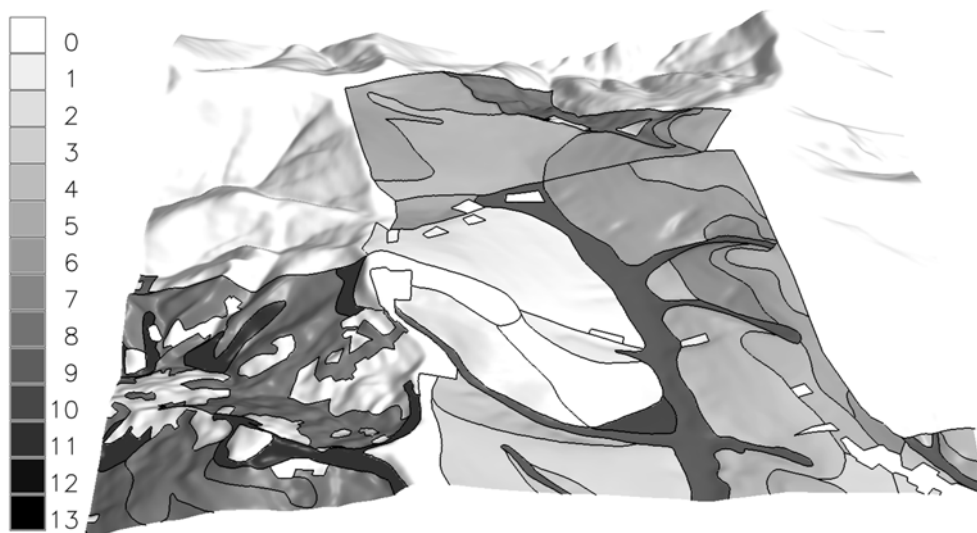


Рис. 2. Драпована оригінальною ґрунтовою картою цифрова модель рельєфу ($\rho = 2,5$ м) території досліджень (номери ґрунтів відповідають їх порядковим номерам у номенклатурному переліку в табл. 1)

Для створення симулятивних моделей ґрунтового покриття нами був написаний скрипт на мові R-statistic (R Development Core Team, 2017), який включає в себе ряд

адаптацій для вирішення поставлених завдань та реалізує 14 основних типів предикативних алгоритмів, зокрема: 1. Multinomial Logistic Regression – MLR (Giasson et al., 2008; Kempen et al., 2009; Debella-Gilo and Etzelmüller, 2009; Hengl, 2009; Malone et al., 2016; Cherlinka, 2017). 2. Neural Networks – NN (Venables and Ripley, 2002; Ripley and Venables, 2016). 3. Decision Trees – DT (Venables and Ripley, 2002). 4. Random Forests – RF (Breiman, 2001; Cutler et al., 2012). 5. Naive Bayes – NBS (Lowd and Domingos, 2005). K-Nearest Neighbors – KNN (Liu, 2011). 7. Flexible Discriminant Analysis – FDA (Liu, 2011). 8. Nonlinear Discriminant Analysis – NDA (Hastie et al., 2009). 9. Support Vector Machines – SVM (Venables and Ripley, 2002; Hastie et al., 2009). 10. Linear Discriminant Analysis – LDA (Hastie et al., 2009). 11. Partial Least Squares Discriminant Analysis – PLS (Kuhn and Johnson, 2013). 12. Penalized Logistic Regression – PLR (Kuhn and Johnson, 2013). 13. Nearest Shrunken Centroids – NSC (Hastie et al., 2009). 14. Bagged Trees – BGT (Hastie et al., 2009; Kuhn and Johnson, 2013).

Моделювання передбачало створення навчальної вибірки за запропонованою (Dobos and Hengl, 2009) та апробованою (Cherlinka, 2017) методикою і перенесення отриманих параметрів на повний набір даних. Для оцінки якості отриманих моделей використали індекс каппа Когеа κ (Landis and Koch, 1977; Li and Zhang, 2007; Kuhn, 2008; Grinand et al., 2008; Hengl, 2009; Malone et al., 2016), який в даному випадку показує ступінь відповідності між оригінальними та симулятивними даними.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Набір предикторів, ЦМР та ґрунтових таксонів був підданий кореляційному аналізу. При цьому, оскільки кореляційна матриця є гетерогенною, дослідили кореляцію Пірсона між числовими даними – висоти, експозиції, похили, кривизни тощо; полісеріальну між числовими та категоріальними змінними – ґрунтовими відмінами і геоморфологічними класами рельєфу (Fox, 2016) та V-коефіцієнт Крамера між категоріальними параметрами (Bilder and Loughin, 2014).

Значення даних коефіцієнтів між ґрунтовими таксонами та формами рельєфу варіює залежно від кроку дискретизації моделей рельєфу. Слід відмітити, що, незважаючи на досить низькі значення багатьох коефіцієнтів кореляції, вони в більшості своїй є статистично значущими при $p=0,05$, $0,01$ і навіть $0,001$. Деякі параметри (наприклад, мінімальна кривизна та абсолютні висоти, планова та профільна кривизна) показали тотожний характер варіювання та зв'язків з іншими ознаками, що вже на цьому етапі дозволило деякі з них (мінімальну та профільну кривизни) виключити з переліку предикторів моделі. Виходячи з того, що коефіцієнт кореляції Пірсона є мірою лінійної залежності і не виключає існування іншого її виду, а також наявний розкид варіювання та тісноти зв'язків, очевидно, що вибір предикторів лише на основі кореляційного аналізу є не зовсім коректним. Тому нами були залучені можливості методу головних компонент (Venables and Ripley, 2002), де шляхом виключення було встановлено набір з 9 відносно незалежних параметрів (абсолютні висоти, топографічний індекс вологості, кількість сонячної радіації на одиницю площі, крутизну схилів, поздовжню та максимальну кривизну топографічної поверхні, акумуляцію, довжину та відстань до водних потоків), які в подальшому використовувалися в якості базових предикторів при симуляціях.

Також зауважимо, що розмір ґрунтових ареалів на векторизованій та растрових картах дещо різняться залежно від величини роздільної здатності (табл. 1). Всупереч загальній сходимості результатів по площі (1764 га), аналіз кумулятивних відмінностей в площах по модулю показує наростання відмінностей залежно від кроку дискретизації моделі і в розглянутому їх інтервалі становить 0,10; 0,32; 1,19; 3,42; 3,17; 4,36; 8,87 та 11,54 га відповідно. При цьому спостерігається також аналогічне значне спотворення в контурах ґрунтової ситуації (рис. 3), що в крайніх випадках може призводити до «випадань» дрібних ареалів. За рахунок такого

рандомного нівелювання площ пряма та зворотна дискретизація/векторизація ґрунтових карт призводить до якісно відмінних результатів при роздільних здатностях вище 30 м, і тому орієнтування лише на табличні дані площ при оцінці точності отриманих моделей не буде коректним.

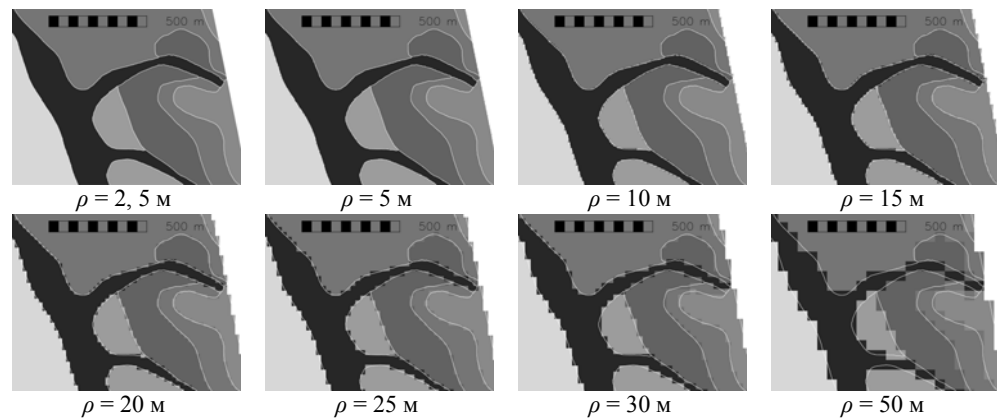


Рис. 3. Зміни в якості відображення контурів ґрунтів при різних кроках дискретизації моделі рельєфу

Кінцевим результатом проведеного модельного експерименту став набір симулятивних ґрунтових карт-версій для всієї території дослідження. Як було зауважено, карти-версії будувалися на основі навчальної вибірки, яка формувалася по медіанних осях ґрунтових таксонів. При цьому кількість навчальних пікселів значно різнилася для різних кроків дискретизації моделей і варіювала від 25919 для кроку 2,5 м (рис. 4, а), 2000 при $\rho = 25$ м (рис. 4, б) та 690 для частоти дискретизації 50 м (рис. 4, в).

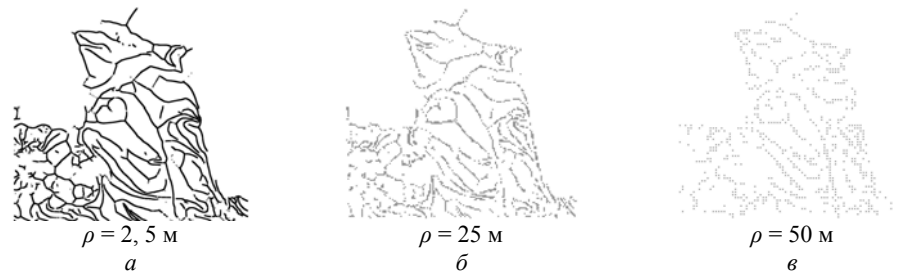


Рис. 4. Медіанні осі ґрунтових таксонів навчальної вибірки

Після отримання всього спектру розв'язків в R-statistic для навчальних вибірок провели перерахунок моделей на весь масив даних. Для оцінки якісних їх характеристик дані представили у вигляді матриці помилок з використанням крос-табуляції для показу співвідношення значень таксономічних класів, отриманих з архівної та предиктивних карт. При інтерпретації результатів було припущено, що прогнозна карта потенційно неточна, а архівна – навпаки, добре відображає реальну ґрунтову ситуацію. Для побудови матриць були використані всі комірки отриманих растрових карт, які містили інформацію про ґрунтові відміни. Головна діагональ цих матриць показує випадки, де розрахункові класи та дані архівної карти збігаються (правильна класифікація). Сума значень діагональних елементів показує загальну кількість правильно класифікованих пікселів растру, а відношення цієї кількості до загальної кількості елементів матриці вказує на загальну точність класифікації. Позадіагональні елементи даних матриць показують випадки

розбіжностей між розрахунковими і архівними таксонами, або так звані помилки класифікації. Загальним при прямому порівнянні площ між даними архівної та прогнозних карт в межах наявних даних є ситуація, коли деякі ґрунти з номенклатурного переліку або взагалі не попадають до прогнозу, або різко зменшують свою присутність. Лише кілька категорій нарощують свої площі, а у решті варіації відносно архівної карти коливаються від незначних до суттєвих. Ці коливання сильно залежать від класу використаної моделі і, на жаль, не дають чіткої картини точності симулятивних карт, оскільки не враховують просторову точність співпадіння таксонів ґрунтів. Навіть використання показника «чутливості», або Sensitivity (Kuhn, 2008), який показує, наскільки добре результат класифікації для класу збігається з перевіряльними даними, не є найбільш надійним параметром, оскільки він не враховує ймовірностей випадкової класифікації комірок растру (Grinand et al., 2008). Саме тому для оцінки точності предиктових карт ґрунтів нами також використано більш коректний індекс, а саме *kanpa* Когена κ (Landis and Koch, 1977; Li and Zhang, 2007; Kuhn, 2008; Malone et al., 2016), яка за рахунок врахування ймовірностей хибної класифікації завжди мала значення трохи нижче, ніж загальна точність. Водночас це дозволяє з більшою коректністю оцінювати точність предикції в ареалах, де дані по ґрунтах були відсутні.

Отримані результати для наших даних по величині індексу κ (табл. 2) показують цікаві результати. По-перше, існує загальний тренд, коли значення κ для навчальних вибірок є вищими за κ побудованих на їх основі симулятивних моделей (окрім одного винятку в моделі Bugget Trees). По-друге, існують моделі, які явним чином за своїми неординарними результатами виділяються на загальному фоні, зокрема модель DT і RF, а також дуже нестандартний алгоритм BT, який при одних з найнижчих показників по навчальній вибірці стабільно має 3-тє місце (а при роздільній здатності 2,5 та 5 м і друге) по якості результатних моделей. Модель DT в даному дослідженні залишається поза конкуренцією, маючи найвищу прогностичну здатність (лише для $\rho = 10$ м має 2-ге місце). Модель RF є другою за якістю отримуваних результатів, зокрема займає 1-ше місце при $\rho = 10$ м і 2-ге за всіма іншими кроками дискретизації. Єдиним негативним моментом є те, що при $\rho = 2, 5$ м розв'язки не були отримані, що може бути зумовлено надзвичайною строкатістю вихідних умов при такій точності ЦМР та високій чутливості самої моделі. З перспективних моделей, які заслуговують на увагу при симуляціях ґрунтового покриття, відмітимо також моделі KNN, SVM та NN. Зокрема, Neural Network, показавши не найбільш високі результати на вітчизняному картографічному матеріалі, є лідером при аналізі закордонних ґрунтових карт, що опосередковано може свідчити про різницю в самих підходах та методології картографування.

Характеристика модельного експерименту буде неповною без інформації про такий важливий параметр, як час компутації. При циклічному переборі варіантів моделі виявилось, що при зменшенні роздільної здатності до 2,5 м він драматично зростає (рис. 5). Для орієнтовного розрахунку часових витрат можна скористатися рівнянням регресії у вигляді степеневі функції (наведене на рис. 5), де x – бажане значення ρ , а y – орієнтовний час обчислень. Слід зауважити, що попри високу точність даного рівняння в даному дослідженні ($R^2=0,9887$) співставими часові результати можуть бути отримані лише в умовах, подібних до експериментальних: операційна система Debian GNU/Linux 9 (stretch з ядром 4.9.0-3-amd64 x86_64) та процесор Intel Core I7-5700HQ CPU@3.50GHz з 16 Gb RAM. Спостереження за ходом дослідження та його подальший аналіз показали, що оптимізація компутаційного часу можлива шляхом виключення малоефективних предикативних алгоритмів, або вибором достатньої для користувацьких потреб роздільної здатності моделі.

Також викликає зацікавленість оцінка рівня співставимості отриманих нами результатів по якості симуляції з подібними дослідженнями. Так, у роботі (Hengl, 2009) 51–67 % вважається непоганим показником. У праці (Grinand et al., 2008) $\kappa = 67$ –87 % для навчальної вибірки і становить близько 30 % – для основного набору даних. Для дрібномасштабних ґрунтових карт Giasson et al. (2008) отримали значення

Таблиця 2

Розподіл величини індексу κ залежно від кроку дискретизації ЦМР та типу симуляційної моделі

$\rho, \text{м}$	Тип симуляційної моделі															
	MLR		NN		DT		RF		NBS		KNN		FDA			
	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ
2,5	63,38	60,09	73,48	68,78	100,00	77,56	—	—	73,22	56,54	98,48	69,27	62,80	67,14	47,24	50,97
5	66,75	61,27	71,59	68,52	100,00	77,74	100,00	100,00	73,59	58,39	98,27	70,67	67,14	66,60	51,47	51,22
10	64,85	61,01	73,94	67,96	100,00	75,89	100,00	100,00	72,69	58,34	96,15	70,05	66,60	64,51	50,19	54,16
15	62,83	61,93	69,35	68,06	100,00	76,00	100,00	100,00	75,04	68,78	99,43	68,66	64,51	64,27	50,19	54,16
20	67,61	64,23	71,04	66,67	100,00	78,12	100,00	100,00	76,94	68,54	93,10	70,43	64,27	67,77	54,16	47,85
25	71,02	66,55	76,66	71,44	100,00	77,56	100,00	100,00	77,27	70,27	91,82	72,43	67,77	70,72	55,66	55,66
30	74,00	66,98	73,91	72,01	100,00	78,54	100,00	100,00	77,93	73,86	92,23	72,61	63,02	70,72	55,66	55,66
50	77,96	65,63	71,34	76,87	100,00	79,98	100,00	100,00	79,93	79,66	90,35	70,30	70,72	70,72	55,66	55,66

Тип симуляційної моделі

$\rho, \text{м}$	NDA		SVM		LDA		PLS		PLR		NCS		BGT			
	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ
	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ	$\kappa_{\text{н}}$	κ
2,5	58,21	42,44	88,16	68,25	51,47	36,76	25,09	24,89	0,16	1,16	37,05	34,38	14,67	74,98	72,84	72,84
5	63,40	46,32	88,04	67,97	52,76	37,12	25,75	25,20	0,32	1,79	38,73	28,59	14,78	74,00	73,28	73,28
10	67,06	49,23	86,54	66,83	50,88	35,15	26,15	25,46	0,25	2,01	36,59	27,63	15,62	74,00	74,97	74,97
15	67,96	47,30	84,10	66,63	46,21	32,16	22,69	25,93	0,21	1,15	35,75	28,89	17,11	73,28	75,91	75,91
20	67,14	49,19	83,93	68,28	44,62	33,77	24,00	27,75	0,84	3,15	32,64	28,45	13,54	74,97	76,91	76,91
25	73,06	55,18	84,40	70,28	51,71	39,06	25,96	28,95	0,36	1,87	38,71	31,50	14,48	75,91	78,80	78,80
30	78,00	60,87	81,48	68,87	56,59	45,60	30,57	31,18	1,03	3,67	37,76	30,61	10,55	76,91	78,80	78,80
50	88,68	69,51	83,64	68,87	55,76	44,94	48,01	39,45	0,96	3,30	44,70	38,58	5,73	78,80	78,80	78,80

* $\kappa_{\text{н}}$ – капта навчальної вибірки, κ – капта основного набору даних.

κ 37–54 %. У Malone et al. (2016) її величина варіює в межах 35–40 %. Тому для чіткої описової характеристики рівня співпадіння карт пропонуємо використовувати шкалу, розроблену Landis and Koch (1977), а саме: для $\kappa < 0,01$ – сходження відсутнє; 0,01–0,20 – незначне сходження; 0,21–0,40 – задовільне сходження; 0,41–0,60 – помірне сходження; 0,61–0,80 – істотне сходження; 0,81–0,99 – майже повне сходження. Відповідно до цього отримані нами дані свідчать про помірне в більшості та істотне сходження у кращих з представлених моделей, і це дозволяє оцінити якість симулятивних карт-версій як таку, що не поступається рівню аналогічних за літературними даними. Окрім того, вважаємо, що існує ще значний потенціал щодо підвищення загальної κ , зокрема шляхом більш ретельного добору предикторів моделі та розширення їх числа включенням даних дистанційного зондування Землі, карт антропогенних відкладів тощо.

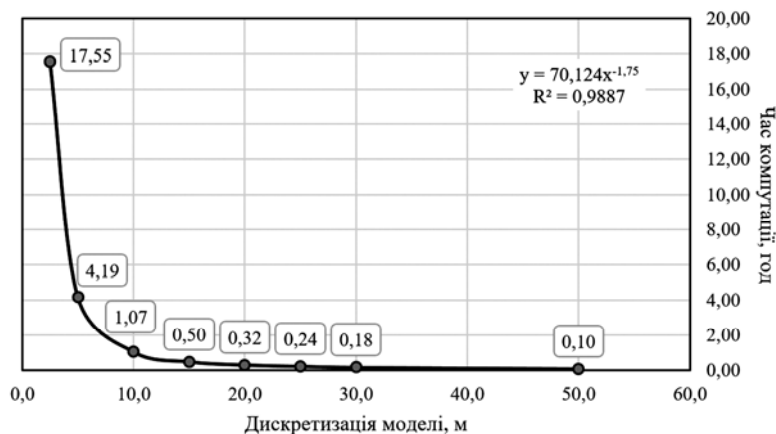


Рис. 5. Час компутації при різних кроках дискретизації ЦМР

Візуальний аналіз найліпших для кожної з роздільних здатностей симулятивних карт ґрунтового покриття в порівнянні з оригінальною картою (рис. 6) показує, що при великих кроках дискретизації моделі має місце втрата дрібних деталей ґрунтової ситуації, хоч κ при цьому досить висока. Тому при виборі оптимальної роздільної здатності ЦМР при окремих дослідженнях слід враховувати клас топографічної складності місцевості, дотримуючись рекомендації обирати вищу роздільну здатність при збільшенні насиченості рельєфу дрібними деталями. Варто зауважити, що точність симуляції залежить не тільки від типу моделі, набору предикторів, складності території в геоморфологічному відношенні, а найголовніше – від якості архівної карти, яка є основою для моделювання. Вона залежить як від методики картування, так і від складу виконавців, добротної польових та камеральних робіт. З останнім часто трапляються проблеми, хоча слід зауважити, що існують чудові картографічні матеріали ґрунтознавців «старої» школи. З негативних прикладів згадаємо вкрай неякісно побудовані картограми крутості схилів, яка лежить в основі виділення ґрунтових відмін різного ступеня змитості. Зрозуміло, що який би повний набір предикторів не використовувався, чи найбільш вишукані техніки створення навчальних вибірок/алгоритмів – прогнозна модель буде давати похибки відносно архівної карти. Врахуємо ще тотальну відсутність в наших умовах великомасштабних карт антропогенних відкладів – а це один з найголовніших предикторних параметрів. Незважаючи на згадані проблемні питання, вважаємо, що обраний нами спосіб моделювання непогано описує просторовий розподіл ґрунтів. Характеризуючи симуляційні варіанти отриманих нами карт-версій (рис. 6), відмітимо в загальному більш високу просторову роздільну здатність картографування, яка

виявляється в глибшому пропрацюванні контурів ґрунтової ситуації та вищій деталізації невеликих ареалів ґрунтів, ніж на вручну побудованій архівній карті. Це стосується, звичайно, карт-версій з роздільною здатністю до 30 м, оскільки при вищих значеннях ρ вже помітна значна генералізація як оригінальної карти, так і її предикативних варіантів (рис. 3, 6).

Значним корисним ефектом такого роду моделювання є можливість заповнення прогалин на існуючих картографічних матеріалах даними з предикативних карт-версій та отримання, таким чином, комбінованих ґрунтових карт. Звісно, це не виключає потреби у великомасштабному ґрунтовому обстеженні таких ареалів, але за відсутності можливості його проведення дозволяє отримати хоча б якісь дані на науковій основі з певним рівнем статистичної достовірності. Це також дозволяє її використовувати у прикладних задачах ґрунтознавства, агрономії, землевпорядкування та землеустрою, тобто сферах, де потреба в таких даних стоїть найбільш гостро.

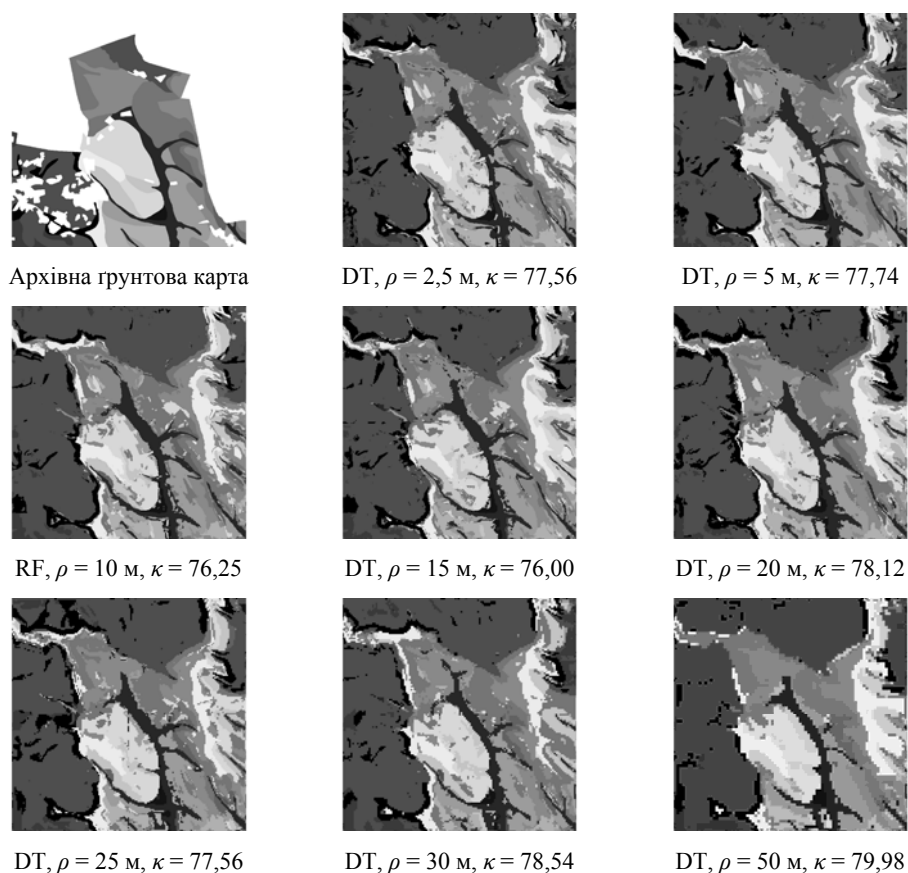


Рис. 6. Основні результати симуляції карт ґрунтового покриття (показано найточніші моделі для кожного значення роздільної здатності)

ВИСНОВКИ

Проведений математичний експеримент виявив, що існує значний вплив роздільної здатності ЦМР на якісні характеристики симулятивних ґрунтових карт, які отримуються шляхом моделювання при використанні типового набору матеріалів, які можуть бути потенційно доступними пересічному ґрунтознавцю чи науковцю в сучасних українських реаліях. При цьому показано, що морфометричні параметри

рельєфу та його деривати є надійним базисом предикативного моделювання просторового поширення ґрунтових відмін з достатньо високою точністю, а представлена методика має значну перспективу в науково-виробничих задачах. На основі кореляційного аналізу була здійснена оцінка тісноти зв'язку та ролі згаданих параметрів у мінливості ґрунтового покриття, що з залученням аналізу головних компонент дозволило обрати 9 базових предикторів моделі: абсолютні висоти, топографічний індекс вологості, кількість сонячної радіації на одиницю площі, крутизну схилів, поздовжню та максимальну кривизну топографічної поверхні, акумуляцію, довжину та відстань до водних потоків. Зроблено розширену оцінку якості симулятивних ґрунтових карт при різних значеннях роздільної здатності ЦМР. Встановлено відмінності у якості прогнозних ґрунтових карт при використанні 14 основних типів предикативних алгоритмів та встановлено найбільш придатні моделі для такого роду задач, зокрема Decision Trees, Random Forests, та виокремлено деякі з них, які потенційно за відповідного тюнінгу можуть показувати більш високі результати, зокрема Bugget Trees, K-Nearest Neighbors, Support Vector Machines та Neural Networks.

ПОДЯКИ

Дослідження виконане за фінансової підтримки Національної стипендіальної програми по обміну студентів, аспірантів, викладачів вузів і науковців Уряду Словацької Республіки, керованої SAIA – Словацькою академічною інформаційною агенцією. Грант №2016/2017: id17680.

Автор вдячний колегам з кафедри ґрунтознавства Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича та Інституту географії Університету ім. П. Й. Шафарика в Кошицях (Словаччина) за корисні поради та критичні зауваження в ході виконання роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Achasov, A. B., Titenko, H. V., Kurilov, V. I., 2015. Dani dystantsiinoho zonduvannia yak osnova kartohrafuvannia gruntiv: ekonomichnyi aspekt [Data of remote sensing as the basis of soil mapping: the economic aspect]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya: Ekologhiia (1104. – Vyp. 10), 60–66 (in Ukrainian).
- Arge, L., Chase, J. S., Halpin, P., Toma, L., Vitter, J. S., Urban, D., Wickremesinghe, R., 2003. Efficient flow computation on massive grid terrain datasets. GeoInformatica 7 (4), 283–313.
- Barringer, J. R. F., Hewitt, A. E., Schmidt, J., et al., 2008. National Mapping of Landform Elements in Support of S-Map, a New Zealand Soils Database. In: Zhou, Q., Lees, B., Tang, G.-a. (Eds.), Advances in Digital Terrain Analysis. Springer, Berlin Heidelberg, 443–458.
- Bilder, C. R., Loughin, T. M., 2014. Analysis of Categorical Data with R. Taylor & Francis, Boca Raton.
- Breiman, L., 2001. Random forests. Machine learning 45 (1), 5–32.
- Cherlinka, V. R., 2015. Adaptatsiia velykomasshtabnykh kart gruntiv do yikh praktychnoho vykorystannia u HIS [Adaptation of large-scale soil maps to their practical use in GIS.]. In: Ahrokhimiia i gruntoznavstvo. Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk. Vyp. 84. TOV «Smuhasta typohrafiia», Kharkiv, 20–28 (in Ukrainian).
- Cherlinka, V., Jan. 2017. Using Geostatistics, DEM and Remote Sensing to Clarify Soil Cover Maps of Ukraine. In: Dent, D., Dmytruk, Y. (Eds.), Soil Science Working for a Living: Applications of soil science to present-day problems. Springer-Verlag GmbH, Cham, Switzerland, Ch. 7, 89–100.
- Cherlinka, V. R., Dmytruk, Yu. M., 2014. Problemy stvorennia, heorektyfikatsii ta vykorystannia krupnomasshtabnykh tsyfrovnykh modelei reliefu [Problems of creation, georectification and use of large-scale digital elevation models]. Heopolytyka y ekoheodynamyka rehyonov 10 (1), 239–244 (in Ukrainian).
- Cutler, A., Cutler, D. R., Stevens, J. R., 2012. Random Forests. Springer US, Boston, MA, 157–175.
- Debella-Gilo, M., Etzelmüller, B., Apr. 2009. Spatial prediction of soil classes using digital terrain analysis and multinomial logistic regression modeling integrated in

- GIS: Examples from Vestfold County, Norway. *Catena* 77 (1), 8–18.
- Dmytruk, Yu. M., Cherlinka, V. R., 2012. Vplyv rozdilnoi zdatnosti TsMR na tochnist vykhidnykh danykh pry modeliuvanni protsesiv vodnoi erozii [Influence of DEM resolution on accuracy of output data in the modeling of water erosion processes]. In: *Fizychna heohrafiia ta heomorfologhiia. – Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. – Vyp. 2 (66). VHL «Obrii», Kyiv*, pp. 95–102 (in Ukrainian).
- Dobos, E., Hengl, T., 2009. Soil mapping applications. In: Hengl, T., Reuter, H. I. (Eds.), *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Vol. 33 of Developments in Soil Science*. Elsevier, Amsterdam, Ch. 20, 461–479.
- EasyTrace group, 2015. Easy Trace 7.99. Digitizing software.
- Florinsky, I. V., 2012. *Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology*. Academic Press. Elsevier, Amsterdam.
- Florinsky, I. V., Eilers, R. G., Manning, G. R., Fuller, L. G., Jan. 2002. Prediction of soil properties by digital terrain modelling. *Environmental Modelling & Software* 17 (3), 295–311.
- Florinsky, I. V., Eilers, R. G., Wiebe, B. H., Fitzgerald, M. M., Oct. 2009. Dynamics of soil salinity in the Canadian prairies: Application of singular spectrum analysis. *Environmental Modelling & Software* 24 (10), 1182–1195.
- Fox, J., 2016. Polycor: Polychoric and polyserial correlations. R package version 0.7-9, 1–10.
- Giasson, E., Figueiredo, S. R., Tornquist, C. G., Clarke, R. T., 2008. Digital soil mapping using logistic regression on terrain parameters for several ecological regions in Southern Brazil. In: Hartemink, E., McBratney, A. B., de Lourdes Mendonça-Santos, M. (Eds.), *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Springer Netherlands, Amsterdam, Ch. 19, 225–232.
- GRASS Development Team, 2017. *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software. Version 7.2*.
- Grinand, C., Arrouays, D., Laroche, B., Martin, M. P., Jan. 2008. Extrapolating regional soil landscapes from an existing soil map: Sampling intensity, validation procedures, and integration of spatial context. *Geoderma* 143 (1), 180–190.
- Hartemink, A. E., Minasny, B., Oct. 2014. Towards digital soil morphometrics. *Geoderma* 230–231, 305–317.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., 2009. *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction*, 2nd Edition. Springer Series in Statistics. Springer, New York.
- Hengl, T., 2006. Finding the right pixel size. *Computers & Geosciences* (32), 1283–1298.
- Hengl, T., 2009. *A practical guide to geostatistical mapping*, 2nd Edition. University of Amsterdam, Amsterdam. URL <http://spatial-analyst.net/book/>
- Hofierka, J., Mitášová, H., Neteler, M., 2009. *Geomorphometry in GRASS GIS*. In: Hengl, T., Reuter, H. I. (Eds.), *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Vol. 33 of Developments in Soil Science*. Elsevier, Amsterdam, Ch. 17, 387–410.
- Hofierka, J., Šúri, M., 11–13 September 2002. The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications. In: Ciolli, M., Zatelli, P. (Eds.), *Proceedings of the Open source GIS-GRASS users conference*. Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Trento, Trento, Italy, 1–19.
- Jasiewicz, J., Metz, M., Aug. 2011. A new GRASS GIS toolkit for hortonian analysis of drainage networks. *Computers & Geosciences* 37 (8), 1162–1173.
- Jasiewicz, J., Stepinski, T. F., Jan. 2013. Geomorphons – a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology* 182, 147–156.
- Kempen, B., Brus, D. J., Heuvelink, G. B. M., Stoorvogel, J. J., Jul. 2009. Updating the 1:50,000 Dutch soil map using legacy soil data: A multinomial logistic regression approach. *Geoderma* 151 (3), 311–326.
- Kuhn, M., 2008. Building Predictive Models in R Using the caret Package. *Journal of Statistical Software* 28 (5), 1–26.
- Kuhn, M., Johnson, K., 2013. *Applied Predictive Modeling*. Springer, New York.
- Lagacherie, P., Robbez-Masson, J. M., Nguyen-The, N., Barthès, J. P., Apr. 2001. Mapping of reference area representativity using a mathematical soilscape distance. *Geoderma* 101 (3–4), 105–118.
- Landis, J. R., Koch, G. G., Mar. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33 (1), 159–174.
- Li, W., Zhang, C., 2007. A Random-Path Markov Chain Algorithm for Simulating Categorical Soil Variables from Random Point Samples. *Soil Science Society of America Journal* 71 (3), 656–668.
- Liu, B., 2011. *Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents and Usage Data*, 2nd

- Edition. Springer-Verlag GmbH, London New York Dordrecht.
- Lowd, D., Domingos, P., 2005. Naive bayes models for probability estimation. In: Proceedings of the 22nd international conference on Machine learning – ICML 05. Bonn, Germany. ACM Press, New York, NY, USA, 529–536.
- MacMillan, R. A., 2008. Experiences with applied DSM: protocol, availability, quality and capacity building. In: Hartemink, A. E., McBratney, A. B., de Lourdes Mendonça-Santos, M. (Eds.), Digital Soil Mapping with Limited Data. Springer Netherlands, Amsterdam, 113–135.
- Malone, B. P., Minasny, B., McBratney, A. B., 2016. Using R for Digital Soil Mapping. Progress in Soil Science. Springer International Publishing.
- McBratney, A. B., Santos, M. L. M., Minasny, B., Nov. 2003. On digital soil mapping. Geoderma 117 (1-2), 3–52.
- Merot, P., Ezzahar, B., Walter, C., Aurousseau, P., Jan. 1995. Mapping waterlogging of soils using digital terrain models. Hydrological Processes 9 (1), 27–34.
- Mitášová, H., Hofierka, J., 1993. Interpolation by regularized spline with tension: II. Application to terrain modeling and surface geometry analysis. Mathematical Geology 25 (6), 657–669.
- Mitášová, H., Mitáš, L., 1993. Interpolation by regularized spline with tension: I. Theory and implementation. Mathematical Geology 25 (6), 641–655.
- Moore, I. D., Gessler, P. E., Nielsen, G. A., Peterson, G. A., 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Science Society of America Journal 57 (2), 443–452.
- Mourier, B., Walter, C., Merot, P., Jan. 2008. Soil distribution in valleys according to stream order. Catena 72 (3), 395–404.
- Pachepsky, Y. A., Timlin, D. J., Rawls, W. J., 2001. Soil water retention as related to topographic variables. Soil Science Society of America Journal 65 (6), 1787–1795.
- Park, S. J., McSweeney, K., Lowery, B., Oct. 2001. Identification of the spatial distribution of soils using a process-based terrain characterization. Geoderma 103 (3-4), 249–272.
- Park, S. J., Van De Giesen, N., Aug. 2004. Soil-landscape delineation to define spatial sampling domains for hillslope hydrology. Journal of Hydrology 295 (1-4), 28–46.
- Penizek, V., Boruvka, L., 2008. The digital terrain model as a tool for improved delineation of alluvial soils. In: Hartemink, A. E., McBratney, A. B., de Lourdes Mendonça-Santos, M. (Eds.), Digital Soil Mapping with Limited Data. Springer Netherlands, Amsterdam, 319–326.
- Pennock, D. J., Zebarth, B. J., De Jong, E., Oct. 1987. Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. Geoderma 40 (3-4), 297–315.
- Polchyna, S. M., Nikorych, V. A., Danchu, O. A., 2004. Zastosuvannya suchasnoi systemy klasyfikatsii gruntiv FAO/WRB do karty gruntovoho pokryvu Chernivetskoï oblasti [Application of the modern FAO / WRB soil classification system to the map of soil cover of Chernivtsi region]. Gruntoznavstvo 5 (1-2), 27–33 (in Ukrainian).
- QGIS Development Team, 2015. QGIS Geographic Information System. URL <http://qgis.osgeo.org>
- R Development Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. URL <http://www.r-project.org>
- Ripley, B., Venables, W., 2016. R-package nnet: Feed-forward neural networks and multinomial log-linear models. v.7.3-12.
- Smith, S., Bulmer, C., Flager, E., Frank, G., Filatow, D., 2010. Digital soil mapping at multiple scales in British Columbia, Canada. In: Program and Abstracts, 4th Global Workshop on Digital Soil Mapping, 24-26 May 2010, Rome, Italy. International Union of Soil Sciences, IUSS, Rome, 1–9.
- Venables, W. N., Ripley, B. D., Feb. 2002. Modern Applied Statistics with S, 4th Edition. Vol. 53 (1) of Statistics and Computing. Springer-Verlag, New York.
- Walter, C., Lagacherie, P., Follain, S., 2006. Integrating pedological knowledge into digital soil mapping. In: Lagacherie, P., McBratney, A. B., Voltz, M. (Eds.), Digital Soil Mapping: An Introductory Perspective. Vol. 31 of Developments in Soil Science. Elsevier, Amsterdam, Ch. 22, 281–301.
- Wood, J. D., 1996. The geomorphological characterisation of digital elevation models. Phd thesis, University of Leicester, UK, Leicester.
- Zhu, A.-X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., Simonson, D., 2001. Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. Soil Science Society of America Journal 65 (5), 1463–1472.

Стаття надійшла в редакцію: 25.05.2017

REVIEWS



V. I. Kanivets ✉

Dr. Sci. (Agri.), Professor

*Chernihiv National University of Technology,
Shevchenka Str., 95, Chernihiv, Ukraine, 14027*

**«Soil Science in Ukraine: Part 1 – History and Modernity» /
D. G. Tikhonenko, V. A. Vergunov, M. O. Gorin, N. M. Novosad. –
Kharkiv: Maidan, 2016. – 408 p.**

Abstract. In the review of the named book two aspects are presented – the correspondence of the book to the declared type of scientific publication and the completeness of coverage of outstanding studies of Ukrainian soil scientists. It is shown that the book does not adhere to the principles of scientific publications and it does not correspond to the declared category – the monograph. As to historicism in the book, it is not illustrated that modern scientific soil science was started in Ukraine – at the Kharkiv Classical University, now V. N. Karazin Kharkiv National University, 30 years prior to the scientific works of V. V. Dokuchaev (Borisyak N. D. About Chernozem, 1852. – 74 p.).

Key words: *history of soil science, pre-Dokuchaev period of Ukrainian soil science, requirements for scientific publications.*

В. И. Канивец

д-р с.-х. наук, проф.

*Черниговский национальный технологический университет,
ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, Украина, 14035,
тел.: +38097-309-38-99, e-mail: agrkaf@ukr.net*

**«Почвоведение в Украине: ч. 1 – История и современность» /
Д. Г. Тихоненко, В. А. Вергунов, М. О. Горин, Н. М. Новосад. –
Харьков: Майдан, 2016. – 408 с.**

Аннотация. В обзоре названной книги отображены два аспекта – относительно соответствия книги заявленному типу научного издания и относительно полноты освещения достопримечательных исследований украинских почвоведов.

Показано, что в книге не выдержаны принципы научных публикаций и она не соответствует заявленной категории – монография.

Относительно историзма в книге не отражено, что истоки современного научного почвоведения заложены именно в Украине – в Харьковском классическом университете, ныне Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, за 30 лет до деятельности В. В. Докучаева (Борисяк Н. Д. О чернозёме, 1853. – 74 с.).

Ключевые слова: *история почвоведения, додокучаевское украинское почвоведение, требования к научным публикациям.*

✉ Tel.: +38097-309-38-99, e-mail: agrkaf@ukr.net

DOI: 10.15421/041710

В. І. Канівець

д-р с.-г. наук, проф.

*Чернігівський національний технологічний університет,
вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, Україна, 14035,
тел.: +38097-309-38-99, e-mail: agrkaf@ukr.net*

**«Ґрунтознавство в Україні: ч. 1 – Історія та сучасність» /
Д. Г. Тихоненко, В. А. Вергунов, М. О. Горін, Н. М. Новосад. –
Харків: Майдан, 2016. – 408 с.**

Анотація. В огляді поіменованої книги відображено два аспекти – щодо відповідності книги заявленому типу наукового видання і щодо повноти висвітлення визначних досліджень українських ґрунтознавців.

Показано, що в книзі не дотримано принципів наукових публікацій і вона не відповідає заявленій категорії – монографія.

Стосовно історизму в книзі не відображено, що сучасне наукове ґрунтознавство започатковане саме в Україні – в Харківському класичному університеті, нині Харківській національній університет ім. В. Н. Каразіна, за 30 років до діяльності В. В. Докучаєва (Борисяк Н. Д. О чернозёме, 1852. – 74 с.).

Ключові слова: історія ґрунтознавства, додокучаївське українське ґрунтознавство, вимоги до наукових публікацій.

Книга подана як монографія. Написана в певній частині авторами та укладена (переважно) за матеріалами, наданими відповідними українськими науковими центрами з ґрунтознавства.

Судячи з назви книги, автори мали намір відобразити історію минулого і сучасність щодо ґрунтознавства в Україні. Задум, безумовно, важливий для наукової роботи, та автори відразу ж попереджають читача про допущений відхід від повного, стандартного використання джерел у наукових виданнях – «...охоплюючи не всі їх бібліографічним списком» (с. 17). Цей список виявився коротким – 186 пунктів. Наприклад, в «Истории почвоведения» И. А. Крупеникова (М.: Изд. «Наука», 1981. – 329 с.) – 625 джерел. Відсутні здебільшого джерела і в тексті книги, що стало, на жаль, одним із недоліків твору. Така книга не може класифікуватись як монографія – всебічно обґрунтована наукова праця високого рівня. Окрім того, немало важливих наукових вирішень, їх час виконання залишився поза увагою, чи згадуються побіжно. У зв'язку з цим автор огляду не має наміру детально аналізувати книгу. Торкнувшись головним чином історизму, адже недостатньо висвітленим залишився внесок саме українського ґрунтознавства. Та й тому, що завжди цікавився історією, публікувався на історичні теми, першим в Україні опублікував кілька наукових статей про призабуті імена видатних українських дослідників, у тому числі тих, які були викреслені з ужитку або зневажені. Відмічу, що деякі з останніх удалось включити до списку літератури (2003, 2005, 2006 рр.). Ці історичні роботи і, як виняток для тих років, повернення обличчям Інституту землеробства до свого директора періоду окупації Києва – видатного ґрунтознавця Г. Г. Махова ініціювали і надавали інтригу таким дослідженням, утверджували справедливість до всіх дослідників у ґрунтознавстві. Тому активну роботу в цьому напрямку підхопив директор Центральної наукової сільськогосподарської бібліотеки професор В. А. Вергунов.

Важливим моментом у відновленні історії українського ґрунтознавства в додокучаєвський період була відповідна доповідь на пленарному засіданні VII з'їзду ґрунтознавців у Києві 2006 року. На жаль, наші докучаєвці (іменую так не в негативному ставленні) так і не оцінили належним чином висвітлений у доповіді щонайважливіший внесок українських попередників В. В. Докучаєва. Не знайшов він належного розгляду і в книзі. Так, уже в перших трьох підрозділах нариса «Ґрунтознавство України в загальноісторичному контексті» відсутня інформація про

досягнення в той час українських дослідників. Та саме вони започаткували наукове ґрунтознавство, продуктивно працюючи тоді в Харківському класичному університеті, тепер ім. В. Н. Каразіна. Але про додочучаєвський період мова піде нижче, а поки що повернемося до використання джерел у наукових роботах. На авторів чомусь не вплинули хоча б вимоги до дисертаційних робіт (аналогічні мають бути і до монографій).

У книзі тут і там натрапляємо на висловлювання подібного змісту: «в цьому напрямку працювали...», далі перелік багатьох імен і крапка, без назви джерела.

Кілька прикладів, починаючи із особливої за змістом «дочучаєвської» кафедри радянського періоду:

– с. 110: «на кафедрі було продовжено традицію дослідження ґрунтів України з позицій агрономічного ґрунтознавства, що знайшло відображення в наукових працях таких учених, як А. Ф. Яровенко, В. Д. Кисіль, Н. В. Дубовська, І. А. Шеларь, А. О. Георгі, В. Д. Муха, О. А. Чесняк». Джерела і конкретні розробки відсутні. Такий запис може бути розрахований лише на вузьке коло містечкових науковців;

– с. 171: «у подальшому накопиченню інформаційних масивів найціннішої інформації про ґрунти і ґрунтові відкладення прадавніх епох на теренах України сприяли своїми науковими дослідженнями В. В. Різніченко, Д. К. Біленко, Л. Ф. Лунгерсгаузен, О. І. Москвитін, В. І. Сидоренко, О. М. Адаменко, А. Б. Богущкий і інші». Хотів би ознайомитися з цією найціннішою інформацією. Але як її знайти? Тим більше, що імена, окрім одного, мені незнайомі. Роботи в бібліографічному списку відсутні.

Вершиною в цьому відношенні, мабуть, є сторінки 74 і 75, на яких поіменовані понад 150 дослідників, біля яких позначено лише регіон досліджень, але відсутні, за рідкісними випадками, джерела в списку літератури, з яких можна дізнатися про контент наукових чи практичних робіт. Не зрозуміло, що дає цей перелік імен, більшість носіїв яких уже відійшли в інший світ, тому лише через джерела їх науковий спадок міг би залишитися в історії.

Але ж є в Україні приклади фундаментальних монографій, які несуть величезну інформацію:

– В. Г. Бондарчук, академік АН УРСР: Геологія України / відповідальний ред. член-кор. АН УРСР С. П. Радіонов. – К.: Вид-во АН УРСР, 1959. – 832 с. Бібліографічний список має 6 000 джерел. Капітальна праця, і ніхто не обійдений увагою, інтелектуальна власність висвітлена.

Опубліковано немало великих і скромних монографій також з ґрунтознавства, написаних відповідно до вимог наукових творів.

Наприклад, одні із останніх: Іваніна В. В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах: монографія / В. В. Іваніна. – К.: ЦП «Компринт», 2016, 328 с., 559 джерел, з обґрунтованим використанням, або монографія «Теорія і практика ґрунтоохоронного моніторингу» за наук. ред. М. М. Мірошніченка (Х.: Вид. Бровін О.В., 2016. – 384 с., 365 необхідних посилань на літературу).

Насамкінець, авторам і редакторам рекомендував би почитати твори знаменитого Віктора Суворова. В останньому його виданні «Криголам» (вид-во «Зелений пес», 2015. – 654 с.) використано як опорні джерела, так і антикриголамі. Але кожне оформлене в тексті книги згідно з бібліографічними вимогами, з посиланням на конкретну сторінку документа. Викладене автором стає незаперечним, має наукове історичне обґрунтування. Книга автора слугує встановленню правди про Другу світову війну. Не випадковими є мільйонні накладки книг цього автора.

Повертаючись до рецензованої книги, мушу стверджувати, що автори, незважаючи на заявлений пріоритет у ній історичних аспектів, послідовності розвитку вчення про ґрунти в Україні, їх генезу, в окремих періодах і деяких регіонах викладали далеко не повну в цьому відношенні інформацію. Як уже згадувалося,

майже повністю відсутній додочучаєвський – український період, що викликає лише подив. Упущені також і деякі фундаментальні розробки українських дослідників нового періоду – з 60-х років минулого століття. Не буду їх перераховувати, але це негаразд.

Безумовно, висвітлена в книзі і низка досягнень українського ґрунтознавства. Також не буду їх повторювати.

Панівне місце в книзі займає розділ «Історія докучаєвської кафедри». Безперечно, кафедра має довгу історію, багато років була провідною в Україні. Але текст переважано необов'язковим матеріалом. Тепер це звичайна, типова кафедра з ґрунтознавства. Запропонована назва «докучаєвська», на наш погляд, є недостатньо обґрунтованою. Адже в Україні вона, за невеликим винятком, є новоствореною, скоріше кафедра має носити ім'я О. Н. Соколовського. Останній вніс корінні зміни в напрямок досліджень на початку 20-х років минулого століття. Ново-Олександрівський період (до 1914 р. – Пулави – Польща) – то російсько-польське надбання. Адже професори, за винятком одного викладача, переїхали до Росії. У ній стали знаменитими. Не випадково й інститут тепер іменується: Харківський.

Частина матеріалу в книзі викладена з періодизацією досліджень (с. 20–95). І тут у мене, як у громадянина України, чи не найбільші зауваження – перш за все до «додокучаєвського періоду» – періоду становлення науки «ґрунтознавство» (с. 20–26). У цьому підрозділі згадано лише праці представників Західної Європи і росіян. Чому не відображено капітальні праці українців? Адже першу науково обґрунтовану працю «О черноземе» опублікував і доповів ще у 1852 році на Урочистому засіданні класичного Харківського університету (тепер Національний) ім. В. Н. Каразіна заслужений професор цього університету – харківець, уродженець Лохвицького повіту Н. Д. Борисяк (Харків, 1852. – Ч. II. – С. 1–74). У цей час славному В. В. Докучаєву минуло лише 5 років від народження. Та й пізніше за книгою Н. Д. Борисяка послідувало відоме «Геоботаническое исследование о черноземе» члена Імператорської академії Ф. Й. Рупрехта (1866 року – після експедиції цього вченого на Чернігівщину). Останній обстежив чорноземи правого високого корінного берега долини р. Десни – від Новгород-Сіверського до приміської зони Чернігова. Далі карта Чаславського опублікована у 1878 році, і нарешті «Русский чернозем» В. В. Докучаєва – у 1883 році, який, як стали вважати в Росії, започаткував наукове ґрунтознавство (на 30 років пізніше праці українця Н. Д. Борисяка). До речі, дивно читати на сторінці 28 рецензованої книги, що «Докучаєв увів народний термін чорнозем».

Пізніше з'явилися і «Почвы черноземной области» іншого видатного російського ґрунтознавця Росії М. А. Костичева – 1886 р.

До честі В. В. Докучаєва в «Русском черноземе» рецензент нарахував 50 позитивних посилок на Борисяка, ще 25 посилок – в інших роботах. Докучаєв погодився з думкою Борисяка, що чорнозем – «результат трав'яного перегною при дії атмосферного впливу, результат утворення перегною в суглинковій породі», тобто має, за Ф. Й. Рупрехтом, «наземнорастительное происхождение», Докучаєв наводить формулу Н. Д. Борисяка для підтвердження своєї теорії.

Але головним і єдиним результатом експедицій Докучаєва, описаних в «Русском черноземе», є лише карта ізосмуг чорноземів в Європейській частині Росії за різним відсотком вмісту гумусу. Указується також на строкатість глибини профілю чорноземів, без пояснень причин. У цілому ж В. В. Докучаєв назвав потужність чорнозему типового лише в 45–41 см – потужність, яку ми тепер визначаємо лише як глибину одного гумусового генетичного горизонту, у Ф. Й. Рупрехта також дані лише по вмісту гумусу в ґрунтах.

У забутого до моєї публікації Н. Д. Борисяка проведено набагато більше досліджень чорнозему, і головне – різноманітних.

Так, уперше подається науково обґрунтована профільно-морфологічна, мінералогічна, хімічна, географічна і агрономічна характеристика цього ґрунту. Автором описується відповідне забарвлення – аж до гагатово-чорного (термін Н. Д. Борисяка), розсипчаста структура, легка водо- і повітропроникність, високий уміст гумусу (у зразку автора – 6,95 % горючих речовин). Уперше підкреслюється, що гумус містить близько 2,5 % азоту, а в цілому ґрунт містить 0,17 % азоту і 0,12–0,46 % P_2O_5 .

Автор стверджує, що високий уміст азоту і сприятливі фізичні властивості забезпечують високу продуктивність (родючість) чорнозему. Говорить, що мінеральна частина ґрунту включає кремнезем, глинозем, вапно, $MgCO_3$, оксиди заліза і марганцю. Розглядається питання карбонатності ґрунту, відмічається наявність білих карбонатних прожилок, а в підґрунті білозірка. Говориться, що термін «білозірка» є народним. До речі, Докучаєв також користувався українським терміном «білозірка», а не «белоглазка», як тепер у росіян.

Н. Д. Борисяк застерігає, що висока карбонатність не є сприятливою для деревних рослин, що також справедливо. Як на обов'язкову ознаку чорнозему вказується на кротовинність підґрунтя. Уперше описує автор перехідні горизонти чорнозему.

Дослідник обстежив розповсюдження чорнозему в Полтавській, Харківській губерніях та на прилеглих територіях, у тому числі на Донецькому краї, у горючих і низинних ділянках. На основі зібраних матеріалів переконливо доводить, що чорнозем утворився під трав'яною рослинністю на територіях, де *панує віковий степ*. Цей вираз «*віковий степ*», а не просто трав'яний покрив, уперше ужив Н. Д. Борисяк, а не В. В. Докучаєв. Н. Д. Борисяк заперечує авторам морського, озерного і лісового походження цього ґрунту. Щодо останнього зауважує, що в лісових областях Росії чорнозему немає. Немає його і в Україні поблизу лісових масивів – дібров, наприклад на високих правих корінних берегах долин річок Харківщини і Полтавщини. Пише, що тут в ріллі залягають «сірі суглинки», що колись сформувались під дібровами. Це спостереження Н. Д. Борисяка неодноразово цитує Докучаєв. Виходячи з площі «сірих суглинків» автор пише, що колись діброви займали величезні масиви. Але вже в його час лісистість Харківської губернії становила лише близько 10 %, а Полтавської і того менше – майже 5 %. Отже, першим, хто визначив походження і сірих лісових ґрунтів («сірих суглинків» – цей термін довго вживався), є також харківський учений.

Не оминає Н. Д. Борисяк і питань охорони чорнозему. Пише про пагубність водної і вітрової ерозії, про розбиті випасом супіскові ґрунти, про чорноземи, поховані під вітровими наносами з піскових терас, указує на зсувні явища, пояснює їх причини.

Щодо класифікації чорноземів автор виділяє різновиди на суглинках, глинах, супісках, рухляку щільних гірських порід, а також різновиди солонцюватих і мочарних чорноземів.

Естафету з вивчення чорноземів в Україні прийняв учень Н. Д. Борисяка Іван Федорович Леваковський. У працях В. В. Докучаєва також знаходимо безліч звернень до публікацій і цього професора Харківського університету (усього – 116, у тому числі 47 – в «Русском черноземе»).

Готуючи матеріали до «Русского чернозема», Докучаєв пересік Харківщину від Козачої Лопані до Лозової (уздовж залізниці). Побував на дачі І. Ф. Леваковського біля с. Пісочин (під Харковом). Описав тут розріз у горючій частині долини р. Уда, у рідколіссі діброви. На жаль, ґрунт значиться в книзі як чорнозем, мабуть у зв'язку з високим умістом у ньому гумусу (8,8 %) у верхньому дерновому горизонті. За морфологічним же описом профілю це – типовий темно-сірий лісовий ґрунт. На високий уміст гумусу в ньому вплинула розвинена дернина. Ілювій помилково прийнято Докучаєвим за породу. До речі, на своїй карті чорноземної смуги

(насправді це карта ізосмуг умісту гумусу в ґрунтах) В. В. Докучаєв не відобразив сірі лісові ґрунти, хоча ще Н. Д. Борисяк писав про широке їх розповсюдження (1852 р.) і що це ґрунти іншої генези, ніж чорноземи. Позначені такі ґрунти і на карті академіка Ф. Й. Рупрехта (1866 р.). Докучаєв не помітив навіть величезний масив сірих суглинків Харківського багатокутного сходження корінних берегів місцевих річок. Отже, були помилки та упущення і у В. В. Докучаєва та вишукують їх лише у Н. Д. Борисяка.

І. Ф. Леваковським опубліковано в працях Харківського університету дві великі роботи, що стосуються чорнозему (вони згадуються в рецензованій книзі). У першій (1871 р.) автор обмежує розповсюдження чорнозему північними, «опільськими» островами чорноземів, знайдених Ф. Й. Рупрехтом. Указує, що чорноземів немає на правих корінних берегах долин рік на Харківщині і Полтавщині, на територіях, де колись панували діброви. Описує чорноземоподібні ґрунти в різних природних умовах (це також додокучаєвський період).

У наступній роботі І. Ф. Леваковського найціннішим є аналіз методик визначення гумусу та його властивостей. Окрім того, розглядаючи генезу сірих лісових суглинків як сформованих під дібровами, І. Ф. Леваковський першим припускає, що діброви з'явилися на утвореному чорноземі. Пізніше С. І. Коржинський (1887) запропонував і обґрунтував теорію походження сірих лісових ґрунтів під впливом поселення дібров на чорноземах. Щодо генези чорноземів залишається вірним послідовником учителя – Н. Д. Борисяка.

Звертаю увагу на високий рівень культури цього професора, вихідця з Росії. Так, у своїх працях (кінець XIX століття), написаних, безумовно, російською, вживається місцева українська назва одного із міст Харківщини – «Деркачі», а не теперішнє совєтизоване – «Дергачі», що може асоціюватись і з інструментами для «выдергивания гвоздей». Лише в останні десятиліття з народної пам'яті в основному витравлена ісконна назва міста, пов'язана з поширеним тут птаством – деркачів.

Роботи Н. Д. Борисяка та І. Ф. Леваковського слугували фундаментом для досліджень В. В. Докучаєва.

Отже, є чим пишатись українцям щодо національного внеску в наукове ґрунтознавство, і необхідно використовувати надбання Н. Д. Борисяка та І. Ф. Леваковського, зокрема, для національного виховання студентів. Тим більше, що так гостро це питання стоїть у наш час, у час війни з ворожими силами. У рецензованій же книзі, на жаль, мовиться про Н. Д. Борисяка як містечкового дослідника, це прояв меншовартості.

На завершення зауважу, що в Україні необхідно підвищити вимоги до рецензування наукових видань.

Стаття надійшла в редакцію: 20.05.2017

TO AUTHORS' ATTENTION !

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Use the units of International Measurement System.

4. The structure of the article:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Authors take the responsibility for the content of the materials.

ДО УВАГИ АВТОРІВ !

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

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

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

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

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

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

3. Використовуйте одиниці Міжнародної системи вимірювань.

4. Структура статті:

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

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

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

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

- список використаної літератури. Посилання на літературні джерела слід подавати в напівкруглих дужках із зазначенням прізвища цитованого автора (або назви джерела, якщо авторів більш ніж три) та року видання. У списку використаних джерел кожне україномовне чи російськомовне джерело слід подавати транслітерацією англійськими літерами із зазначенням у квадратних дужках перекладу англійською мовою, а також у напівкруглих дужках – оригінальну мову джерела;

- ким з членів редакційної колегії рекомендовано статтю до публікації.

5. Окремо подаються відомості про авторів в електронному вигляді, які містять інформацію про прізвище, ім'я та по батькові повністю, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи (повна та скорочена назва організації), посада, місто, країна, контактні телефони та електронна пошта) українською, російською та англійською мовами.

6. При поверненні статті на доопрацювання автор зобов'язаний урахувати всі зауваження редактора і надіслати виправлені та передруковані матеріали на адресу редакційної колегії в указаний термін. Статті, повернуті після доопрацювання пізніше ніж через 3 місяці, розглядаються як нові надходження.

Подані матеріали не повертаються. Редакція зберігає за собою право виправляти та скорочувати текст, а також повертати рукопис на доопрацювання у разі недотримання наведених вище правил.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів несуть автори.

Науковий журнал

ҐРУНТОЗНАВСТВО
2017. Т. 18, № 1–2

Українською, російською та англійською мовами

Засновники:

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

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

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

Підписано до друку 29.06.2017 р. Формат 70×108 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 14.
Замовлення № . Тираж 200 прим.
