

---

# МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

---

МЕЛІОРАЦІЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 635.4:445.4

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.27>

---

## ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ МЕТОДАМИ ФІТОІНДИКАЦІЇ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

---

*Коляда Л.П.* – науковий співробітник,  
Національний науковий центр  
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

З метою розширення спектру практичного використання даних космічної зйомки просторового розрізнення для картографування та моніторингу сільськогосподарських земель апробовано методичні підходи до дешифрування космічних знімків земної поверхні в умовах розвитку перелогової рослинності. На прикладі багаторічного перелозу опрацьовано методи попередньої обробки космічних знімків, а також просторового аналізу результатів їх класифікацій для визначення складників ґрунтового покриття.

Доведено ефективність використання даних космічної зйомки природної рослинності для просторової диференціації ґрунтового покриття, що відповідає чинним підходам до коректного визначення ґрунтових відмін. Установлено, що розташування основних рослинних асоціацій, які визначені за подібністю оптичних характеристик під час класифікації зображення, становить ґрунтові виділи, що відмінні за основними, генетично зумовленими властивостями ґрунтів (уміст гумусу, гранулометричний склад, гідролітична кислотність тощо).

Шляхом сумісного, просторового аналізу карт, які побудовані за даними космічної зйомки, похідними цифрової рельєфу з даними геоботанічного опису, встановлено залежність оптичних характеристик перелогової рослинності від морфологічних форм рельєфу поверхні та її параметрів.

Під час післяпольових камеральних робіт нами створено базу даних для полігону, яка об'єднує як архівні й фондові матеріали, так і новостворений картографічний матеріал із вичерпною інформацією про географічні прив'язки дослідних точок, ґрунтових контурів, а також результати аналітичних досліджень ґрунтових зразків.

Визначено, що різняться значення гідролітичної кислотності й умісту гумусу на глибині підорного шару, але при цьому залишаються відносно високими показниками для темно-сірого опідзоленого важкосуглинкового ґрунту, тоді як для сірого опідзоленого важкосуглинкового й сірого опідзоленого важкосуглинкового слабозмитого є майже наполовину меншими.

Більш вирівняними за значенням для всіх типів ґрунтів є показники вмісту фізичної глини та суми обмінних катіонів, а от значення рН сольового є найбільшими в темно-сірого й сірого опідзоленого важкосуглинкових ґрунтів на лесі, знижуються в малогумусного темно-сірого опідзоленого та слабозмитого сірого опідзоленого важкосуглинкового ґрунту.

Отримані результати дають змогу рекомендувати залучення фітоіндикації для вдосконалення сучасних технологій великомасштабного картографування ґрунтового покриття на основі космічної зйомки.

**Ключові слова:** багатоспектральне космічне сканування, геоінформаційні системи, ґрунтовий покрив, дистанційне зондування, рослинний покрив, фітоіндикація.

---

**Koliada L.P. Differentiation of soil covering by photoindication methods due to remote sensing data**

*In order to expand the range of practical use of space spatial resolution data for mapping and agricultural land monitoring a set of methodological approaches were tested for the decoding of space images of the earth's surface in conditions of fallow vegetation cover. On an example of a long-term fallow it has been worked out methods for preliminary processing of space images, as well as spatial analysis of their classifications results to determine the components of the soil cover.*

*The efficiency of natural space survey vegetation data use is proved for the spatial differentiation of the corresponding soil cover appropriate approaches for correct identification of soil abandonment. It is determined that the location of the main plant associations, which are defined by similar optical characteristics with the classification of the image, represents the soil peds, that are different from the basic, genetically determined by soil properties (humus content, granulometric composition, hydrolytic acidity etc).*

*Through compatible, spatial analysis of maps that are built according to the data of space images the derivatives of the digital relief model data include geobotanical description, the dependence of fallow vegetation optical characteristics from the morphological forms of surface relief and its parameters was established.*

*During the field works created a database for a experimental site that combines both archival and fund materials, as well as newly created cartographic material with exhaustive geographical information bindings of experimental points, soil contours, as well as analytical studies results of soil samples.*

*There are also determined differences in the values of hydrolytic acidity and humus content at the depth of the underlying layer, but at the same time they remain relatively high for the dark gray podzolized heavy-loam soil, while for gray podzolized heavy-loam and gray podzolized heavy-loam slightly eroded soil they are almost half smaller.*

*The values of the physical clay content and the sum of exchange cations are more equalized for all types of soils, but the value of pH-saline is the largest in dark gray and gray podzolized heavy-loam soils in the forest, and decreases in the less humus dark gray podzolized heavy-loam soil and gray podzolized heavy-loam slightly eroded soil.*

*The obtained results help us to recommend the use of phyto-identification for improvement of modern technologies of large-scale soil cover mapping on the basis of space images processing.*

**Key words:** multispectral space scanning, geoinformation system, soil cover, remote sensing, vegetation cover, photoindication.

**Постановка проблеми.** Негативний вплив антропогенної діяльності на регіональні екосистеми актуалізує створення методичних основ використання даних дистанційного зондування (далі – ДЗ) Землі для моніторингу навколишнього середовища й, зокрема, сільськогосподарських угідь. При цьому оптичні методи досліджень рослинного покриття надають значний обсяг об'єктивної та кількісної інформації про стан фітоценозів, що дає змогу певною мірою діагностувати й різновиди ґрунтів [1, с. 36–40; 12, с. 16–17] і характеризувати стан ґрунтового покриття (далі – ПП). У зв'язку з цим видається перспективним використання даних багатоспектрального космічного сканування (далі – БСКС) високого просторового розрізнення для діагностики ґрунтів сільськогосподарських угідь за станом фітоценозів.

За такого підходу оптичні характеристики рослинності доречно розглядати як непрямі, дешифрувальні ознаки ґрунтів [11, с. 498–499], що дає можливість розширити спектр практичного використання даних космічної зйомки високого просторового розрізнення для моніторингу сільськогосподарських земель. Стан рослинного покриття є індикатором не тільки генетичних типів ґрунтів, а і їх окремих властивостей і ґрунтових процесів – гранулометричного складу ґрунту, загального вмісту гумусу в ґрунті, засолення тощо [1, с. 79–80]. За відбивною здатністю рослин можна не тільки визначати структуру ПП та розподіл ділянок із проявами деградації ґрунтів, а й оцінювати рівень їх родючості, просторове варіювання їх основних властивостей [6, с. 107–113; 8, с. 59–61; 9, с. 30; 13, с. 249]. У сукуп-

ності перелічені підходи надають результат високої просторової (географічна та геометрична) точності на кількісній основі, позбавлений суб'єктивного фактора, що корисно для застосування під час великомасштабних ґрунтових обстежень.

З метою дослідження інформативності даних космічної зйомки щодо визначення складників ґґП за методом фітоіндикації співробітниками сектору дистанційного зондування ґґП ННЦ ІґА досліджено полігон «Комунар» на території ДП Дґ «Граківське» Коротичанської сільради (Харківський район Харківської області), який являв собою багаторічний переліг, загальною площею 50 га.

Об'єкт дослідження – неоднорідність ґґП багаторічного перелогоу.

Предмет дослідження – загальні характеристики перелогової рослинності й основні показники ґрунту, що дають змогу визначити ґрунтові відміни в процесі тематичного дешифрування даних космічної зйомки.

На передпольовому, камеральному етапі підбрано й узагальнено фондові, архівні матеріали, побудовано цифрову модель рельєфу (далі – ЦМР) полігону та її похідні – картограми нахилу та солярної експозиції ґрунтової поверхні. Також здійснено дешифрування космічних знімків супутника Ландсат-8 (із просторовим розрізненням 28 м), що передбачало використання методів попередньої обробки зображень, їх статистичний аналіз і класифікацію за кластерним аналізом зображень трьох каналів зйомки: зеленого, червоного та ближнього інфрачервоного [7, с. 98–100; 12, с. 16–17]. При цьому використано геоінформаційні системи (ГІС) SAGA, ENVI та TNT-lite.

Отримані на цьому етапі цифрові карти використано для визначення точних географічних координат точок відбору проб ґрунту з його поверхневого шару (0–10 см), а також місць закладки ґрунтових розрізів з метою визначення морфологічної будови складників ґґП. На польовому етапі досліджень за допомогою приладів GPS, крім закладки й опису ґрунтових розрізів і прикопок, також здійснено ботанічне обстеження полігону.

Під час післяпольових, камеральних робіт створено базу даних для полігону, яка об'єднує як архівні та фондові матеріали, так і новостворений картографічний матеріал із вичерпною інформацією про географічні прив'язки дослідних точок, ґрунтових контурів, а також результати аналітичних досліджень ґрунтових зразків. У всіх відібраних ґрунтових зразках визначено уміст гумусу [10], гранулометричний склад [3], гідролітичну кислотність [5], рН сольовий [4], суму обмінних катіонів [2].

**Постановка завдання. Мета статті** – для розширення спектру практичного використання даних космічної зйомки високого просторового розрізнення для картографування та моніторингу сільськогосподарських земель апробувати методичні підходи до дешифрування космічних знімків земної поверхні в умовах розвитку перелогової рослинності.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** За результатами аналізу фондових та архівних матеріалів дослідного полігону встановлено, що в межах полігону визначено три виділи ґрунту: темно-сірий опідзолений слабозмитий (у північній частині поля), сірий опідзолений слабозмитий і сірий опідзолений середньозмитий ґрунти, відповідно, в центральній і південно-східній частинах полігону (рис. 1).

Побудова ЦМР і її похідних на основі топографічної карти полігону масштабу 1:10000 дала змогу визначити, що територія дослідного поля представлена схилами різної експозиції, які є відмінними за формою, крутизною та довжиною. Зокрема, південна частина поля має східну й частково південно-східну експозиції, північна частина – північну та північно-східну експозицію (рис. 2).

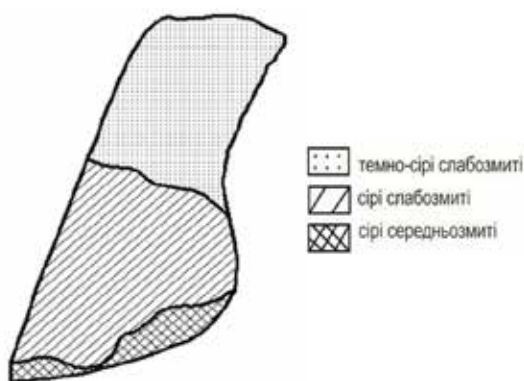


Рис. 1. Фрагмент архівної ґрунтової карти для полігону «Комунар»

На початковому етапі проведено обробку космічного знімку перелого, яка включала радіометричне корекцію, просторову фільтрацію й атмосферну корекцію знімка, а також його дискретизацію на рівні трьох класів, що дало змогу визначити розподіл у межах полігону трьох рослинних асоціацій.

Під час польового обстеження встановлено, що рослинний покрив полігону в основному представлено полином гірким, пириєм повзучим і злаковим різнотрав'ям. Проектне

покриття охарактеризовано як щільне, подекуди місцями змінюється на розріджене, що відповідає ділянкам поверхні (рис. 2б), для яких значення крутизни варіює в діапазоні від 3 до 5.

Перша з рослинних асоціацій розташована на південній і південно-східній експозиції, має зріджене проективне покриття, складається з пирию повзучого (*Elymus repens* L.), війника повзучого (*Calamagrostis epigeios* L.), але переважає полин гіркий (*Artemisia absinthum* L.).

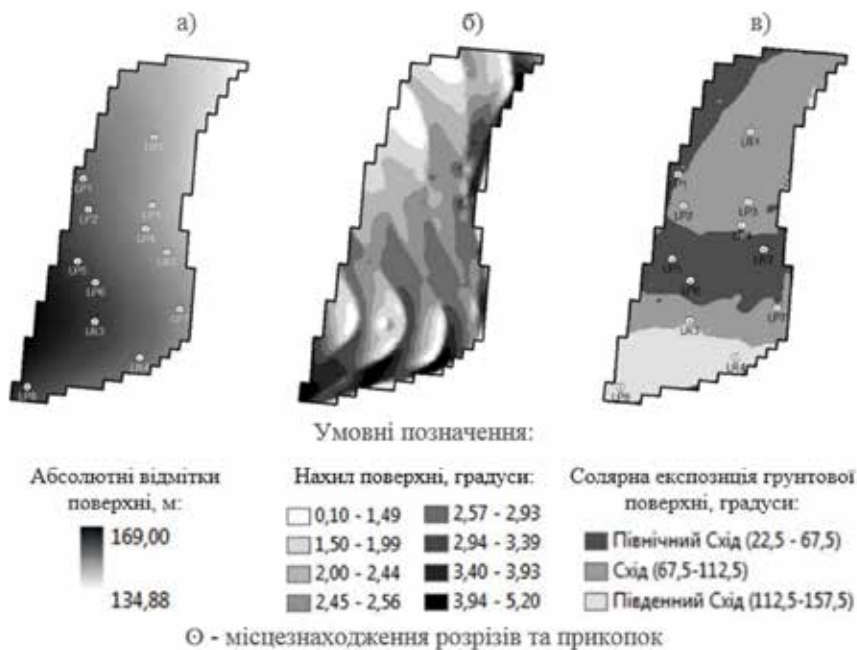


Рис. 2. Картограми показників рельєфу: а) цифрова модель; б) картограма ухилів; в) картограма експозиції

Друга асоціація займає ділянки схилу східної та північно-східної експозицій, що зумовило переважання злакового різнотрав'я, яке представлено пижмою звичайною (*Tanacetum vulgare* L.), реп'яшком звичайним (*Agrimonia eupatoria* L.) з негустим, місцями зрідженим проєктивним покриттям, але також зі значним включенням полину гіркого (*Artemisia absinthium* L.).

Третя асоціація становить злакове різнотрав'я, в якому переважають конюшина (*Trifolium* L.), люцерна (*Medicago falcata* L.), деревій (*Achillea millefolium* L.), зумовлюючи більш щільне проєктивне покриття. Ця рослинна асоціація розташована на північній і північно-східній експозиціях схилу.

Під час класифікації космічних знімків полігону опрацьовано метод поступового збільшення класів або ступеня дискретизації зображення перелогової рослинності (від 2 до 4 класів), що дало можливість деталізувати умови її розвитку, одним із чинників якого є контурність ґрунтових відмін.

Загалом створені так картосхеми (рис. 3) можна вважати подібними до архівної карти (рис. 1) за основним місцезнаходженням найбільш відмінних виділів – сірого опідзоленого (клас 2 на рис. 3б) і темно-сірого (клас 1 на рис. 3б та 3в) ґрунтів.

За морфологічним описом ґрунтових розрізів також підтверджено наявність двох основних ґрунтових відмін – темно-сірого та сірого опідзолених малогумусних важкосуглинкових ґрунтів на лесовидному суглинку (таблиця 1).

Порівняльний аналіз властивостей ґрунтів дав змогу встановити мінливість ґрунтових властивостей для найбільшого за площею ареалу – сірого опідзоленого важкосуглинкового та слабозмитого ґрунтів.

Так, гідролітична кислотність верхнього шару ґрунту в другому та третьому розрізах є нижчою порівняно з першим і четвертим розрізом. Найбільший уміст гумусу в орному шарі зафіксовано в темно-сірому опідзоленому важкосуглинковому ґрунті на лесі (LR1), менший – у сірому опідзоленому важкосуглинковому

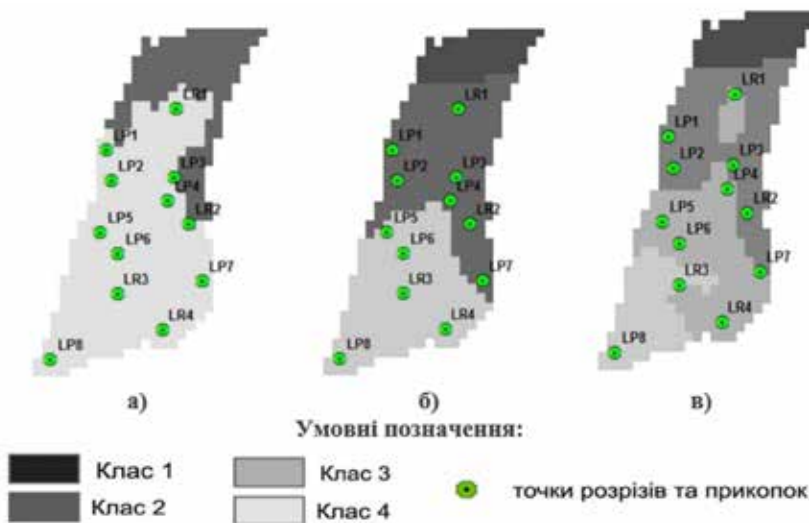


Рис. 3. Результати класифікації космічного зображення полігону «Комунар» в умовах перелого за кластерним аналізом:  
а) за двома класами; б) за трьома класами; в) за чотирма класами

Таблиця 1

## Зведені результати досліджень ґрунтових розрізів і прикопок

| Клас<br>(за рис.) | №<br>розрізу | Індекс<br>горизонту | Глибина,<br>см | Уміст<br>гумусу, % | Уміст фізичної<br>глини, % | pH<br>сольовий | Сума обмінних<br>катионів, ммоль/100 г | Гідролітична<br>кислотність |
|-------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------------|----------------------------|----------------|--|-----------------------------|
| Клас 2            | LR1          | HE                  | 0-27           | 3,16               | 53,11                      | 5,42           | 19,63                                  | 1,63                        |
|                   |              | HI                  | 27-46          | 2,42               | 57,05                      | 5,46           | 22,35                                  | 1,31                        |
|                   |              | Ih                  | 46-60          | 1,68               | 53,15                      | 5,31           | 18,68                                  | 1,31                        |
|                   |              | I                   | 60-90          | 1,05               | 54,79                      | 4,98           | 23,33                                  | 1,2                         |
|                   |              | PI                  | 100-120        | 0,73               | 64,2                       | 5,32           | 14,41                                  | 0,89                        |
|                   |              | Pk                  | 120...         | 0,52               | 62,22                      | 6,84           | не визн.                               | 0,27                        |
|                   | LR2          | HE                  | 0-28           | 2,84               | 53,94                      | 4,5            | 19,55                                  | 2,99                        |
|                   |              | HI                  | 28-48          | 2,11               | 56,01                      | 5,01           | 21,5                                   | 2,21                        |
|                   |              | Ih                  | 47-67          | 0,73               | 57,07                      | 5,16           | 21,2                                   | 1,53                        |
|                   |              | I                   | 67...          | 0,63               | 55,26                      | 5,63           | 18,35                                  | 1,06                        |
|                   |              | HE                  | 0-66           | 2,95               | 53,68                      | 5,73           | 21,9                                   | 1,23                        |
|                   |              | HE+HI               | 0-70           | 3,37               | 54,75                      | 4,24           | 17,08                                  | 2,99                        |
| Клас 3            | LP3          | HE                  | 0-25           | 3,05               | 56,58                      | 4,79           | 21,72                                  | 2,74                        |
|                   |              | HE                  | 0-27           | 2,95               | 51,27                      | 4,45           | 20,37                                  | 2,35                        |
|                   |              | HE                  | 0-26           | 2,32               | 51,69                      | 4,27           | 21,12                                  | 1,63                        |
|                   |              | HI                  | 26-38          | 1,05               | 55,65                      | 4,51           | 22,07                                  | 1,13                        |
|                   | LR4          | I                   | 38-100         | 0,76               | 54,16                      | 4,8            | 21,71                                  | 0,83                        |
|                   |              | PI                  | 100...         | 0,42               | 61,96                      | 4,62           | 24,86                                  | 0,73                        |
|                   |              | HE                  | 0-67           | 3,05               | 51,64                      | 4,25           | 18,85                                  | 2,57                        |
|                   |              | HE                  | 0-25           | 2,84               | 53,29                      | 4,76           | 18,85                                  | 3,26                        |
|                   | LP6          | HE                  | 0-30           | 2,84               | 50,8                       | 4,54           | 21,6                                   | 2,25                        |
|                   |              | HE                  | 0-30           | 3,05               | 53,96                      | 4,84           | 19,79                                  | 2,57                        |
|                   |              | HI                  | 30-52          | 1,79               | 55,07                      | 5,1            | 21,1                                   | 1,6                         |
|                   |              | Ih                  | 52-60          | 1,16               | 56,35                      | 5,59           | 23,01                                  | 1,53                        |
| LR3               | I            | 60-100              | 1,16           | 60,58              | 4,1                        | 20,64          | 1,26                                   |                             |
|                   | Pik          | 100-130             | 0,73           | 57,51              | 6,64                       | не визн.       | 0,23                                   |                             |
|                   | HE           | 0-31                | 2,32           | 51,69              | 4,73                       | 17,91          | 2,69                                   |                             |
|                   | HI           | 31-40               | 1,79           | 54,1               | 4,58                       | 19,49          | 2,8                                    |                             |
| Клас 4            | LP8          | I                   | 40...          | 1,05               | 48,25                      | 3,77           | 18,78                                  | 2,69                        |

ґрунті на лесі (LR3), ще менший – у темно-сірому опідзоленому малогумусному важкосуглинковому на лесі (LR2), найбільш низький – у сірому опідзоленому важкосуглинковому ґрунті зі слабким ступенем змитості (LR4), що можна пояснити проявом ерозійних процесів.

Різняться й значення вмісту гумусу на глибині підорного шару, але при цьому залишаються відносно високими показниками для темно-сірого опідзоленого важкосуглинкового ґрунту, тоді як для сірого опідзоленого важкосуглинкового й сірого опідзоленого важкосуглинкового слабозмитого є майже наполовину меншими.

Більш вирівняними за значенням для всіх типів ґрунтів є показники вмісту фізичної глини та суми обмінних катіонів, а от значення рН сольового є найбільшим у темно-сірого й сірого опідзолених важкосуглинкових ґрунтів на лесі, знижуються в малогумусного темно-сірого опідзоленого та слабозмитого сірого опідзоленого важкосуглинкового ґрунту (таблиця 1).

Крім цього, порівняльний просторовий аналіз контурності карт, які побудовані за даними космічної зйомки та цифрової моделі рельєфу полігону та її похідними, а також за даними геоботанічного опису, підтверджують залежність оптичних характеристик перелогової рослинності від морфологічних форм рельєфу поверхні та її параметрів.

Просторовий аналіз результатів класифікації космічного зображення перелогової рослинності й наземних обстежень ГП, характеристики рослинних асоціацій показав результативність проведених досліджень для деталізації контурності ґрунтових ареалів порівняно з архівною ґрунтовою картою.

**Висновки і пропозиції.** Отже, в результаті проведених досліджень на прикладі багаторічного перелогу підтверджено ефективність використання даних космічної зйомки рослинного покриву для просторової диференціації ГП, що відповідає чинним підходам до коректного визначення ґрунтових відмін для цілей великомасштабного обстеження та картографування ГП.

Багатомірність і кількісний характер даних БСКС, їх систематичне поновлення, а також значна кількість програмного забезпечення для оперативної та автоматизованої їх обробки дають змогу зробити висновок про перспективність їх використання як інформаційної основи сучасних технологій великомасштабного картографування ґрунтів і як компонентів методики ідентифікації ГП за допомогою космічної зйомки на принципах фітоіндикації. Отримані напрацювання являють собою практичний інструмент для обстеження ґрунтів у межах значного переліку сільськогосподарських угідь (переліг, сінокіс, пасовища, луки тощо) з метою їх великомасштабного картографування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. Москва : Наука, 1984. 320 с.
2. Ґрунти. Метод визначення обмінних кальцію, магнію, натрію і калію в ґрунті методом Шолленберґа в модифікації ННЦ ІґА: МВВ 31-497058-007-2005. *Методики визначення складу та властивостей ґрунтів*. Харків : ННЦ ІґА, 2005. Книга 2. С. 35–48.
3. ДСТУ 4730:2007 Якість ґрунту. Визначання гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського: ДСТУ 4730:2007. [Чинний від 2008-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.
4. ДСТУ ISO 10390:2007 Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT): ДСТУ ISO 10390:2007. [Чинний від 2009-10-01]. Київ : Держстандарт України, 2012. 4 с.

5. ДСТУ 7537:2014 Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності: ДСТУ 7537:2014. [Чинний від 2015-04-01]. Київ : Держстандарт України, 2015. 15 с.
  6. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв : учебное пособие для студентов вузов. Москва : Аспект Пресс, 2005. 190 с.
  7. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования. Москва : Техносфера, 2006. 336 с.
  8. Прогресивний підхід до традиційних великомасштабних обстежень ґрунтів / С.Р. Трускавецький, Т.Ю. Биндич, К.Я. Вяткін, О.І. Шерстюк, Л.П. Коляда. *Агрохімія і ґрунтознавство* : міжвідомчий тематичний науковий збірник. Вип. 86. Харків : ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2017. С. 58–63.
  9. Використання даних супутникової зйомки в системах точного землеробства / С.Р. Трускавецький, Т.Ю. Биндич, Л.П. Коляда, К.В. Вяткін, О.І. Шерстюк. *Інженерія природокористування*. 2017. № 1 (7). С. 29–35.
  10. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.
  11. Anu Rani Sharma, Badarinath K.V.S. and Roy P.S. Corrections for atmospheric and adjacency effects on high resolution sensor data – a case study using IRS-PP6 LISS-IV data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2008. Vol. XXXVII. Part B8. P. 497–502.
  12. Hijmans R.J., Guarin L., Cruz M. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS. *Plant Genetic Resources Newspaper*. Vol. 127. P. 15–19.
  13. Nurmiaty, Baja S. Spatial Based Assessment of Land Suitability and Availability for Maize (*Zea mays* L.) development in Maros Region, South Sulawesi, Indonesia. *Open Journal of Soil of Soil Science*. 2013. № 3. С. 244–251.
-