

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**ГЕБРИН-БАЙДИ ЛІЛІЯ ВАСИЛІВНА**

УДК 528.94:004:332.33

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ  
РОДЮЧОСТІ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО  
ПРИЗНАЧЕННЯ ЛАНДШАФТНИХ ЗОН ЗАКАРПАТТЯ**

05.24.04 – Кадастр і моніторинг земель

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Л. В. Гебрин-Байди

Науковий керівник Железняк Олег Олександрович, д. ф.-м. н., професор

Київ – 2018

## АНОТАЦІЯ

*Гебрин-Байди Л.В.* Застосування аерокосмічних методів для оцінювання родючості земель сільськогосподарського призначення ландшафтних зон Закарпаття. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.24.04 «Кадастр і моніторинг земель». – Національний авіаційний університет, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2018.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню теоретичних та практичних завдань оцінювання показників родючості земель сільськогосподарського призначення з використанням аерокосмічних методів та наземних даних на основі побудови статистичних лінійних регресійних залежностей та застосуванню нелінійних математичних моделей ефективності використання земель сільськогосподарського призначення різних ландшафтних зон Закарпаття.

Обґрунтовано та класифіковано основні показники родючості ґрунтів методами дистанційного зондування, що визначаються на основі інформації спектрофотометрії ландшафтів.

Досліджено та побудовано статистичну лінійну залежність між показниками стану рослинності, що отримані в результаті обробки мультиспектральних космічних знімків, та показниками родючості ґрунтів в умовах різних ландшафтних зон Закарпаття, яка дозволяє оцінювати та кількісно прогнозувати врожай сільськогосподарських культур.

Удосконалено оцінювання показників родючості ґрунтів на основі: проведення дешифрування мультиспектральних космічних зображень та застосування різних ґрунтових індексів для ідентифікації типів ґрунтів, застосування кількісного та напівкількісного підходу для визначення гранулометричного складу ґрунту, застосування різних комбінацій водних індексів для оцінки зволоженості ґрунтового покриву та застосування й

розробки різних спектральних індексів для кількісного визначення показника вмісту гумусу в ґрунті.

Створено та застосовано нелінійну математичну модель залежності економічної родючості від затрат і знайдено величину оптимальних затрат, за яких урожайність сільськогосподарських культур у різних ландшафтних зонах Закарпаття досягає максимальних значень.

У розділі 1 розглянуті напрями дослідження у системі землекористування вибраного регіону, проведено аналіз особливостей сучасного моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи. Розглянуто теоретичні аспекти родючості ґрунтів і встановлено, що надзвичайно важливим та передовим питанням є застосування новітніх інформаційних підходів, передусім геоінформаційних, при дистанційному оцінюванні стану земель сільськогосподарського призначення для надання практично доцільних та науково обґрунтованих рекомендацій щодо раціонального, економічно вигідного та екологічно безпечного користування земельними ділянками. Проаналізовано доцільність застосування аерокосмічних досліджень для вивчення стану земель сільськогосподарського призначення, що мають на меті запровадження системи єдиного аерокосмічного моніторингу за змінами родючості ґрунтового покриву. Проведено аналіз та класифікацію основних показників родючості ґрунтів методами дистанційного зондування та виокремлено показники родючості ґрунтів, які визначаються на основі інформації про спектральну яскравість, із застосуванням методів дистанційного зондування.

Сформульовано загальну постановку завдання.

У розділі 2 розглянуто та проаналізовано статистичну інформацію щодо стану земель Закарпатської області. Встановлено, що необхідно доповнити наземну систему моніторингу за рахунок аерокосмічної інформації, що ґрунтується на застосуванні різночасових мультиспектральних знімків. Проаналізовано дані, що містяться у паспортах моніторингових ділянок,

щодо показників родючості ґрунтів і побудовано картосхеми й графіки різночасового вмісту гумусу в ґрунтах. Виявлено, що землі на ділянках районів низинної ландшафтної зони характеризуються низькою родючістю, а ґрунти, що розташовані у гірській частині області, характеризуються високим показником вмісту гумусу.

Застосовано та удосконалено методичний підхід до дослідження залежності стану та кількості рослинності від показників родючості ґрунтів в умовах різновисотних ландшафтних зон області, який дав змогу оцінювати та прогнозувати кількісний врожай сільськогосподарських культур. На основі цього підходу можна отримувати щомісячну локальну та опосередковану інформацію про стан і кількість рослинності, що допоможе у виборі відповідних агротехнічних заходів щодо покращення врожайності.

У розділі 3 розглянуто, проаналізовано та удосконалено методи ідентифікації типів ґрунтів на основі дешифрування й обробки мультиспектральних космічних зображень, а також проведення математичних обрахунків за даними спектральних каналів різних діапазонів електромагнітного спектра та матеріалами наземних статистичних досліджень. Важливою перевагою ґрунтових індексів є те, що вони є кількісними показниками, тому на їх основі можна провести стандартизацію автоматизованого дешифрування ґрунтового покриву.

Удосконалено методичні підходи до визначення гранулометричного складу ґрунту на основі спектральних яскравостей каналів космічних знімків та відсоткового показника кількості гранулометричних частинок, що отримані на базі наземних досліджень. Встановлено, що використання математичних обрахунків дає точніші результати, ніж процес класифікації за спектральними даними пікселів.

Удосконалено процес визначення та оцінювання показника вологості ґрунту на основі обробки мультиспектральних космічних зображень і проведення відповідних математичних обчислень за даними яскравостей спектральних каналів. Обґрунтовано застосування нормалізованого водного

індексу NWI, що розраховується за даними мультиспектральної космічної зйомки на основі нормованої різниці спектрального відбиття у короткохвильовій інфрачервоній смузі спектра. Визначено доцільність застосування короткохвильових інфрачервоних каналів для моніторингу ділянок зволоження поверхневого шару ґрунту під час вирішення агротехнічних проблем.

Застосовано та удосконалено моделі визначення та оцінювання кількісного показника вмісту гумусу в ґрунті за даними аерокосмічних і наземних досліджень в умовах різно-висотних ландшафтних зон області. Використання розроблених спектральних індексів дає змогу оперативно та достовірно отримувати інформацію про кількісні показники вмісту гумусу в ґрунті для прийняття раціональних управлінських рішень щодо застосування доцільних агротехнічних заходів для запобігання зниження родючості ґрунтів відповідно до ландшафтних зон.

У розділі 4 розглянуто і встановлено, що економічна родючість ґрунтів Закарпаття для різних ландшафтних зон нелінійно залежить від затрат на вирощування сільськогосподарських культур.

Виявлено існування стану насичення родючості ґрунтів залежно від затрат на вирощування основних сільськогосподарських культур.

Запропоновано нелінійну математичну модель залежності економічної родючості від затрат і знайдено величину оптимальних затрат, за яких урожайність сільськогосподарських культур у різних ландшафтних зонах Закарпаття досягає максимальних значень.

Здійснено класифікацію земель сільськогосподарського призначення Закарпаття залежно від ландшафтних зон розташування і показників родючості ґрунтів.

Використання розроблених нелінійних математичних моделей залежності економічної родючості земель від затрат підвищує конкурентоспроможність сільськогосподарського виробництва і є основою для прийняття раціональних управлінських рішень.

Підтвердженням зазначеного є подані у додатку до дисертації акти впровадження розроблених моделей у різних установах та організаціях, що пов'язані із використанням земельних ресурсів Закарпаття.

Ключові слова: аерокосмічні методи, ґрунти, дистанційне зондування Землі, економічна родючість земель, ефективність використання земель, лінійні та нелінійні залежності, моніторинг земель, мультиспектральні космічні знімки, сільськогосподарські землі, Закарпаття.

### **ABSTRACT**

*Hebryn-Baidy L.V.* Application of aerospace methods in agricultural soil fertility evaluation of Zakarpattia landscape zones. – Qualification scientific paper accepted as monograph.

Dissertation for a degree of the Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) on the speciality 05.24.04 «Cadastre and monitoring of lands». – National Aviation University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

Dissertation is devoted to solving theoretical and practical problems of evaluating the agricultural soil fertility indicators with the usage of aerospace methods and land data based on construction of linear regression dependence and application of non-linear agricultural lands' efficiency models to different landscape zones in Zakarpattia.

Main indicators of soil fertility were justified and classified using the methods of remote sensing that are identified based on the information from landscape spectrophotometric analysis.

The statistical linear dependence between the indicators of the vegetation state obtained as a result of multi-spectrum space images' processing and the soil fertility indicators under the conditions of different landscape zones in Zakarpattia was studied and constructed. This statistical linear dependence enables evaluation and quantitative forecasting of the agricultural crop harvest.

The methods of soil fertility evaluation are improved using: deciphering of multi-spectrum space images and application of various soil indices for identifying

of the soil type, application of quantitative and semi- quantitative approach for identifying of particle-size content of soil, different combinations of water indices for evaluation of soil moisture and development and application of spectral indicators in quantitative identification of the humus level indicator in soil.

Non-linear mathematical model of dependence of economic fertility on cost was designed and applied. The optimal value of cost was identified under which crops fertility in different landscape zones of Zakarpattia reaches the maximum level.

In Chapter 1, directions of research in the system of land use for the given region are studied. Analysis of the features of modern monitoring of agricultural land is carried out and rationale of the dissertation is formulated.

Theoretical aspects of soil fertility are considered and it is stated that significant importance and actuality should be attached to the matter of innovative informational approaches, in particular GIS application to evaluation of agroecological state of the agricultural land as foundation for scientifically grounded recommendations for rational, ecologically safe agricultural land use.

The methodological approaches of aerospace survey to study of the state of agricultural land which are aimed at implementing the unified system of aerospace monitoring of the change in soil fertility are analyzed.

Analysis and classification of the main soil fertility indicators with the help of remote sensing methods are performed. Soil fertility indicators that are identified based on spectral brightness information with the help of remote sensing are defined.

General problem was stated.

In Chapter 2, statistical information about the state of Zakarpattia oblast lands is considered and analyzed. It is defined that the ground monitoring system should be added with the aerospace information which is based on usage of asynchronical multi-spectral images.

Data that is contained in passports of monitoring sections is analyzed against soil fertility indicators, and maps and graphs of asynchronical humus level in soil

are designed. It is revealed that the soil in the sectors of regions with lowland landscape area features low humus level, whereas the soil located in highlands of the oblast is characterized with high humus level.

Methodological approach to research of the dependence of the state and amount of plants on the indicators of soil fertility in various landscape zones of the oblast is applied and improved. This approach enables evaluation and forecasting of the quantitative harvest of crops. Based on the proposed approach local monthly and average information on the state and amount of plants can be obtained which instruments the choice of the relevant agrotechnical measures to increase yield.

In Chapter 3, methods of identification of the types of soil were regarded, analyzed and improved based on deciphering and processing of multi-spectral space images and conducting of mathematical calculations using the data from spectral channels of various range of electromagnetic spectrum and materials of ground statistical research. An important asset of soil indicators is the fact that they are quantitative rates, thus can serve foundation for standardization of automatic soil deciphering.

Methodological approaches to defining of the particle-size content of soil based on spectral brightness of channels on the space images and percent indicator of the quantity of particle-sizes obtained using the ground survey are improved. It is summarized that mathematical calculations enable more precision of findings than classification on the spectral pixel data of.

The process of identifying and evaluating of the soil moisture indicator was improved by way of applying processing of multi-spectral aerospace images and conducting mathematical calculations on the data of spectral brightness of channels.

Usage of the normalized index of NWI which is calculated on data from multi-spectral aerospace imaging on the basis of normalized difference of the spectral reflection in short-wave infrared spectral band is justified. Efficiency of this index in application to soil moisture evaluation for solving agrotechnical problems is proved.



Methodological approaches to identifying and evaluating the quantitative indicator of humus level with the help of aerospace and ground research under conditions of various landscape zones of the oblast is used and improved. To enhance the approach to estimating the quantitative indicators of humus levels based on the data of spectrophotometric analysis of landscape zones new models of dependence of humus level on brightness channels and spectral indicators of visible and infrared electromagnetic spectrum are proposed.

As a result of mathematical processing of the indicators it was observed that power dependence based on the model with six spectral channels Landsat is best used for identification and evaluation of quantitative indicators of humus level in soil following ground and satellite research. Given less number of channels, other models with lower standard deviation can be applicable.

Application of the designed spectral indicators enables operational and precise collection of information on quantitative indicators of humus level in soil for rational managerial decision-making about utilization of applicable agrotechnical means for prevention of soil fertility reduction in relation to landscape zones of the region.

In Chapter 4, it was discussed and stated that economic fertility of soil in Zakarpattia for different landscape zones depends on cost for growing agricultural crops. The state of soil fertility saturation according to costs for growing agricultural crops is discussed.

Non-linear mathematical model of dependence of economic soil fertility on cost is proposed and the value of optimal cost is defined at which the fertility of farm crops in different landscape zones in Zakarpattia reached the maximum level.

Agricultural lands of Zakarpattia depending on location of landscape zones and soil fertility indicators were classified.

Usage of the designed non-linear mathematical models of dependence of economic soil fertility on cost increases competitiveness of agricultural production and serves the basis for rational decision-making.

Evidence of the stated above is the acts of implementation for the designed models in different institutions and organizations connected with land use in Zakarpattia that are suggested in the appendix to the dissertation

Key words: aerospace methods, soil, remote sensing, economic soil fertility, efficiency of soil utilization, linear and non-linear dependencies, monitoring of land, multi-spectral space images, agricultural land, Zakarpattia.

Список опублікованих праць, що відображають основні наукові результати  
дисертації

Публікації у наукових виданнях, що входять до міжнародних  
наукометричних баз

1. Gebrin L. V. Comprehensive technique for constitution estimation based on satellite observation methods / L. V. Gebrin, O. O. Zeleznyak, Y. I. Velikodsky, Y. Y. Bandurovich // Proceedings of the National Aviation University. – 2015. – N 3 (64) – P. 91–97.

2. Гебрин-Байди Л. В. Визначення та оцінювання кількісних показників родючості ґрунтів методами дистанційного зондування Землі / Л. В. Гебрин-Байди // Геоінформатика. – 2017. – № 3 (63). – С. 67–75.

3. Gebryn-Baydi L. V. Application of remote sensing methods to evaluation of soil fertility indicators of Zakarpattia lands / L. V. Gebryn-Baydi // Geodesy, cartography and aerial photography. – 2017. – N 85. – pp. 47–58.

4. Гебрин-Байди Л. В. Розробка нелінійної математичної моделі для оцінювання ефективності використання земель ландшафтних зон Закарпаття: [електронний ресурс]. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. № 4 (68). Режим доступу до статті: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/368>.

*Публікації у наукових фахових виданнях України*

5. Гебрин Л. В. Застосування даних дистанційних аерокосмічних методів для узагальненої оцінки стану ґрунтів регіону / Л. В. Гебрин, О. І. Сахацький // Геоінформатика. – 2015. – № 3 (55). – С. 68–76.

6. Гебрин Л. В. Застосування аерокосмічних методів для визначення ефективності використання земельних ресурсів Закарпаття / Л. В. Гебрин, О. О. Железняк // Наукоємні технології. – К.: НАУ. – 2014. – № 4. – С. 518–521.

7. Гебрин Л. В. Аналіз застосування аерокосмічних методів та технологій ефективності використання земельних ресурсів / Л. В. Гебрин //

Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА. – 2014. – № 53. – С. 49–51.

8. Гебрин Л. В. Використання даних дистанційного зондування землі та наземних досліджень для оцінювання стану ґрунтового покриву Закарпатської області / Л. В. Гебрин, Ю. Ю Бандурович // Вісник геодезії та картографії. – 2015. – № 2. – С. 30–35.

#### Публікації в інших виданнях

9. Гебрин Л. В. Концепція розробки комплексної системи оцінки стану сільськогосподарських земель / Л. В. Гебрин, В. І. Зацерковний та ін. // Вісник астрономічної школи. – 2014. – № 1, т. 10. – С. 56–62.

10. Гебрин Л. В. Обґрунтування технічних параметрів функціонування космічних апаратів в задачах моніторингу земельних ресурсів / Л. В. Гебрин // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2014. – № 2. – С. 41–46.

11. Гебрин-Байди Л. В. Нелінійна математична модель економічної родючості ґрунтів ландшафтних зон Закарпаття / Л. В. Гебрин-Байди, О. О. Железняк, А. О. Терещенко // Вісник астрономічної школи. – 2016. – № 1, т. 12. – С. 190–195.

12. Гебрин-Байди Л. В. Використання космічної спектрофотометрії для дистанційного визначення фізико-хімічних властивостей ґрунтів ландшафтних зон Закарпаття / Л. В. Гебрин-Байди, О. О. Железняк, В. Ю. Беленок та ін. // Вісник астрономічної школи. – 2016. – № 2, т. 12. – С. 57–67.

#### Публікації у збірниках матеріалів конференцій

13. Гебрин Л. В. Інтерпретація космічних знімків з використанням прямих дешифрувальних ознак / Л. В. Гебрин // Актуальні проблеми астрономії та космонавтики: Міжнар. наук. конф. «Астрономічна школа молодих вчених» 15–17 трав. 2013 р.: матер. конф. – Біла Церква, 2013. – С. 12–13.

14. Гебрин Л. В. Використання матеріалів дистанційного зондування та геоінформаційних систем для забезпечення ефективного агрохімічного

моніторингу земель / Л. В. Гебрин, О. О. Железняк // Проблеми і перспективи сталого розвитку та просторового планування території: Всеукр. Інтернет-конф. 18 березня. 2015 р.: матер. конф. – Полтава, 2015. – С. 27–30.

15. Гебрин Л. В. Сучасні методи обробки гіперспектральної аерокосмічної інформації за даними дистанційного зондування Землі / Л. В. Гебрин // Геодезія. Землеустрій. Природокористування: присвячується пам'яті П. Г. Черняги: Всеукр. наук.-практ. конф., 5–6 лист. 2014 р.: матер. конф. – Рівне, 2014. – С. 12–14.

16. Гебрин Л. В. Застосування аерокосмічних методів для вивчення динаміки гумусового шару ґрунтів / Л. В. Гебрин // Матер. XII міжн. наук.-техн. конф. «Авіа-2015» секція 25 «Дистанційні аерокосмічні дослідження» 28–29 квіт. 2015 р.: матер. конф. – К., 2015. – С. 17–18.

17. Гебрин Л. В. Использование методов дистанционного зондирования земель для мониторинга плодородия почв / Л. В. Гебрин // Всеукраїнська науково-практична конференція «Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості» 16–17 вересня 2015. – Одеса. – С. 12–13.

18. Gebrin L. Spectral characteristics of the soil surfaces / L. Gebrin // Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів з міжнародною участю «Проблеми та перспективи розвитку авіації та космонавтики» 28–29 жовтня 2015. – Київ. – С. 9–10.

19. Гебрин-Байди Л. В. Дешифрування космічних знімків для визначення гранулометричного складу ґрунту / Л. В. Гебрин-Байди // Матер. XVI міжнар. наук.-практ. конф. «Політ. Сучасні проблеми науки» 6–8 квітня 2016. – К., 2016. – С. 6–7.

20. Гебрин-Байди Л. В. Застосування різницевого водних індексів для оцінювання вологості ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення / Л. В. Гебрин-Байди // Матер. XVII міжнар. наук.-практ. конф. «Політ. Сучасні проблеми науки» 6–8 квітня 2017. – К., 2017. – С. 6–7.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	16
ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1. Аналіз стану та сучасні тенденції застосування даних аерокосмічних досліджень для оцінювання родючості земель сільськогосподарського призначення .....	26
1.1. Обґрунтування особливостей сучасного моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення .....	26
1.2. Важливість аерокосмічних методів у дослідженнях стану земель сільськогосподарського призначення .....	36
1.3. Аналіз та класифікація основних показників родючості ґрунтів методами дистанційного зондування земних ландшафтів .....	44
Висновки до першого розділу .....	53
Список використаних джерел до розділу 1 .....	55
РОЗДІЛ 2. Особливості сучасного стану родючості земель сільськогосподарського призначення Закарпаття .....	65
2.1. Природно-геоморфологічні особливості досліджуваної території .....	65
2.2. Аналіз наземного моніторингу земель сільськогосподарського призначення на основі мережі моніторингових ділянок .....	72
2.3. Використання мережі моніторингових ділянок для оцінювання стану родючості ґрунтів ландшафтних зон Закарпаття .....	79
2.4. Дослідження залежності стану рослинності від родючості ґрунтів в умовах різних ландшафтних зон Закарпаття на основі аерокосмічної інформації .....	87
Висновки до другого розділу .....	102
Список використаних джерел до розділу 2 .....	104
РОЗДІЛ 3. Застосування аерокосмічних методів для моніторингу родючості земель сільськогосподарського призначення різних ландшафтних зон.....	108

3.1. Дослідження типів ґрунтів на основі розрахунку ґрунтових індексів у процесі дешифрування космічних знімків.....	108
3.2. Методи визначення гранулометричного складу ґрунту з використанням ознак дешифрування космічних знімків .....	117
3.3. Оцінювання вмісту вологи в ґрунті на основі розрахунку водного індексу за даними дешифрування космічних знімків.....	126
3.4. Визначення кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті за даними спектрофотометрії ландшафтних зон .....	138
Висновки до третього розділу .....	163
Список використаних джерел до розділу 3 .....	165
<b>РОЗДІЛ 4. Ефективність використання земель сільськогосподарського призначення Закарпаття .....</b>	<b>172</b>
4.1. Сучасне використання земель сільськогосподарського призначення ландшафтних зон Закарпаття .....	172
4.2. Суть ефективності використання земель сільськогосподарського призначення.....	180
4.3. Створення та застосування нелінійних математичних моделей ефективності використання земель сільськогосподарського призначення .....	183
Висновки до четвертого розділу .....	194
Список використаних джерел до розділу 4 .....	195
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>197</b>
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>199</b>

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АМ – аерокосмічні методи

АКМ – аерокосмічний моніторинг

ГІС – геоінформаційна система

ГІА – геоінформаційний аналіз

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі

КЗ – космічний знімок

КМ – космічний моніторинг

МД – моніторингові ділянки

МРГ – моніторинг родючості ґрунтів

СК – спектральний канал

NDVI – вегетаційний індекс

Gact – фактичний показник вмісту гумусу в ґрунті

SI – ґрунтові індекси



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Земельні ресурси відіграють важливу роль у розвитку економіки України, оскільки використовуються у виробництві сільськогосподарської продукції і мають значну ринкову вартість. Сільське господарство, а саме розвиток та збалансоване його ведення, є однією з найважливіших проблем сьогодення в умовах агропромислової політики України. У сучасній системі землеробства спостерігається інтенсивне використання земельного фонду, яке призводить до появи негативних процесів (стійкої зміни функції ґрунту, погіршення якісних і кількісних показників, втрати родючості). Родючість земель є важливою характеристикою, яка визначає виробничу вартість цього природного ресурсу. Інтенсивне використання земельних угідь породжує зміни родючості та призводить до збільшення затрат для вирощування сільськогосподарських культур, а також зростання собівартості продукції, зменшення конкурентоспроможності на ринку сільськогосподарських товарів. Про важливість проблеми свідчать законодавчі акти та програмні документи, прийняті Верховною Радою України та Кабінетом Міністрів України стосовно проведення моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та збереження їх родючості. У зв'язку з цим необхідно здійснювати оперативний моніторинг ґрунтів, а саме їх родючого шару, на землях сільськогосподарського призначення для підвищення ефективності використання земельних ресурсів у кожному регіоні України.

Потребує наукового обґрунтування й удосконалення система моніторингу ґрунтового покриву, прикладне значення якої полягає у визначенні стану ґрунтового покриву і тенденції його зміни, екологічних й економічних наслідків деградації земель, а також надання даних для прийняття ефективних управлінських рішень.

Наземні методи картографування якості ґрунтів регіону, проведення ландшафтно-факторного знімання і безпосереднє вивчення їх фізико-

хімічних властивостей пов'язані із значними трудовими і фінансовими затратами.

Серед наявних сучасних методів отримання інформації найбільш оперативним є космічне дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Сучасний етап використання даних космічного моніторингу (КМ) земельних ресурсів сприяє вирішенню широкого кола завдань, пов'язаних з оцінюванням показників родючості ґрунтів, проведенням необхідних агротехнічних заходів та підвищенням ефективності використання земель сільськогосподарського призначення на регіональному рівні.

За останні роки під час створення різних систем моніторингу агроресурсів доведено, що найефективнішими є методи, які засновані на використанні й аналізі різночасових космічних зйомок. Отримана інформація дозволяє вести безперервний моніторинг земель сільськогосподарського призначення, створювати бази різночасових космічних знімків, що слугують основою для проведення порівняльного статистичного аналізу, моделювання та прогнозування стану родючості ґрунтів.

Теоретичну основу дисертаційного дослідження для розв'язання науково-прикладних завдань застосування дистанційних аерокосмічних методів з метою моніторингу оцінювання якісного стану земель становлять наукові праці: А. Ачасова, Г. Андрусенка, Д. Бідолах, Х. Бурштинської, М. Волощука, А. Владичевського, О. Дорожинського, О. Железняка, Г. Жолобак, В. Зацерковного, С. Кочубей, С. Кохан, Н. Куссуль, А. Москаленко, Р. Пастернака, Р. Панаса, В. Польового, М. Попова, Е. Руднева, О. Сахацького, А. Сохничка, С. Станкевича, С. Трускавецького, Т. Шадчиної, А. Шатохіна і М. Лидіна, О. Федоровського, а також праці закордонних вчених: В. Гершензова, А. Маслова, В. Козодерова, G. Andersen, G. Asrar, F. Baket, P. Chavez, R. Crippen, D. Gates, M. Griffin, A. Huete, J. Messina, J. Rouse, D. Tanre та інших.

Під час аналізу великої кількості фахових публікацій з'ясовано, що на сьогодні недостатньо вивчене використання даних ДЗЗ і геоінформаційного

аналізу (ГІА) для забезпечення досліджень динаміки показників родючості ґрунту. Потребує поглибленого вивчення комплекс питань, пов'язаних з визначенням переліку показників родючості ґрунту на основі спектральних яскравостей знімків, ефективністю використання різних груп вегетаційних індексів (ВІ), оптимізацією кількості спектральних сигнатур та періодичності проведення космічних зйомок (КЗ).

Позитивний результат у розв'язанні завдань оцінювання родючості земель сільськогосподарського призначення потребує раціонального використання експертних процедур та факторного аналізу, які базуються на даних наземних досліджень та ДЗЗ, застосуванні математичного апарату системного аналізу та прикладного програмного забезпечення.

Світовий досвід свідчить, що розвиток космічних методів оцінки земельних ресурсів дає змогу давати оперативну, постійно оновлюючу інформацію про якість земельного фонду регіону. Водночас дистанційна оцінка ґрунтового та рослинного покриву на основі мультиспектрального сканування важлива, насамперед, для вдосконалення принципів і методів ґрунтового картографування з метою моніторингу родючості ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення.

Таким чином, актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю розробки та практичного впровадження методології використання серії мультиспектральних знімків для моніторингу показників родючості земель сільськогосподарського використання з урахуванням специфіки ландшафтних зон Закарпаття для забезпечення достовірною та оперативною просторово-часовою інформацією у прийнятті рішень, пов'язаних з управлінням земельними ресурсами.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Вибраний напрям пов'язаний з науковими дослідженнями кафедри аерокосмічної геодезії Національного авіаційного університету і науково-дослідною державно-бюджетною темою «Спектрофотометрія і дешифрування ландшафтів» (№ 0107U001367, 2012-2014 рр.). Тематика

дисертаційної роботи відповідає концепції Державної програми «Підвищення родючості ґрунтів на період 2015-2016 рр.».

Зокрема, автору у розробці даної теми належить проведення на основі аерокосмічних методів оцінювання родючості ґрунтів і створення математичних моделей ефективності використання земель сільськогосподарського призначення різних ландшафтних зон Закарпаття.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є розв'язання науково-прикладного завдання оцінювання показників родючості земель сільськогосподарського призначення з використанням аерокосмічних методів на основі побудови статистичних лінійних регресійних залежностей та розроблення й застосування нелінійних математичних моделей ефективності використання земель сільськогосподарського призначення різних ландшафтних зон Закарпаття.

Для досягнення цієї мети в роботі визначено такі основні *завдання*:

- аналіз та класифікація основних показників родючості ґрунту, що визначаються дистанційними аерокосмічними методами;
- аналіз сучасного стану ґрунтового покриву регіону та встановлення взаємозв'язку між родючістю ґрунту та показниками стану рослинності на основі наземної та супутникової інформації;
- удосконалення процесу оцінювання показників родючості ґрунту із застосуванням серії різночасових супутникових знімків та інформації агрохімічного обстеження моніторингових ділянок на основі лінійних регресійних залежностей;
- створення та застосування нелінійної математичної моделі ефективності використання земель Закарпаття з урахуванням залежності економічної родючості земель від агротехнічних затрат на вирощування різних сільськогосподарських культур.

**Об'єкт дослідження** — землі сільськогосподарського призначення та показники родючості ґрунтів ландшафтних зон Закарпаття.

**Предмет дослідження** — дистанційні аерокосмічні методи оцінювання показників родючості земель сільськогосподарського призначення.

**Методи дослідження.**

Для розв'язання поставлених завдань використовувались дистанційні та геоінформаційні технології. Відповідно до сформульованої мети роботи визначено такі методи дослідження:

- структурно-текстурний аналіз космічних знімків для отримання інформації про особливості вибраних ландшафтних зон Закарпаття;
- візуальне дешифрування космічних зображень для підготовки супутникових даних для подальшої автоматизованої обробки;
- геопросторовий аналіз для вивчення динаміки родючості земель;
- територіально-картографічний метод для проведення оцінки ефективності використання земельних ресурсів;
- математично-статистичний метод для статистичної обробки результатів супутникових та наземних вимірювань, визначення кореляційної залежності між основними показниками, що характеризують стан земель, оцінки коефіцієнтів кореляції.

**Інформаційна база дисертації:** офіційні дані паспортизації ґрунтів Державної установи «Інститут охорони ґрунтів у Закарпатській області», статистичні дані ДССУ «Головне управління статистики у Закарпатській області», офіційні дані Басейнового управління водних ресурсів річки Тиса Державного агентства водних ресурсів України щодо показників природної вологості ґрунтів Закарпатської області, супутникові знімки Landsat TM, ETM +, OLI що отримані із сайту NASA glovis.usgs.gov.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у розв'язанні важливих науково-практичних завдань удосконалення оцінювання показників родючості ґрунтів на основі застосування аерокосмічних методів та розробці нелінійних математичних моделей ефективності використання земель сільськогосподарського призначення з урахуванням залежності

економічної родючості земель від агротехнічних затрат на вирощування сільськогосподарських культур.

До основних теоретичних та практичних результатів досліджень належать:

**Вперше:**

1. Здійснено класифікацію земель сільськогосподарського призначення Закарпаття залежно від ландшафтних зон розташування на основі космічних та наземних спостережень.

2. Встановлено, що економічна родючість земель нелінійно залежить від затрат на вирощування вибраних сільськогосподарських культур.

3. Запропоновано та застосовано нелінійну математичну модель залежності економічної родючості земель від величини затрат на вирощування сільськогосподарських культур та знайдено величину затрат, у яких економічна родючість досягає максимальних значень.

4. Виявлено, що для визначення кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті за даними супутникових та наземних спостережень застосування моделей з використанням ближнього інфрачервоного каналу, спектрального індексу *NIR/Red* та степеневих моделей з червоним спектральним каналом найкраще відповідають статистичним даним наземних спостережень. Визначено із запропонованих моделей, оптимальну, в якій середній квадрат відхилень мінімальний.

**Удосконалено:**

5. Оцінювання вологості ґрунтового покриву на основі математичного опрацювання значень індексів, що розраховуються із використанням нормованої різниці спектрального відбиття в середній інфрачервоній зоні *Swir 1* (1560–1650 мкм) та *Swir 2* (2100–2300 мкм) електромагнітного спектра.

6. Знаходження статистичної регресійної лінійної залежності між відносною кількістю та загальним станом рослинності і показниками родючості ґрунтів в умовах різних ландшафтних зон Закарпаття.

### **Отримали подальший розвиток:**

7. Методи дистанційного вивчення особливостей показників родючості ґрунту, що визначаються взаємозв'язком наземної та супутникової інформації.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Удосконалені методи та розроблені моделі, що використані як інструмент для прийняття раціональних управлінських рішень при оцінюванні показників родючості ґрунтів із застосуванням аерокосмічних методів, а також для підвищення ефективності використання земельних ресурсів Закарпатського регіону та проведення відповідних агротехнічних заходів для покращення економічної родючості земель сільськогосподарського призначення.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені у навчальний процес на кафедрі аерокосмічної геодезії Національного авіаційного університету під час підготовки фахівців у галузі геодезії та землеустрою, у науково-дослідних роботах Державної установи «Інститут охорони ґрунтів» у Закарпатській області та Державної установи «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», а також використані Українським аграрним холдингом, а саме ТОВ «Агролучки», та можуть бути застосовані в інших земельно-кадастрових службах України.

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення та результати досліджень дисертаційної роботи одержані автором самостійно та викладені у роботах [1-27]. Автор особисто проаналізував та узагальнив можливості використання різночасових космічних зйомок для розв'язання проблеми оцінювання показників родючості земель сільськогосподарського призначення [1,5]. Автор самостійно обробив та систематизував матеріали власних досліджень – дані тематичного дешифрування 35 космічних знімків за період з 2010 по 2013 рр. та дані наземних досліджень 2010–2013 рр. у межах моніторингових ділянок [6,8]. Теоретично обґрунтовано та

удосконалено методику оцінювання показників родючості земель Закарпаття [10]. Серед наукових праць, які опубліковано у співавторстві, в роботі використано тільки ті положення та результати, які належать автору: визначення основних показників родючості ґрунтів за даними аерокосмічного знімання території Закарпаття та участь в обробці даних проведеного агротехнічного обстеження земель, визначення особливостей ефективності використання земель сільськогосподарського призначення [11,12]; побудова статистичних лінійних регресійних залежностей між показниками спектральної яскравості ґрунту у вибраних каналах знімку та фактичними даними вмісту гумусу, опрацювання методики з визначення показників родючості ґрунтів дистанційними аерокосмічними методами, проведення порівняльного аналізу отриманих результатів з наземними спостереженнями [14]; оцінювання стану сільськогосподарських земель на основі геоінформаційного аналізу, побудова картосхем та інтерпретація результатів [15,16]; авторські роботи [2,3,4,7,9,13,17-20].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та отримали схвалення на таких наукових конференціях: міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми астрономії та космонавтики», «Астрономічна школа молодих вчених» (Київ – Кам'янець-Подільський, 2012); міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми астрономії та космонавтики», «Астрономічна школа молодих вчених» (Київ–Біла Церква, 2013); всеукраїнська науково-практична конференція «Геодезія. Землеустрій. Природокористування: присвячується пам'яті П. Г. Черняги» (Рівне, 2014); англійська наукова конференція молодих учених «Capitalizing on natural resources: governance and economic development» Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України» (Київ, 2014); всеукраїнська науково-практична віртуальна конференція «Проблеми і перспективи сталого розвитку та просторового планування території» (Полтава, 2015); міжнародна наукова



конференція «Актуальні проблеми астрономії та космонавтики», «Астрономічна школа молодих вчених» (Київ–Житомир, 2015); XII міжнародна науково-технічна конференція «Авіа – 2015» секція 25 «Дистанційні аерокосмічні дослідження» (Київ, 2015); XV міжнародна науково-практична конференція «Політ. Сучасні проблеми науки» (Київ, 2015); XVI міжнародна науково-практична конференція «Політ. Сучасні проблеми науки» (Київ, 2016); всеукраїнська науково-практична конференція «Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості» (Одеса, 2015); всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів з міжнародною участю «Проблеми та перспективи розвитку авіації та космонавтики» (Київ, 2015).

**Публікації.** За матеріалами дослідження опубліковано 20 наукових праць, де повністю показані основні результати дисертації, з них 4 статті у наукових фахових виданнях України, 4 статті у наукових періодичних виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз, 4 статті в інших виданнях України, 8 тез доповідей на наукових конференціях.

**Структура дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 227 сторінок, з них 152 сторінки основного тексту, 57 рисунків, із яких 10 рисунків на окремих сторінках та 29 таблиць, список літературних джерел обсягом 156 найменувань, викладений на 22 сторінках, додатки викладені на 36 сторінках.

## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ СТАНУ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОДЮЧОСТІ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Земля як природний ресурс є основним національним надбанням, що має перебувати під особливою охороною держави. Економне, ефективне, раціональне та екологічно збалансоване використання земельного фонду є однією з найактуальніших проблем національної безпеки країни [46]. Настав час для того, щоб охорона ґрунтів стала державним завданням пріоритетного значення, оскільки без збереження ґрунтів та погіршення їхньої здатності виконувати екологічні та господарські функції розвитку держави неможливо. Охорона земельних ресурсів, без проведення постійного системного визначення показників їх якості, не сприяє ефективному здійсненню відповідних законодавчих, організаційних та економічних заходів шляхом моніторингу.

### **1.1. Обґрунтування особливостей сучасного моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення**

Сучасна система моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, яка є частиною державної системи моніторингу довкілля, водночас, вбачає в собі і систему спостереження, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізування інформації про зміни показників якісного стану ґрунтів, їх родючості, розроблення практично доцільних та науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття рішень про запобігання та усунення різнотипних негативних процесів [43]. Основними завданнями такого моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення є спостереження за станом ґрунтів, збирання, аналізування і

опрацювання інформації про якісний стану ґрунтів, а саме вид та розвиток ґрунтової ерозії, стан структури ґрунту, підкислення, засолення, солонцюватість, заболочення ґрунтів, динаміка вмісту гумусу і елементів живлення, забруднення ґрунтів важкими металами, радіонуклідами, залишковими кількостями пестицидів та іншими токсичними речовинами; здійснення узагальненого та опосередкованого аналізу екологічної ситуації на землях сільськогосподарського призначення, оцінки та прогнозу можливих змін стану родючості ґрунтів з урахуванням природних і антропогенних факторів, еколого-меліоративного стану зрошуваних і осушуваних земель, розроблення і впровадження науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття рішень про відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів та заходів щодо забезпечення відтворення родючості ґрунтів, визначення зон виробництва сільськогосподарської продукції для виготовлення продуктів для дитячого та дієтичного харчування, створення та ведення інформаційних банків даних про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та інформаційно-аналітичної системи для розроблення заходів у сфері охорони родючості ґрунтів, надання (на договірній основі) землевласникам, землекористувачам та суб'єктам оціночної діяльності у сфері оцінки земель інформації про сучасний стан ґрунтів, участь у здійсненні природно-сільськогосподарського, еколого-економічного, протиерозійного та інших видів районування (зонування) земель, підготовка та видання щорічної (періодичної) доповіді про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення [43,44,45].

Моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення проводить Міністерство аграрної політики України у взаємодії з іншими виконавцями, такими як: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру, науково-дослідні установи Національної академії наук України землеохоронного профілю [43].

Залежно від територіального поширення та завдань здійснюються національний, регіональний і локальний моніторинги ґрунтів:

- національний – охоплює землі сільськогосподарського призначення в Україні;
- регіональний – охоплює землі сільськогосподарського призначення в межах фізико-географічних і адміністративних одиниць, великих масивів зрошення та осушення;
- локальний – проводиться на території окремих землеволодінь та землекористувань.

Зміст, особливості та порядок проведення моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення регламентуються Земельним кодексом України, в якому визначено, що земля – це національне багатство країни, а принципи земельного законодавства включають забезпечення раціонального законодавства та охорони земель [21], Законами України «Про охорону земель», що визначають правові, економічні та соціальні основи охорони земель з метою забезпечення їх раціонального використання, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, інших корисних властивостей землі, збереження екологічних функцій ґрунтового покриву та охорони довкілля [18]; Законами України «Про охорону навколишнього природного середовища», де в статті 3 описано основні принципи охорони навколишнього природного середовища [19], «Про землеустрій», що регламентує стале землекористування як основу збереження та відтворення природних властивостей землі [16], «Про державний контроль за використанням та охороною земель», де описано, хто саме з державних органів повинен контролювати процес використання земель та слідкувати за їх станом [15]; «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження родючості ґрунтів», «Про основні засади державної аграрної політики на період до 2015 року», а також НМПА «Положенням про моніторинг земель», НМПА «Про затвердження положення про державну систему моніторингу довкілля» та іншими підзаконними актами [14, 17].

Дотримання переліку вище наведених нормативно-правових документів забезпечує ведення економічно вигідної та екологічно доцільної системи землеробства та охорони земель. Проте сучасний механізм проведення моніторингу земель не відрізняється системністю. Та якщо більше третини земель еродовано, більше половини земель, у т. ч. чорноземних, мають середній або навіть низький рівень забезпеченості поживою, чимало земель переущільнено, забруднено або взагалі закинуто, то можна зробити тільки один висновок: зусилля держави для збереження родючості ґрунтів недостатні [11].

Серед заходів, спрямованих на виправлення нинішнього стану справ, моніторинг родючості ґрунтів є основоположним. Україні треба орієнтуватися на розвинені країни, де моніторинг став ознакою їхньої цивілізованості, на країни, що не декларативно, а реально піклуються про комфортні умови для життя свого населення. Адже збереження родючості ґрунтів – неодмінна умова ефективного АПК і поступового формування сталого розвитку держави.

На виконання наказу Міністерства аграрної політики України від 26.02.2004 «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення» [43], із вступом України до СОТ та подальшою євроінтеграцією серед першочергових завдань постає адаптація системи моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення до європейських принципів, стандартів і нормативів. Це створить умови для входження України до єдиної європейської мережі і моніторингу ґрунтів, яка зараз створюється в рамках ЄС [42].

Перехід України на європейські стандарти під час моніторингу ґрунтів передусім означає створення відповідної спостережної мережі та розширення показників, що визначаються, а також інтерпретація отриманих даних, насамперед екологічних позицій [44].

Для реалізації вимог статті 54 Закону України «Про охорону родючості земель» Інститути охорони ґрунтів ДУ «Держґрунтохорона» проводять

агроекологічне обстеження земель та моніторинг ґрунтів і рослин у мережі спостережень на моніторингових ділянках на землях сільськогосподарського призначення (рис. 1.1) [20]. В агроекосистемах слід постійно проводити контроль за засобами хімізації, радіоактивним забрудненням, станом ґрунтів і розширити спостереження за територіями, які використовуються в землеробстві (рис. 1.2, 1.3).

Моніторинг земель з використання моніторингових ділянок має важливе науково-практичне значення і дає можливість контролювати стан родючості ґрунтів, а також повніше дає характеристику оцінки вартості земельних ділянок. Неefективне використання сільськогосподарських угідь, науково та економічно не обґрунтоване внесення мінеральних і органічних добрив, засобів захисту, нехтування вапнуванням кислих ґрунтів та інших агрозаходів призводить до деградації ґрунтів, втрат поживних речовин, у разі неefективного використання значна частина яких потрапляє до ґрунтових і поверхневих вод, забруднюючи їх [20].

Періодичність спостережень на моніторингових ділянках контролюється кожні 10 років. Проводиться контроль загальних та агрофізичних показників, вміст валових форм важких металів і мікроелементів. Агрохімічні, фізико-хімічні показники, вміст міцнофіксованих форм важких металів та мікроелементів, залишків стійких пестицидів проводиться кожні 5 років. Вміст рухомих форм мікроелементів і важких металів контролюють щорічно. Гамма-фон на моніторингових ділянках контролюють один кожного року, а у зоні АЕС – щокварталу. Питому активність цезію 137 визначають щорічно, а стронцій 90 один раз у 5 років в орному і підорному шарах ґрунту [20].



Рис. 1.1. Мережа стаціонарних ділянок моніторингу ґрунтів на території України



Рис. 1.2. Загальна схема всіх показників, які контролюються у ґрунті



Рис. 1.3. Загальна схема всіх показників, які контролюються у рослинах

Висока продуктивність землеробства можлива лише під час комплексного контролю за станом ґрунтів та недопущення їх деградації. Виконання цього завдання забезпечується постійним проведенням наукових досліджень з агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь, основою якого є контроль за станом ґрунтового покриву та розроблення пропозицій з ефективного, екологічно-безпечного застосування агрохімічних заходів [43].

За встановленими нормативно-правовими постановами, агрохімічне обстеження проводиться в Україні понад 45 років і періодичність його є один раз на п'ять років. На сьогоднішньому етапі було здійснено вже дев'ять турів таких агрохімічних обстежень. Практичні матеріали такого виду обстеження сільськогосподарських угідь є обґрунтованою основою для формування та видачі типових агрохімічних паспортів на кожне обстежене поле, або ж земельний наділ. На основі такого аналізу, землекористувачам і землевласникам видають не лише агрохімічні паспорти, але і прописують відповідні структуровані рекомендації для можливого підвищення економічної та природної родючості ґрунтового покриву. Правильне використання даних агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення дає можливість державним установам або органам, які контролюють процеси, що пов'язані з використанням такого



виду земель здійснювати своєчасний моніторинг ґрунтового покриву і відповідно пропонувати конкретні рекомендації щодо використання. Також, в обов'язковому першочерговому порядку, на основі таких матеріалів обстеження, мають бути розроблені науково обґрунтовані та практично впроваджені сівозміни та ґрунтоохоронні заходи. Що стосується органічного, мінерального та хімічного удобрення земель, то мають бути обчислені чіткі дози внесення задля отримання прогнозованої урожайності, яка забезпечує максимально високу рентабельність та мінімальне навантаження на навколишнє довкілля. Матеріали агрохімічної паспортизації дозволяють відстежувати рівень забруднення ґрунтів радіонуклідами, важкими металами та залишками пестицидів, а також пропонувати заходи щодо залучення цих земель у сільське господарство. Відомості про якісний стан ґрунтів є першочерговим критерієм у визначенні реальної вартості земельної ділянки, і такого типу інформація є необхідним інструментом для суб'єктів Державного земельного кадастру при оцінці земель. Згідно з європейськими стандартами, запровадження системи «точного землеробства» є кроком до сталого землекористування, тому дані паспортизації є необхідними для функціонування такого процесу[20].

Проблему ведення моніторингу ґрунтового покриву на землях сільськогосподарського призначення розглянуто у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Судячи з вже сформованими апріорно теоретичними думками моніторинг ґрунтів функціонує на конкретних сталих ділянках, так званих полігонах або ж майданчиках, що вбачають певний статус і мають відповідну кількість обґрунтованих показників і визначену періодичність. Якщо характеризується район або ж ціла область, то кількість ділянок має бути репрезентативною, щоб коректно відображати весь спектр природно територіальних і господарських аспектів. На жаль, в Україні, ведення моніторингу є обмеженим рамками та термінами дії різних доцільно не обґрунтованих наукових та технічних програм. Як і в цивілізованій Європі так і в нашій країні, ведення правильно визначеної та законно

регламентованої системи моніторингу ґрунтового покриву має бути першочерговим завданням держави, що дбає про рівень та умови життя свого народу. Таким чином можна зробити єдиний конкретний висновок, що потрібно надати відповідний рівень такій роботі, законним чином затвердити всі державні та приватні чинники фінансування, визначити додаткові джерела надходження коштів від землекористувачів, які не ведуть своєчасне обстеження своїх полів, що призводить до виснаження ґрунту та зниження його родючості, а вже потім пропонувати та створювати відповідну мережу моніторингу.

В. Медведєв [38,39] вважає, що для України, судячи з її різноманітних природно-господарських умов, можна запроваджувати декілька блоків моніторингу ґрунтового покриву і зосередити таку мережу виключно на європейських підходах.

У державному стандарті [42] зазначається, що для істотних змін в існуючій системі моніторингу земель в Україні насамперед необхідно завершити державну стандартизацію аналітичних робіт в оцінці ґрунтів і ландшафтів, тобто потрібно конкретизуватися у виборі методик щодо відбирання зразків та започаткувати єдину термінологію, це надасть можливість функціонування єдиній методиці, а таким чином й можливості порівнювати та обмінюватися інформацією з іншими країнами Європейського союзу і не тільки, особливо при різних надзвичайних ситуаціях.

Багато різних науковців досліджують проблему моніторингу ґрунтового покриву, зокрема, науковці Прикарпатського університету імені Василя Стефаника, пропонують залучати технології наближені до конкретних природно-кліматичних умов в яких знаходиться відповідне дослідне поле, а також були адаптовані до динамічних екологічних і соціально-економічних факторів впливу.

За дослідженнями Л. Перовича та Р. Панаса [50,51] в умовах неофіційного ринку земель є актуальним запровадження кадастрового

моніторингу земель, який направлений на систематизацію зібраних кадастрових даних та розробку наочної картографічної документації, яка надасть можливість приймати відповідні управлінські рішення щодо раціонального та ефективного використання та охорони земель.

Згідно з науковими працями О. Тараріко [57,58], одним із невирішених аспектів узагальненої проблеми моніторингу ґрунтового покриву є те, що система періодичних спостережень за змінами природних властивостей ґрунтів на конкретних ділянках в Україні ще практично не розвинулася. Крім того, не створено відповідної єдиної комплексної мережі моніторингу, яка б вирішувала завдання державних органів виконавчої влади і державних органів місцевого самоврядування. Щоб прийти до вирішення проблеми рекомендується вивчити та частино запровадити європейський досвід моніторингу ґрунтів і земель, а це дасть можливість запровадженню підходів до організації прийнятної для нашої країни мережі.

Для організації ефективної системи моніторингу ґрунтового покриву існує аспект неоднорідності земної поверхні. В. Фридланд, у своїй роботі [64] аналізує можливість запровадження різного виду методик для оцінювання неоднорідності. Проведення регулярного геостатистичного аналізу і геоінформатики, за наявності даних, набагато простіше і об'єктивніше дає можливість здійснювати картографічні роботи для наочного відображення інформації.

Розробка та впровадження структурованої науково-практичної системи достовірного та оперативного моніторингу ґрунтового покриву є основою охорони та відтворення родючості ґрунтів. Саме достовірність та оперативність, прозорість та незатратність є першочерговими елементами творення такої системи моніторингу. В епоху прогресу новітніх технологій ці критерії є повністю досяжними. Таким чином, надзвичайно важливо та актуально є застосування новітніх інформаційних підходів, передусім геоінформаційних та дистанційного вивчення Землі, щодо оцінювання родючості земель сільськогосподарського призначення, як основи для

надання науково обґрунтованих рекомендацій з раціонального, екологічно безпечного та економічно вигідного сільськогосподарського землекористування. Вирішення питання інформаційного забезпечення можливе лише за умов використання сучасних методів одержання просторової інформації, до яких відносять: дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи та технології, цифрові моделі рельєфу і похідні від них матеріали, а також методи геостатистичного аналізу дискретних даних, які працюють в геоінформаційному середовищі [57,58,78].

Підсумовуючи важливо відмітити, що необхідність проведення моніторингу для оцінювання родючості земель сільськогосподарського призначення за допомогою методів аерокосмічного знімання та геоінформаційних систем, особливо в умовах гострої екологічної кризи, дає змогу покращити природну та підвищити економічну родючість ґрунтів, що виступить важелем продуктивності агроценозів у цілому. Запровадження такого підходу має відбуватися на основі органічного поєднання всіх вищезазначених підходів із традиційними методами ґрунтових обстежень.

## **1.2. Важливість аерокосмічних методів у дослідженнях стану земель сільськогосподарського призначення**

Необхідною умовою організації ведення ефективного сільського господарства є наявність об'єктивної та оперативної інформації про розподіл та використання земельних ресурсів, стан сільськогосподарських угідь та динаміку кліматичних чинників. Збалансована та раціональна ротація культур у сівозміні, незаконні та непередбачувані зміни меж посівних площ, різна варіантність ґрунтових характеристик полів та метеоумов під час вегетаційного періоду зумовлює необхідність оперативного спостереження зазначених чинників для своєчасного застосування відповідних агротехнічних заходів задля забезпечення максимальної біопродуктивності. Така тенденція до залучення такої новітньої інформації сприяла

впровадженню в агропромисловому комплексі (АПК) методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Розроблені сучасні засоби програмного забезпечення дають змогу використовувати для контролю розмірів посівних площ, встановлення ерозійно небезпечних ділянок, моніторингу стану посівів та прогнозування врожайності чималих ознак наземних об'єктів, котрі отримуються на підставі супутникових знімків. До них належать спектральні характеристики, текстурні параметри та вегетаційні індекси, що розраховуються математичними методами [13].

Дослідження можливостей дистанційного моніторингу земель сільськогосподарського призначення з супутників активно ведеться впродовж останніх десятиліть науковими групами та організаціями різних країн [65]. Як свідчать дослідження В. Рачкулик, М. Ситникової, моніторинг на землях сільськогосподарського призначення дає достовірні та оперативні дані про становище як рослинного покриву, так і ґрунтового [53,54]. У своїх дослідженнях К. Кондратьєв та П. Федченко, описують яким чином спектральна яскравість дає можливість розпізнавати рослинність на космічних та аерозображеннях для ведення локального та опосередковано моніторингу сільськогосподарської рослинності [26,27]. В. Козодьоров та Е.Дмитриев, на основі аерокосмічного зондування ґрунтова-рослинного покриву дослідили та запропонували різного виду моделі та алгоритми, які найкращим чином дають інформацію про стан рослинності та ґрунтів [25]. С.Кохан, у своїх роботах пропонує різного виду нормовано-різницеві вегетаційні індекси відбиття для розпізнавання сільськогосподарських культур на досліджуваних полях Київщини, на основі опрацювання різночасових космічних знімків [28-32]. Н. Куссульт пропонує процес оцінювання стану та кількості рослинності та прогнозування урожайності озимих культур на території України за супутниковими даними, що може слугувати інформацією для ведення сільськогосподарського моніторингу [34]. В. Лялько, О. Сахацький, Г. Жолобак, М. Попов, О. Федоровський у своїх дослідженнях аналізують особливості прогнозування врожайності

зернових культур базуючись на даних багатоспектральної космічної зйомки, де описують можливості застосування даних космічних знімків для цілей моніторингу земель сільськогосподарського призначення, і для загального вивчення природоресурсних проблем [36,37]. Н. Вандишева, В. Темников, Т. Шадчина, В. Антоненко, описують можливість здійснення сільськогосподарського моніторингу на основі різномасштабних космічних знімків, що дасть змогу картографувати землю у різному масштабі [2,5,59].

У результаті аналізу наукових праць та різних методичних підходів, стосовно розглянутої проблеми дослідження, виявлено, що сільське господарство це одна з найперспективніших сфер використання даних дистанційного зондування Землі з метою підвищення інтенсифікації тваринницького і особливо рослинницького виробництва.

Сільськогосподарські культури відмінно проявляються на космічних знімках, вони нічим не приховані, однарусні, добре дешифруються як за текстурою, так і за спектральними характеристиками. Спостереження за динамікою використання сільськогосподарських земель є необхідним елементом системи регулювання агропромислового комплексу країни [76,85,86].

Космічний моніторинг забезпечує отримання інформації на глобальному, регіональному та локальному рівнях. Відмінною особливістю космічного моніторингу є можливість оперативного отримання великої кількості інформації на задані території Землі з деталізацією об'єктового складу від 0,3 м до 1000 м. Також позитивним під час космічного моніторингу є можливість постійного спостереження за об'єктами земної поверхні. Для цих цілей можуть бути використані знімальні системи, що працюють в ультрафіолетовому, видимому, інфрачервоному і мікрохвильовому діапазонах, а також радіолокаційні знімальні системи, оскільки в цих діапазонах атмосфера пропускає електромагнітне випромінювання [24]. Наразі існує велика кількість супутників різних країн, які здійснюють цілодобове знімання поверхні Землі.

Окрім даних дистанційного зондування, система моніторингу має містити всю доступну соціально-економічну і статистичну інформацію про сільськогосподарське виробництво. Для моніторингу необхідно оперувати кліматичними даними і довготривалими рядами метеорологічних спостережень, інформацією про характеристики земної поверхні. Дані дистанційного зондування дають змогу вводити в систему моніторингу саме оперативну і необхідну інформацію про фактичний розвиток сільськогосподарських культур [76].

На основі математичного моделювання із використанням даних дистанційного зондування, метеорологічних та інших допоміжних даних можливим є прогнозування майбутнього врожаю. Такий прогноз дає змогу виділити регіони, які підлягли ризику недостачі виробництва і визначити міри, які необхідно застосувати для позбавлення цих недоліків [10,24,34].

Завдання, що можна вирішувати за допомогою даних космічного знімання залежно від просторового розрізнення:

- створення і оновлення топографічних та спеціальних карт різного масштабу;
- створення цифрових моделей рельєфу з точністю 5–10 м по висоті;
- інвентаризація та контроль будівництва об'єктів інфраструктури транспортування та видобутку нафти і газу;
- моніторинг екологічного стану територій в районах видобутку, переробки, транспортування нафти і газу, інших корисних копалин;
- оновлення топографічної підоснови для розроблення проектів схем територіального планування муніципальних районів і суб'єктів країни;
- регулярний контроль лісокористування та моніторинг стану лісів;
- інвентаризація сільськогосподарських угідь, моніторинг стану посівів, оцінка засміченості, виявлення шкідників і хвороб сільськогосподарських культур, прогнозування врожайності;
- моніторинг і прогнозування процесів заболочення і спустошення, засолення, карсту, ерозії, степових пожеж;

- інвентаризація сільськогосподарських угідь, створення карт землекористування;
- моніторинг стану посівів, оцінка засміченості, виявлення шкідників і хвороб сільськогосподарських культур, прогнозування врожайності, точне землеробство;
- моніторинг природних та антропогенно-спровокованих катастроф;
- територіальне планування та управління муніципальним і міським господарством;
- оновлення дорожніх та інших спеціальних карт різних масштабів;
- створення та оновлення топографічних та спеціальних карт і автоматизоване створення великомасштабних карт і планів рослинності, ландшафтів та природокористування;
- оновлення топографічної підоснови для розробки проектів генеральних планів перспективного розвитку міст, схем територіального планування муніципальних районів;
- широке коло завдань у галузі охорони навколишнього середовища [9,83,86].

Космічні технології дають змогу проводити моніторинг великих територій з високим ступенем деталізації та багатоваріантністю даних [82]. Світовий досвід свідчить, що зйомки з космосу не тільки підвищують точність, однорідність, об'єктивність і частоту спостережень, а й дозволяють суттєво удосконалити методи оперативного контролю над станом посівів та ґрунтового покриву та прогнозуванням урожаю [9].

У багатьох країнах світу, таких як: Канада, США, країни ЄС, Індія, Японія, Китай, Нідерланди, Австралія, Бельгія, Бразилія, Казахстан, інформаційно-маркетингові служби базуються на дистанційному дослідженні сільськогосподарських угідь. Нині розроблено чималу кількість алгоритмів оброблення знімків, створено системи супутникового моніторингу земель на глобальному рівні, які репрезентовано на сайтах Відділення служби аналізу світового сільськогосподарського виробництва при Міністерстві США



PECAD (Production Estimates and Crop Assessment Division) проекту MARS Об'єднаного дослідного центру Європейської Комісії [75].

Система GIEWS (The Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture), яка розроблена FAO (Food and Agriculture Organization), була призначена для прогнозування попиту і пропозиції на сільськогосподарську продукцію. GIEWS веде моніторинг запасів виробництва, торгівлі і ринкових цін на сільськогосподарську продукцію в глобальному масштабі. Інформація GIEWS використовується для прогнозування серйозних недоліків продукції в окремих регіонах. В GIEWS використовуються дані низького розрізнення для оцінки кількості опадів і моніторингу розвитку рослинності. Також в цій програмі використовується інформація даних дистанційного зондування про типи земної поверхні і землекористування разом з даними сільськогосподарської статистики, інформації про сільськогосподарські ринки та погодні умови для моніторингу і прогнозу виробництва сільськогосподарської продукції [74].

Система MARS (Monitoring Agriculture with Remote Sensing), яка використовується у країнах Європейського співтовариства, дозволяє визначати площі посівів і врожайність сільськогосподарських культур, починаючи з рівня країни і аж до окремих ферм. Результати аналізу використовуються для оптимізації управління сільськогосподарським виробництвом, зокрема для контролю над обсягами виробництва в рамках державних програм підтримки сільськогосподарських виробників. Програма MARS-STAT та MARS-FOOD запроваджена для моніторингу безпеки продукції у країнах Європи та світу, які підлягають ризику. MARS-STAT використовує дані метеорологічних станцій та дані дистанційного зондування високого розрізнення для розпізнавання сільськогосподарських культур. Метеорологічні та кліматичні дані, інформація про характеристики ґрунтів і культур та прогнозування врожайності детально описані в моделі WOFOST. Дані високого розрізнення також дадуть змогу проводити детальний контроль діяльності окремих фермерів. MARS-FOOD

використовує тільки дані дистанційного зондування низького розрізнення і метеорологічні дані. Дані супутникових спостережень низького розрізнення та метеорологічні дані використовуються разом з регіональними агрономічними даними для прогнозування урожаю за різними культурами. В основі цього методу лежать аналізи трендів, подібні до сучасної ситуації по відношенню до інших років, регресійний аналіз і оцінка експертів. MARS-FOOD регулярно надає інформацію про наявну та прогнозовану ситуацію розвитку сільськогосподарських культур на різних територіях. У таких даних публікується низка параметрів для якісного аналізу даного виробництва сільськогосподарської продукції, інформація про кількість опадів, зазначення сонячної радіації, температура, водний баланс порівняно з даними багаторічних спостережень. Таким чином, при прийнятті рішень в області безпеки продукції існує більш повна картина фактичних умов в регіонах потенційного ризику [81].

Наразі в Україні не розроблено єдиної методології використання даних ДЗЗ, геоінформаційного аналізу та наземних спостережень для забезпечення ефективного моніторингу агроресурсів. Адже саме поєднання цих методик, як свідчить проведений аналіз світових даних, дасть можливість проводити оперативний моніторинг земель сільськогосподарського призначення. Інформація космічних знімів порівнюється з ґрунтовими картами та в повному обсязі доповнює їх (рис. 1.4).

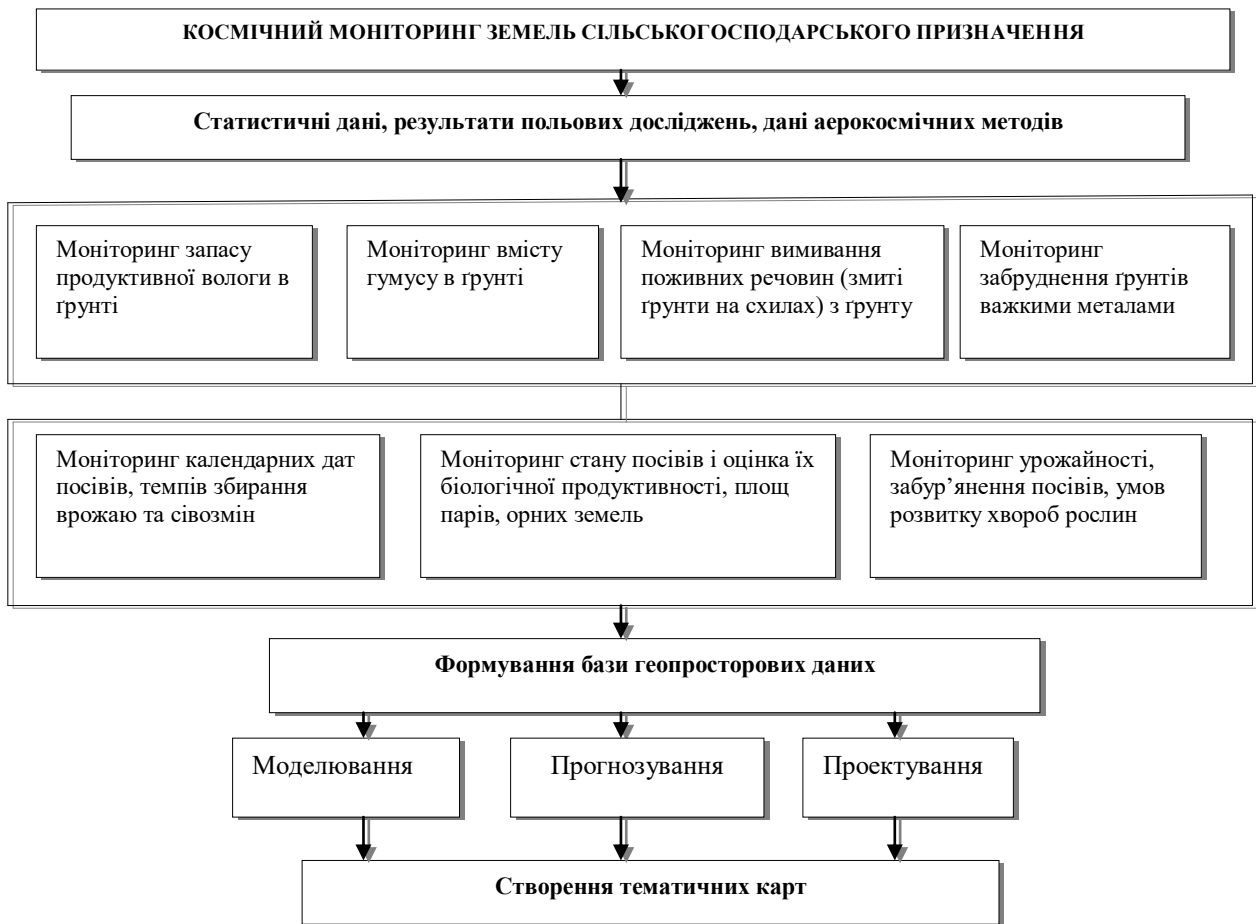


Рис. 1.4. Узагальнена структурно-логічна схема взаємодії складових космічного моніторингу та наземних досліджень

Отже, під час аналізу наукової та методичної літератури можна зробити висновок, що застосування даних дистанційного зондування в систему моніторингу земель сільськогосподарського призначення є ефективним методом для отримання оперативної та достовірної інформації про ґрунтовий покрив та сільськогосподарські культури, що вирощуються. Після огляду представленого вище матеріалу в даних дослідженнях нами було проведено саме космічний моніторинг на основі знімків з космічного апарата (КА) Landsat TM/ETM+/OLI. Обґрунтування вибору саме цього КА полягає в тому, що у доступній формі є чисельні архівні багаторічні дані та доступна нова інформація на спеціалізованих сайтах. Інформація про загальні характеристики та конкретні фізико-технічні параметри супутника моделей Landsat TM/ETM+/OLI подана у додатку А до дисертації.

### 1.3. Аналіз та класифікація основних показників родючості ґрунтів методами дистанційного зондування земних ландшафтів

Аерокосмічний моніторинг ґрунтів - система повторних вивчень ґрунтів за матеріалами аеро- і космічних зйомок поверхні Землі з метою виявлення та запобігання негативних явищ, що призводять до зниження родючості, забруднення, знищення ґрунтів та інших негативних явищ [6,7]. Ґрунт являє собою складну суміш мінеральних і органічних речовин, що володіє різними фізичними і хімічними властивостями, які можуть впливати на оптичні властивості ґрунтів, їх поглинаючу і відбивну здатність [33]. Оптичні властивості, як і будь-якого об'єкта, проявляються від взаємодії його з випромінюванням, тобто в здатності ґрунту відбивати і поглинати променисту енергію. Ці явища знаходяться під пильною увагою великого кола фахівців. Колір повітряно-сухих ґрунтів визначається, головним чином, відносним вмістом ґрунтових пігментів, з яких основними є колоїдні сполуки гумусу і окисного заліза. Оцінка кольору по їх спектральній відбивній здатності проводилася багатьма авторами [1].

Оскільки дистанційне вивчення ґрунтів базується на реєстрації відбитого ними сонячного випромінювання, важливим є детальне дослідження відбивної здатності ґрунтів. З поміж таких характеристик відбивної здатності, як: інтегральне і спектральне альbedo, яскравість, індикатриси відбиття, найбільше значення має спектральна яскравість [3]. Яскравість об'єктів земної поверхні в різних спектральних зонах неоднакова і характеризується коефіцієнтом спектральної яскравості  $\rho_\lambda$ . Коефіцієнт спектральної яскравості ґрунту являє собою відношення величини відбиття ґрунту та ідеальної поверхні, яка відбиває 100 % світла всіх довжин хвиль, тобто еталон. Коефіцієнт спектральної яскравості визначається за формулою:

$$\rho_\lambda = \frac{B_\lambda}{B_{0\lambda}} \quad (1.1)$$

де  $B_\lambda, B_{0\lambda}$  – спектральні яскравості об'єкта та еталона.

Як еталон застосовують матеріали із стабільними в часі оптичними характеристиками (гіпсові пластинки, молочне скло), які освітлюються сонцем, або вбудовані в спектрометри калібровані джерела світла. Значення коефіцієнтів спектральної яскравості для різних довжин хвиль зображують у вигляді графіка кривої спектральної яскравості. По горизонтальній осі знаходяться довжини хвиль електромагнітного спектра, по вертикальній – коефіцієнти спектральної яскравості [35]. На вивченні спектральної яскравості об'єктів базуються різні способи і прийоми отримання космічних знімків (багатозональна, гіперспектральна зйомка) та їх обробка, в тому числі автоматичне розпізнавання об'єктів за знімками. Тому вивчення спектральної відбивної здатності ґрунтів є одним із завдань аерокосмічних методів [23,35,52].

Фундаментальні дослідження зі спектрометрії здійснював Е. Кринов, який в своїх роботах з оптики ландшафтів розробив першу спектрометричну класифікацію [33].

Спектральні характеристики ґрунтів вивчалися у період освоєння аерокосмічних методів у ґрунтознавстві [23]. Зроблені спроби створити каталоги та атласи спектральних характеристик ґрунтів. У багатьох роботах проаналізовані закономірності зміни спектральної відбивної здатності ґрунтів різних географічних зон, вивчені фактори, які впливають на спектральні відбивні властивості ґрунтів: поверхнева структура, ступінь обробки, вологість. Отримані закономірності важливо враховувати під час дешифрування багатозональних знімків, тому що вони є основою роботи з гіперспектральними знімками [1].

Згідно зі спектральною яскравістю у видимому діапазоні, в якому отриманий найбільший обсяг експериментальних даних, всі об'єкти земної поверхні поділяють на кілька класів, де для кожного із них характерний свій вид кривої спектральної яскравості [33]:

1) I клас (гірські породи та ґрунти) характеризуються збільшенням коефіцієнтів спектральної яскравості мірою наближення до червоної зони

спектра. Спектральна яскравість гірських порід залежить від мінералів та елементів, які входять до їх складу, а спектральна яскравість ґрунтів – від вмісту сполук заліза та гумусу. Різні мінерали характеризуються наявністю смуг поглинання на визначених довжинах хвиль у середньому інфрачервоному діапазоні.

2) II клас (рослинність) відрізняється характерним максимумом спектральної яскравості, що означає збільшення відбивної здатності у зеленій (0,55 мкм) та мінімумом в червоній (0,66 мкм) та різким збільшенням відбиття у ближній інфрачервоній зоні. Низька відбивна здатність рослин у період вегетації в червоній зоні пов'язана з поглинанням, а її збільшення в зеленій зоні пов'язане з відбиттям цих променів хлорофілом. Високі коефіцієнти яскравості у ближній інфрачервоній зоні обґрунтовуються пропусканням цих променів хлорофілом і відбиттям їх від внутрішніх тканин листка.

3) III клас (водні поверхні) характеризується найнижчими значеннями коефіцієнтів спектральної яскравості і зменшенням відбивної здатності від синьо-фіолетової до червоної зони спектра, оскільки довгохвильові випромінювання сильніше поглинаються водою.

4) IV клас (сніговий покрив) характеризується найбільш високими значеннями коефіцієнтів спектральної яскравості з невеликим їх зниженням у ближній інфрачервоній зоні спектра. Близькими до цього класу є хмарні ділянки, які мають кілька вузьких смуг поглинання в довгохвильовій частині спектра.

Характерною особливістю сухих ґрунтів різної генетичної належності є постійне зростання коефіцієнтів спектральної яскравості із збільшенням довжини хвилі від 0,4 до 2 мкм. При цьому абсолютні значення коефіцієнтів спектральної яскравості на всій ділянці спектра збільшуються від чорноземів, які займають в діапазоні кривих спектральної яскравості ґрунтів найнижче місце, до каштанових, сірих лісових, підзолистих ґрунтів і далі до буроземів, сіроземів та солончаків. Діапазон кривих спектральної яскравості різних

ґрунтів розходиться із збільшенням довжини хвилі у видимому діапазоні. Найбільші різниці в яскравості різних типів ґрунтів спостерігаються в червоній та ближній інфрачервоній зоні, в області близько 0,7 мкм (рис. 1.5) [60].

Збільшення коефіцієнтів яскравості спостерігається аж до середнього інфрачервоного діапазону, до 2 мкм, а потім поступово зменшується. При цьому, як і для інших об'єктів земної поверхні, характерні мінімуми в зонах де вода поглинає сонячне випромінювання, при  $\lambda = 1,43$  мкм і  $\lambda = 1,93$  мкм.

Спектральна яскравість ґрунтів визначається вмістом органічних речовин і окисів заліза. Гумусові речовини, порівняно з іншими властивостями ґрунтів, мають найбільш великий вплив на відбивну здатність ґрунтів. Вміст гумусу знижує спектральну яскравість, але гумус, в якому фульвокислоти перевищують свій допустимий вміст, підвищує яскравість у червоній зоні спектра. Вміст окисів заліза в ґрунті також обумовлює максимальну яскравість у червоній зоні спектра [3,12].

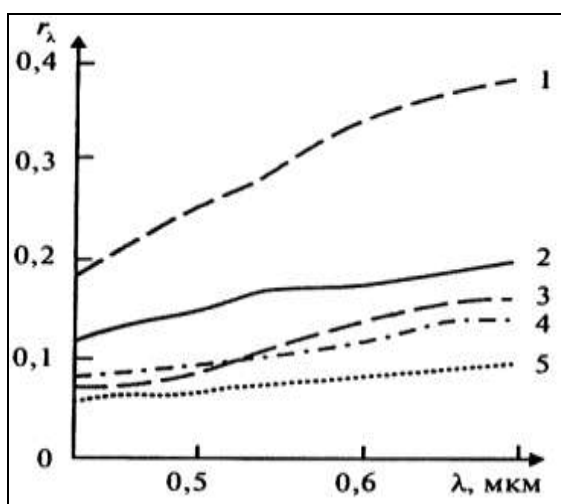


Рис. 1.5. Криві спектральної яскравості різних типів ґрунтів:

- 1 – сіроземи; 2 – дерново-підзолисті; 3 – темно-каштанові;  
4 – темно-сірі лісові; 5 – чорноземи

Вміст органічної речовини в ґрунті відіграє домінуючу роль в спектральній яскравості ґрунтів гумідних районів, при вмісті гумусу в ґрунтах більше ніж 2 %. При зменшенні вмісту органічної речовини нижче

даного порогу на перший план виходять такі фактори, як вміст заліза та глини [62].

Кореляційні зв'язки між коефіцієнтами відбивання ґрунтів та вмістом у них гумусу та карбонатів вивчалися багатьма вченими [48,49,53]. Виявилось, що при вмісті гумусу менше 5% спостерігається пряма логарифмічна залежність між вмістом гумусу та інтегральними показниками відбивання ґрунтів [6,7,61].

Важливим критерієм характеристики ґрунтів є їхня вологість. Коефіцієнти спектральної яскравості залежать від ступеня вологості. Таким чином, вологість ґрунтів знижує спектральну яскравість, але при цьому вид кривої залишається незмінним (рис. 1.6).

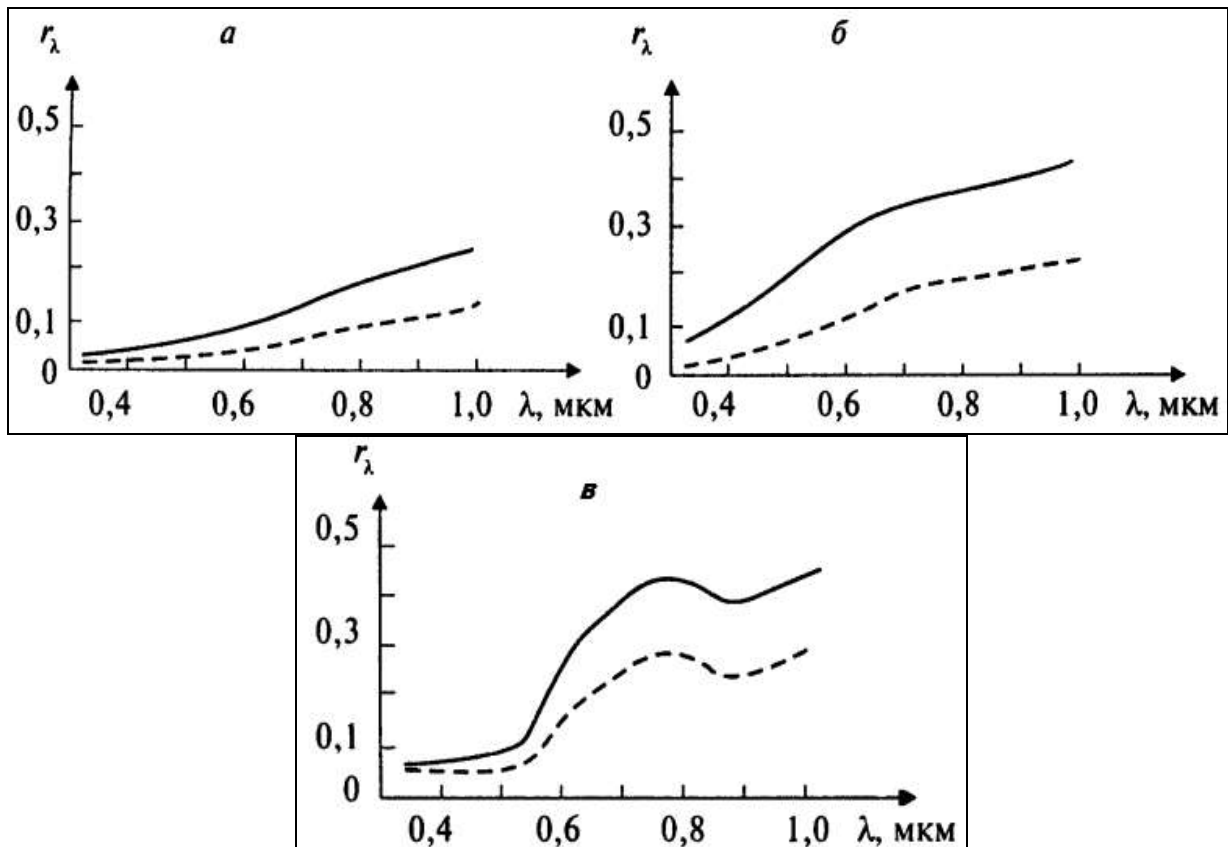


Рис. 1.6. Вплив вологості ґрунтів на їх спектральну яскравість:

*a* – чорноземи; *б* – ґрунти, збагачені залізом та алюмінієм;

*в* – латеритні ґрунти: - - - сухі ґрунти

Проте під час літнього періоду ґрунти мають здатність швидко висихати, тому при однорідному механічному складі яскравість ґрунтів визначається здебільшого по вмісту гумусу [40,41,77].



Спектральна яскравість ґрунтів залежить також і від поверхневої структури, розміру частинок, щільності та шорсткості поверхневого шару. Маленькі частинки більш згладжено заповнюють ґрунтову поверхню та надають їй однорідності. Частинки великих розмірів утворюють на поверхні ґрунту так звану рихлу поверхню, що впливає по-своєму на спектральну яскравість ґрунту. За дослідженнями вчених, у гладкої рівної поверхні коефіцієнт спектральної яскравості вищий ніж у рихлої [22, 55,68].

Структура ґрунтів впливає на спектральну яскравість набагато вагомніше ніж ґрунтометричний склад. Тому що безструктурні ґрунти відбивають на 10–15 % більше світла, а ніж ґрунти, які мають певну структуру [12, 23,30]. Саме тому результати лабораторних та польових вимірювань можуть мати деякі розбіжності. Наприклад, на аерокосмічних знімках піщані поверхні мають більш високу яскравість ніж глинисті, водночас в лабораторних експериментах показано навпаки, оскільки ґрунтові частинки зменшують відбивну здатність ґрунтів

Наземне та космічне визначення спектральної яскравості ґрунтів дає дещо різні результати. В спеціально проведених підсупутникових експериментах виявлено, що загальна яскравість ґрунтів та рослинності, що реєструється із космосу, вища, ніж в наземних умовах, при цьому сильні відмінності спостерігаються у синьо-зеленій області спектра [3,22].

Таке підвищення наряду пов'язано із впливом атмосфери. Саме цей фактор важливо враховувати під час обробки багатозональних знімків методом введення поправок [4]. Під час автоматизованої обробки знімків передбачено спеціально підготовлений етап атмосферної корекції, при якому в дані яскравості об'єктів на знімках в короткохвильових зонах вводяться поправочні коефіцієнти, які визначаються на основі калібрувальних даних [4,71].

Під час роботи з космічними зображеннями потрібно враховувати той факт, що на спектральну яскравість, яку реєструє датчик, впливає також просторове розрізнення знімальних систем [72]. При комплексному

дослідженні ґрунтового покриву ділянки різних типів ґрунтів можуть бути меншими за величину просторового розрізнення, тому в результаті зйомки отримують інтегральні характеристики спектральної яскравості всіх компонентів, що увійшли в елементарну ділянку, яскравість якої реєструвалась [8,71].

Під час сканування бувають випадки, коли ґрунтовий покрив частково вкритий рослинністю і такі ділянки перевищують просторову розрізненість знімальної апаратури. В результаті чого спектральна яскравість системи змінюється. Яскравість в червоній зоні спектра знижується, а в ближній інфрачервоній частині спектра збільшується [56, 73,80]. Такий вплив враховується в тих випадках, коли ґрунти зайняті рослинністю від 20 % до 60 %, більш низьке проектне покриття слабо впливає на яскравість ґрунтів, а за більш високої яскравості визначається як рослинність. Характерною ознакою рослинності та її стану є спектральна відбивна здатність, що характеризується суттєвою відмінністю у відбитті випромінювання різних довжин хвиль. Знання про зв'язок структури і стану рослинності з її спектральною відбивною здатністю дають змогу використовувати аерокосмічні знімки для картографування й ідентифікації типів рослинності та їх стресового стану. Для роботи зі спектральною інформацією часто створюють так звані «індексні» зображення. На основі комбінації значень яскравості в певних каналах, інформативних для виділення досліджуваного об'єкта, і розрахунку за цими значеннями «спектрального індексу» об'єкта будується зображення, яке відповідає значенню індексу в кожному пікселі, що і дає змогу виділити досліджуваний об'єкт чи оцінити його стан [40, 47,48]. Деякі спектральні індекси, які використовують для вивчення і оцінювання стану рослинності, отримали загальноприйнятту назву «вегетаційні індекси». Вегетаційний індекс – показник, що розраховується в результаті операцій з різними спектральними діапазонами (каналами) даних дистанційного зондування і відображає параметри рослинності в певному пікселі знімка. Ефективність вегетаційних індексів визначається

особливостями відбиття, це переважно індекси, виділені емпірично [32, 69,79]. Нині існує близько 160 варіантів вегетаційних індексів. Їх підбирають експериментально, з урахуванням відомих особливостей кривих спектральної відбивної здатності рослинності та ґрунтів. Застосування вегетаційних індексів дає змогу чітко відділяти рослинність від інших природних об'єктів. Найвідоміший вегетаційний індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [66, 79,84]. Співвідношення цих показників дає змогу чітко відділити рослини від інших об'єктів. Використання не простого співвідношення, а нормалізованої різниці між мінімумом і максимумом відбиття збільшує точність вимірювання, зменшує вплив таких явищ, як різниця в освітленості знімка, хмарності, димки, поглинання радіації атмосферою. Для рослинності індекс NDVI має позитивні значення, і чим більша зелена фітомаса, тим вони вищі. NDVI часто використовується як один із інструментів для складніших типів аналізу, результатом яких можуть бути карти ландшафтів і природних зон, фітопродуктивність лісів і сільськогосподарських земель, біологічної різноманітності, техногенного навантаження [63,70]. За результатами наукового аналізу, подано узагальнену схему поєднання даних наземних досліджень та даних дистанційного зондування (рис. 1.7).

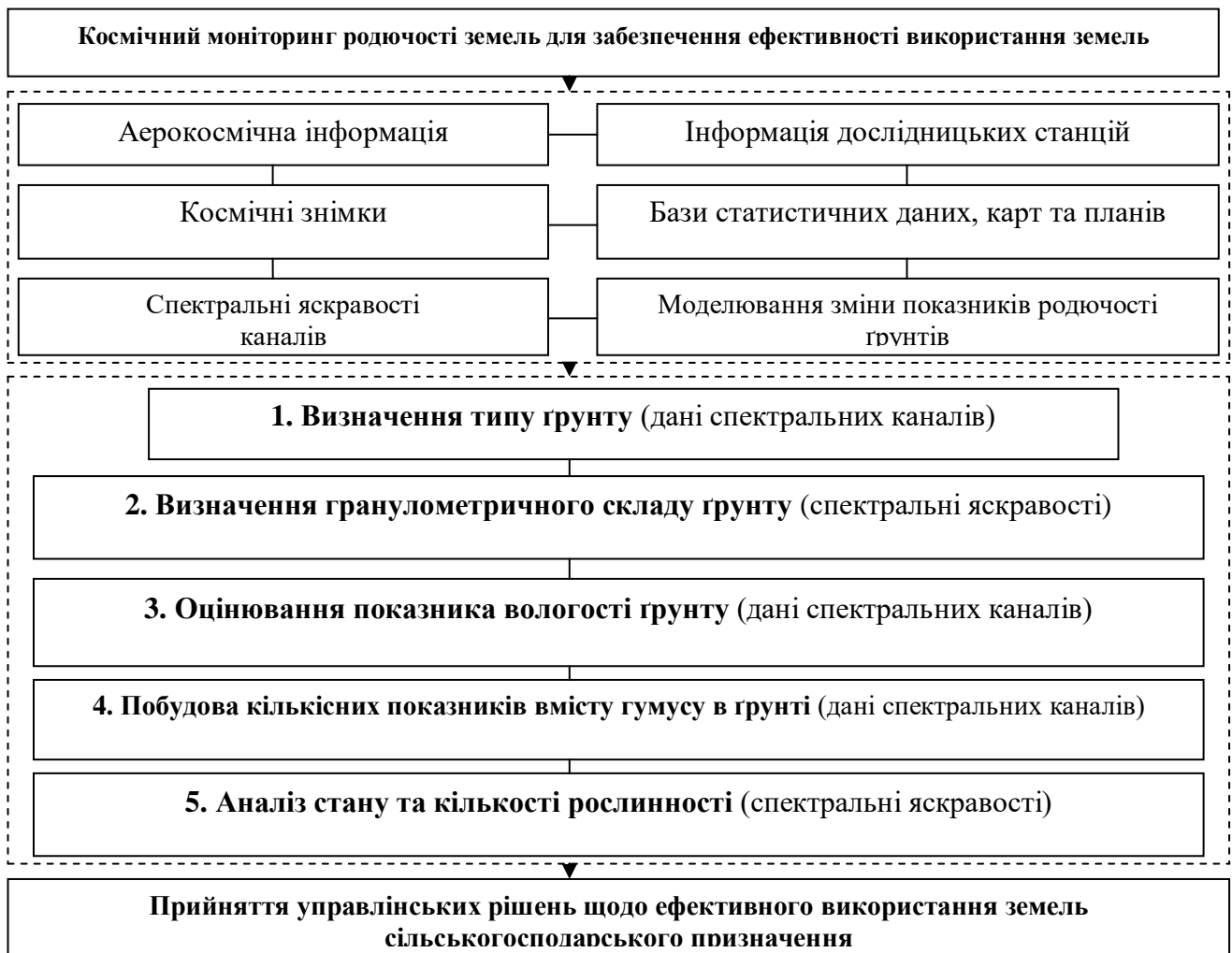


Рис. 1.7. Узагальнена схема системи космічного моніторингу родючості земель сільськогосподарського призначення

Отже, після проведеного огляду наукової літератури автор виділив такі основні показники родючості ґрунтів, які визначаються на основі інформації про спектральну яскравість та із застосуванням методів дистанційного зондування:

1. Спектральна яскравість ґрунтів, що визначається вмістом органічних речовин і окисів заліза, які впливають на колір ґрунтового покриву.
2. Існує тісна кореляційна залежність між спектральною яскравістю та вмістом гумусу в ґрунті.
3. Коефіцієнти спектральної яскравості залежать від ступеня вологості ґрунтового покриву.
4. Спектральна яскравість ґрунтів залежить від поверхневої структури, розміру частинок, щільності та шорсткості поверхневого шару.

Виявлено, що на спектральну яскравість об'єктів, що досліджуються, впливають і такі технічні аспекти, як вплив атмосфери та просторове розрізнення знімальних систем.

### **Висновки до розділу 1**

1. Проведено аналіз особливостей сучасного моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи. Виявлено, що при нинішній системі моніторингу, родючість ґрунтів суттєво зменшується, про що свідчать опрацьовані статистичні дані. У зв'язку з цим надзвичайно важливим та актуальним питанням є застосування новітніх інформаційних підходів, передусім геоінформаційних, щодо оцінки агроекологічного стану земель сільськогосподарського призначення як основи для надання науково обґрунтованих рекомендацій з раціонального, екологічно безпечного сільськогосподарського землекористування. Вирішення питання інформаційного забезпечення можливе лише за умов використання сучасних методів одержання просторової інформації, до яких належать: дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи та технології, цифрові моделі рельєфу і похідні від них матеріали, а також методи геостатистичного аналізу дискретних даних, які опрацьовуються в геоінформаційному середовищі.

2. Розглянуто важливість аерокосмічних методів в дослідженнях стану земель сільськогосподарського призначення. Проаналізовано можливості космічного моніторингу та деякі інформаційно-маркетингові служби, які базуються на дистанційному дослідженні сільськогосподарських угідь. Сформовано узагальнену структурно-логічну схему взаємодії складових аерокосмічного моніторингу та наземних досліджень. Обґрунтовано вибір космічних апаратів, що забезпечуються достатньою кількістю інформації для проведення оцінки та прогнозу стану ґрунтового покриву та сільськогосподарської рослинності. Зокрема, для моніторингу було обрано

знімки КА Landsat TM/ETM+/OLI, оскільки наявні архівні багаторічні дані, доступна нова інформація та достатнє просторове розрізнення: у панхроматичному діапазоні 15 метрів, у видимому діапазоні 30 метрів, у інфрачервоному 30 метрів на піксель. Площа моніторингових ділянок становить 2500 м<sup>2</sup>.

3. Проведено аналіз та класифікацію основних показників родючості ґрунтів методами дистанційного зондування. Виділено показники родючості ґрунтів, які визначаються на основі інформації про спектральну яскравість та із застосуванням методів дистанційного зондування. Обґрунтовано тісний зв'язок між спектральною яскравістю та показниками вмісту гумусу, ступеня вологості, гранулометричного складу, вмісту забарвлених компонентів, структурності та впливу рослинності.

### Список використаної літератури до розділу 1

1. Андроников В. Л. Аэрокосмические методы изучения почв / В. Л. Андроников // М.: Колос, 1979. – 280 с.
2. Антоненко В. С. Агрометеорологический мониторинг посевов сельскохозяйственных культур в Украине с применением аэрокосмических методов / В. С. Антоненко // К.: АртЭк, 2002. – 308 с.
3. Бубнова Т. В. Влияние гумуса на отражательную способность почв / Т. В. Бубнова // Почва – удобрение – плодородие: Мат. междунар. науч.-производств. Конф. - Минск, 1999. - С. 8-10.
4. Бурштинська Х. В. Врахування впливу атмосфери під час опрацювання космічних зображень / Х. В. Бурштинська, І. В. Долинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання. — 2012. — Вип. 76. — С. 70-73.
5. Вандышева Н. М. Мониторинг сельскохозяйственных земель на базе разномасштабных спутниковых данных / Н. М. Вандышева, Г. И. Василенко, А. Ф. Гуров и др. // Исследование Земли из космоса. — 2003. — № 3. — С. 72-84.
6. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг гумусного состояния почв / Б. В. Виноградов // Почвоведение. - 1988. - № 4. - С. 38 - 48.
7. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг динамики почвенного покрова / Б. В. Виноградов // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М., 1990. - 247 с.
8. Гарбук С. В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С. В. Гарбук, В. Е. Гершензон. – М.: А и Б, 1997. – 297 с.
9. Гебрин Л. В. Аналіз застосування аерокосмічних методів та технологій ефективності використання земельних ресурсів / Л. В. Гебрин // Містобудування та територіальне планування. – 2014. – Вип. № 53. – С. 49-51.

10. Дейвис Ш. М. Дистанционное зондирование: количественный подход / Ш. М. Дейвис, Д. А. Ландгриб, Т. Л. Филипс и др. Под ред. Ф. Свейна и Ш. Дейвис: Пер. с англ. М.: Недра, 1983, 567 с.

11. Дорогунцов С. І. Оцінка земельно-ресурсного потенціалу України і проблеми забезпечення його ефективного використання / С. І. Дорогунцов, О. С. Новоторов, Т. С. Ніколаєнко // Наукова доповідь. НАН України, РВПС України. К.: 1999. – 82 с.

12. Дробыш С. В. Отражательная способность почв разной степени смытости / С. В. Дробыш, Т. В. Бубнова, Т. Н. Азаренок // Почвоведение и агрохимия. -2010. - № 1 (44). - С 49 - 57.

13. Жолобак Г. М. Використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу агроресурсів України / Г. М. Жолобак // Космічна наука і технологія. Київ.: 2010. Т.16. № 6. С. 16 – 23.

14. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження родючості ґрунтів» № 1443 від 04.06.2009 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1443>.

15. Закон України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» № 963 від 19.06.2003 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/963>.

16. Закон України «Про землеустрій» № 858 від 22.05.2003 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/858>.

17. Закон України «Про основні засади державної аграрної політики на період до 2015 року» № 2982 від 18.10.2005 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2982>.



18. Закон України «Про охорону земель» № 962 від 19.06.2003 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/962>.

19. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264 від 25.06.1991 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1264>.

20. Звіт про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2013 році; за ред. Ю. Ю. Бандуровича. – Ужгород.: «Карпати», 2014. – 91с.

21. Земельний кодекс України № 276 від 25.01.2001 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.

22. Караванова Е. Н. Оценка содержания гумуса в почвах по их спектральной отражательной способности / Е. Н. Караванова, Д. С. Орлов // Агрехимия. – 1996, - №1. - С. 3 - 9.

23. Карманов И. И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатель их свойств / И. И. Карманов // М.: Колос, 1974. – 351 с.

24. Книжников Ю. Ф. Принцип множественности в современных аэрокосмических методах и способы дешифрирования серий снимков при сельскохозяйственных исследованиях / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова. Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. - М., 1990. - 247 с.

25. Козодеров В. В. Аэрокосмическое зондирование почвенно-растительного покрова: модели, алгоритмическое и программное обеспечение, наземная валидация / В. В. Козодеров, Е. В. Дмитриев // Исследования Земли из Космоса. - М.:– 2010. – № 1. – С. 69 – 86.

26. Кондратьев К. Я. Спектральная отражательная способность и распознавание растительности / К. Я. Кондратьев, П. П. Федченко. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. – 216 с.

27. Кондратьев К. Я. Аэрокосмические исследования почв и растительности / К. Я. Кондратьев, В. В. Козодеров, П. П. Федченко. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. - 226 с.

28. Кохан С.С. Застосування вегетаційних індексів нормалізованої різниці та зваженої різниці у визначенні стану сільськогосподарських культур/ С.С. Кохан // Доповіді НАН України. - 2012. - № 2. - С. 135 - 140.

29. Кохан С. С. Застосування вегетаційних індексів на основі серії космічних знімків IRS-1D LISS-III для визначення стану посівів сільськогосподарських культур / С. С. Кохан // Космічна наука і технологія. - 2011. - Т. 17, № 5. - С. 58 - 63.

30. Кохан С. С. Вегетаційні індекси відбиття / С. С. Кохан // Наук. вісн. НАУ. - 2005. - Вип. 83. - С. 332 - 336.

31. Кохан С. С. Застосування просторових поліпшувальних перетворень космічних знімків та формування похідних зображень для дослідження агроресурсів / С. С. Кохан // Вісн. геодез. та картогр. - 2010. - № 3. - С. 22 - 27.

32. Кохан С. С. Ідентифікація сільськогосподарських культур на основі часових рядів мультиспектральних аерокосмічних даних / С.С. Кохан. - Корсунь-Шевченківський: В. М. Гаврищенко. - 2012. - 94 с.

33. Кринов Е. Л. Спектральная отражательная способность природных образований / Е. Л. Кринов. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947. - 271 с.

34. Куссуль Н. Н. Оценка состояния растительности и прогнозирование урожайности озимых культур Украины по спутниковым данным / Н. Н. Куссуль, И. И. Ильин, В. В. Скакун и др. // Decision making and business intelligence, strategies and techniques: Inter. Book Ser. - Varna, 2008. - N 3. - P. 103 - 109.

35. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков / И. А. Лабутина. - М.: Аспект Пресс, 2004 - 184 с.

36. Лялько В. И. Использование данных спутниковой съемки для изучения природоресурсных проблем / В. И. Лялько, А. Д. Федоровский, М. А. Попов и др. // Космічні дослідження в Україні 2002 - 2004. – Київ, 2004. – С. 7 - 14.

37. Лялько В. І. Особливості прогнозування врожайності зернових культур за багатоспектральними даними / В. І. Лялько, О. І. Сахацький, Г. М. Жолобак // Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. – К.: Наук. думка, 2006. - С. 276 - 291.

38. Медведев В. В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. / В. В. Медведев. – Харьков: Антикава, 2002. – 428 с.

39. Медведев В. В. Родючість ґрунтів (моніторинг та управління) / В. В. Медведев. - К.: Урожай, 2001. – 246 с.

40. Михайлова Н. А. Оптические свойства почв и почвенных компонентов / Н. А. Михайлова, Д. С. Орлов. – М.: Наука, 1986. –118 с.

41. Муратова Н. Р. Опыт оценки весенних запасов почвенной влаги на основе спутниковой информации и наземных обследований / Н. Р. Муратова, А. Г. Терехова // Сб. науч. стат. Всероссийской конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» под ред. О. Ю. Лавровой, Е. А. Лупяна. – М.: Полиграф сервис, 2004. – С. 191-196.

42. Національний стандарт України «Якість ґрунту. Настанови щодо укладення та проведення моніторингових програм» відповідно до європейського стандарту ISO 16133:2004(E) Soil quality – Guidance on monitoring programmes. – Держстандарт. – К., 2005. – 54 с.

43. НМАПУ «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення» № 51 від 26.02.2004 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0383-04>.

44. НМПА «Про затвердження положення про державну систему моніторингу довкілля» № 391 від 30.03. 1998 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/391-98>.

45. НМПА «Про затвердження положення про моніторинг земель» № 661 від 20.08.1993 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/661-93>.

46. Новаковський Л. Я. Соціально-економічні проблеми сучасного землекористування / Л. Я. Новаковський, М. А. Олещенко. – Київ, Урожай, 2009. – 273 с.

47. Обиралов А. И. Дешифрирование снимков для целей сельского хозяйства / А. И. Обиралов. – М.: Наука, 1984. - 244 с.

48. Орлов Д. С. Новые проблемы спектральной отражательной способности почв и ландшафтов / Д. С. Орлов // Почвоведение. - 1982. - № 1. - С. 117 - 119.

49. Орлов Д. С. Спектральная отражательная способность почв и их компонентов / Д. С. Орлов, Н. И. Суханова, М. С. Розанова. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001, 175 с.

50. Панас Р. М. Основи моніторингу та прогнозування використання земель: навч. посібник / Р. М. Панас. – Львів: Новий світ – 2000, 2007. – 224 с.

51. Перович Л. М. Кадастровий моніторинг земель / Л. М. Перович, Л. Винарчик // Геодезія, картографія та аерофотознімання. – 2009. – № 73. – С. 97 – 101.

52. Платоненко М. А. Количественная характеристика дешифровочных признаков почв на аэроснимках при помощи коэффициентов корреляции / М. А. Платоненко // Почвоведение. - 1982. - № 1. - С. 75 - 83.

53. Рачкулик В. И. Отражательные свойства и состояние растительного покрова / В. И. Рачкулик, М. В. Ситникова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. - 287 с.

54. Рачкулик В. И. Отражательные свойства и состояние растительного покрова / В. И. Рачкулик, М. В. Ситникова. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1981. – 284 с.

55. Сахацький О. І. Досвід використання супутникових даних для оцінки стану ґрунтів з метою розв'язання природоресурсних задач / О. І. Сахацький // Доповіді Національної академії наук України. – 2008. – № 3. – С. 109 – 115.

56. Симакова М. С. Аэро- и космические методы в почвоведении / М. С. Симакова // Почвоведение. - 2002. - № 7. – С. 809 - 813.

57. Тараріко О. Г. Науково-методичні рекомендації з адаптації системи моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення до європейських стандартів і нормативів / О. Г. Тараріко, В. В. Медведєв, О. М. Фролова та ін. // Державний технологічний центр охорони родючості ґрунтів. – К., 2006. – 23 с.

58. Тараріко О. Г. Розроблення методичних рекомендацій щодо проведення оптимізації та створення мереж спостережень системи моніторингу, порядку визначення і включення до них об'єктів, зон та пунктів спостережень. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Фонд цільових екологічних (зелених) інвестицій, 2008. - 86 с.

59. Темников В. Н. Система дистанционного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения / В. Н. Темников, А. В. Столпаков, Д. И. Рухович // ArcReview.2007. - № 1 (40). – С. 70 - 85.

60. Толчельников Ю. С. Оптические свойства ландшафтов / Ю. С. Толчельников. - Л.: Наука, 1974. - 252 с.

61. Трускавецький С. Р. Використання багатоспектрального космічного сканування та геоінформаційних систем у дослідженні ґрунтового покриву Полісся України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня

канд. с.-г. наук: спец. 03.00.18 «Грунтознавство» / С. Р. Трускавецкий. – Х., 2006. – 24 с.

62. Федченко П. П. Спектральная отражательная способность некоторых почв / П. П. Федченко К. Я. Кондратьев // Л.: Гидрометеоиздат, 1981. - С. 113 – 231.

63. Ферлаг Т. И. Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков. / Т. И. Ферлаг. – М.: Наука, 1988. – 650 с.

64. Фридланд В. М. Структура почвенного покрова / В. М. Фридланд. – Москва: Мысль, 1972. - 424 с.

65. Чандра А. М. Дистанционное зондирование и геоинформационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.

66. Черепанов А. С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / А. С. Черепанов, Е. Г. Дружинина // Геоматика, 2009. – № 3. – С. 28 - 32.

67. Шадчина Т. М. Наукові основи дистанційного моніторингу стану посівів зернових / Т. М. Шадчина. - К.: Фітосоціо- центр, 2001. – 220 с.

68. Шатохин А. В. Сопряженное изучение черноземов Донбасса наземными и дистанционными методами / А. В. Шатохин, М. А. Лындин // Почвоведение. – 2001. – № 9. – С. 1037 – 1044.

69. Baret F. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment / F. Baret, G. Guyot // Remote Sens. Environ. – 1991. –V. 35. – P. 161-173.

70. Bower S. A. Reflection of radiant energy from soil / S. A. Bower, R. J. Hanks // Soils Sci. - 1965. - Vol. 100, N2. - P. 130 - 138.

71. Chavez P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data / P. S. Chavez // Remote Sens. Environ. - 1988. - 24. - P. 459 - 479.

72. Chavez P. S. Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper multispectral images / P. S. Chavez // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. - 1989. - 55, N 9. - P. 1285 - 1294.

73. Corwin D. L. Field testing of models which identify soils susceptible to salinity development / D. L. Corwin, M. Sorensen, J. D. Rhoades // Geoderma. - 1989. - Vol. 45, № 1 . - P. 31 - 64.

74. Food and Agriculture Organization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/statistics/en/> - Назва з титул. екрану.

75. Foreign Agricultural Service [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pecad.fas.usda.gov/> - Назва з титул. екрану.

76. Gallego F. J. Remote sensing and land cover area estimation / F. J. Gallego // International Journal of Remote Sensing, 2004. – Vol. 25. – № 14. – P. 3019 - 3047.

77. Gebrin L. V. Comprehensive technique for constitution estimation based on satellite observation methods. / L. V. Gebrin, O. O. Zeleznyak, Y. I. Velikodsky, Y. Y. Bandurovich // Proceedings of the National Aviation University, 2015. - № 3 (64) – P. 91 – 97.

78. Gentile A. R. Proposal for an European Soil Monitoring and assessment frame work. / A. R. Gentile. - European Environmental Agency. Copengagen, 2001, 58 pp.

79. Griffin M. K. Examples of EO-1 Hyperion Data Analysis / M. K. Griffin, S. M. Hsu, H. K. Burke, S. M. Orloff, C. A. Upham // Lincoln Laboratory journal, USA, vol. 15, № 2, 2005, P. 271 – 298.

80. Kind G. J. Soil-Landscape analysis in relation to soil distribution and mappind at a site within the Weyburn association / G. J. Kind, D. F. Acton, R. J. Arnaud // Canad. J. Soils Sci. - 1983. - Vol. 63, № 4. - P. 657 - 670.

81. Monitoring Agriculture with Remote Sensing [Электронный ресурс]. - <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/> - Назва з титул. екрану.

82. Nield S. J. Mapping Gypsic and Natric Soil. Areas Using Landsat ETM Data [text] / S. J. Nield , J. L. Boettinger, R. D. Ramsey // Soil Science Society of America Journal, 2007. - № 71. - P. 245 - 252.

83. Remote: sensing of soil surface characteristics from a multiscale classification approach [text] / G. Gorbane, D. Raclbt, F. Jacob, J. Albergelj, P. Andrieux // CATENA, 2008. - №.75. - Is.3. – P. 308 - 318.

84. Savin I., Nègre T. Relative time NDVI mosaics as an indicator of crop growth / I. Savin, T. Nègre // Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng., 2003. – Vol. 4879. – P. 100-107.

85. Seelan S. K. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach / S. K. Seelan, S. Laguette, G.M. Casady et al. // Remote Sensing of Environment, 2003. – № 83. – P. 157 - 169.

86. South S. Optimal classification methods for mapping agricultural tillage practices / S. South, J. Qi, D. P. Lusch // Remote Sensing of Environment, 2004. – № 91. – P. 90 - 97.



## РОЗДІЛ 2

### ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОГО СТАНУ РОДЮЧОСТІ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗАКАРПАТТЯ

#### 2.1. Природно-геоморфологічні особливості досліджуваної території

Земельні ресурси Закарпаття є одним із найбільш унікальних за своїми властивостями активів України. Площа області складає 12,8 тис. км, що становить 2,1 % від території України. За цим показником область посідає 24 місце серед 27 регіонів у країні [6].

Земельний фонд області за даними Головного управління Держгеокадастру у Закарпатській області станом на 01.01.2015 становить 1275,3 тис. га. Сільськогосподарські угіддя займають 469,7 тис. га (36,8 %), з яких рілля становить 199,7 тис. га (15,66 %), багаторічні насадження – 26,8 тис. га (2,1 %), сіножаті та пасовища займають 224,8 тис.га (17,63 %). Ліси та інші лісовкриті площі становлять 56,8 % території області (723,9 тис. га). Відкриті заболочені землі – 0,8 тис. га (0,06 %), відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покриттям – 15,0 тис. га (1,2 %) [25]. На інші види земель та угідь припадає 5 % території області. Згідно інформації за останні три роки площа сільськогосподарських та лісових земель суттєво не змінилася (рис. 2.1) [8,11 ,25].

Особливості землекористування в Закарпатській області зумовлені сукупністю передумов та чинників, серед яких ключовими є територіальна та вертикальна зональність, географічне розташування, різноманітність клімату і погодних умов, широкий рекреаційно-туристичний потенціал регіону [2,7]. За характером ґрунтового покриву територія Закарпатської області належить до найбільш складних районів України [24]. Ця складність виявляється у великій строкатості ґрунтового покриву, зумовленій фізико-географічним положенням області, вертикальною зональністю, гідрологічними умовами,

геоморфологічною та геологічною будовою. Ґрунти мають значні відмінності в гірській та рівнинній частині [10].

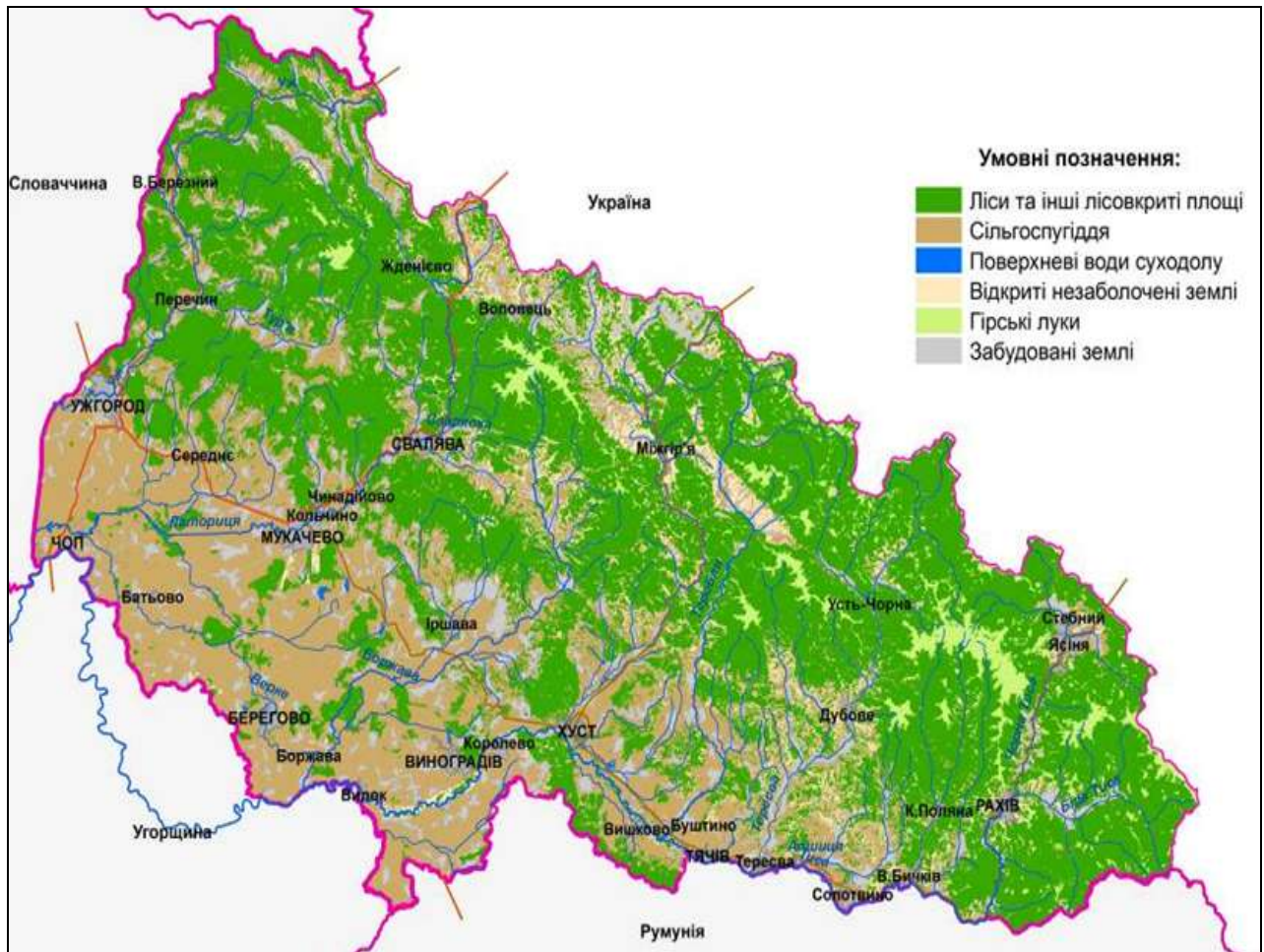


Рис. 2.1. Картосхема земельного фонду Закарпатської області станом на 01.01.2014 згідно з умовними позначеннями

У низинній ландшафтній зоні переважають дерново-підзолисті, дерново-підзолені глеєві, дерново-глеєві, лугові ґрунти. Для них характерним є наявність щільного водонепроникного горизонту (на глибині 40–50 см), який затримує вологу у верхніх шарах. Це призводить до несприятливого водно-повітряного режиму, особливо для оглеєних ґрунтів. Вони легко заболочуються, а коли підсихають, то на їх поверхні утворюється кірка, яку потрібно рихлити. Гумусний шар цих ґрунтів має пилову структуру, а вміст гумусу незначний і коливається від 2 % до 5 %. Заплави річок у низинній зоні вкриті заливними луками та зайняті дерново-алювіальними або алювіально-рінчаківими ґрунтами [10,8].

В передгірній ландшафтній зоні переважно бурі підзолисті ґрунти, подекуди – бурі гірсько-лісові опідзолені. Перші поширені на пологих вершинах і схилах пагорбів. Окрім вапнування, ці ґрунти (через кислотність) потребують протиерозійного захисту, оскільки вода атмосферних опадів погано проникає через них, викликає оголення і змивання [4,8].

У гірській зоні поширені бурі гірсько-лісові ґрунти з неглибоким або середньо-глибоким заляганням щільних порід. Верхній пояс з висотами 1500–2000 м покритий гірськими луками або високогірним рідколіссям (рис. 2.2) [2].

За останні роки спостерігається тенденція щодо зменшення площ сільськогосподарських угідь. Порівняно з 1996 роком площа земель під сільськогосподарськими угіддями зменшилась на 19,1 тис. га. У низинній ландшафтній зоні це відбувається за рахунок вилучення сільськогосподарських угідь, зміни русел річок Тиса, Боржава, Латориця і Уж і змиву ними генетичних горизонтів, а в передгірській та гірській ландшафтній зоні за рахунок непридатності ґрунтів для ведення сільськогосподарського виробництва, внаслідок активізації ерозійних процесів, зсувів родючого шару ґрунту [6,8].

За результатами агрохімічного обстеження, проведеного Закарпатською філією ДУ «Держґрунтохорона», щодо вмісту поживних речовин в ґрунтах області виявлено часткове зниження показників родючості по вмісту рухомого азоту та органічної речовини – гумусу. За вмістом рухомих форм фосфору і калію та по реакції ґрунтового розчину виявлено незначне їх покращення, порівняно з попереднім туром обстеження. Порушення основних законів природокористування в сільському господарстві, нехтування принципами пріоритетності використання земель призвели до складних змін в організації природних і антропогенних ландшафтів, порушення екологічної рівноваги, деградації ґрунтового покриву, різкого зниження продуктивності культур [10].

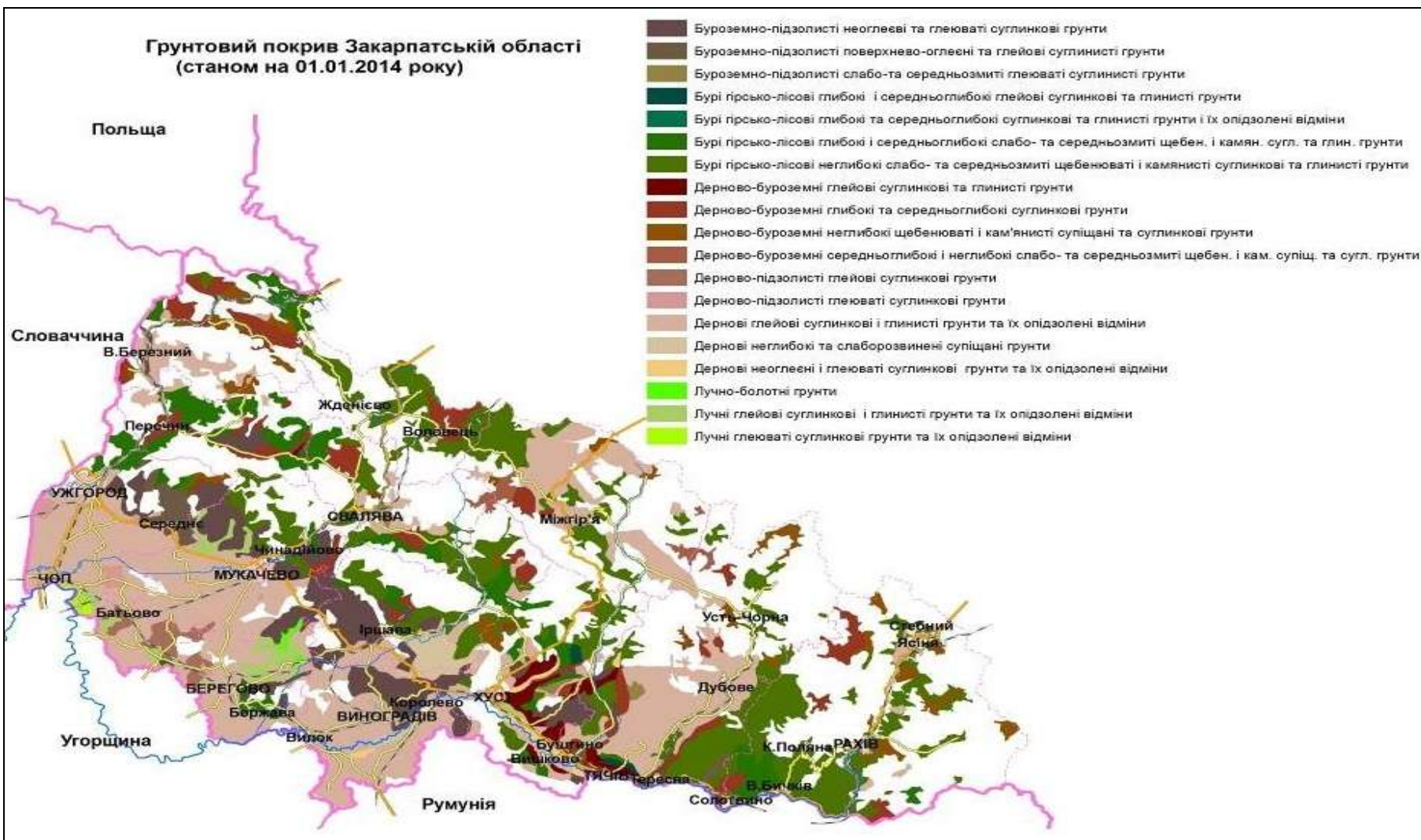


Рис. 2.2. Картосхема ґрунтового покриву Закарпатської області станом на 01.01.2014 згідно з умовними позначеннями

За даними Головного управління Держгеокадастру у Закарпатській області на території області площа порушених відпрацьованих земель, що підлягають рекультивації, становить 950,0 га, що становить 0,1 % від загальної площі області. Всього на території області знаходиться близько 14,27 тис. га деградованих та 68,2 тис. га малопродуктивних земель, що потребують консервації. Аналіз фактичного стану ґрунтів області свідчить, що майже на кожному полі залишається від'ємний баланс поживних речовин та гумусу, швидкими темпами розвивається еродованість земель в гірській ландшафтній зоні, мають місце негативні наслідки гідромеліорації, майже вийшли з ладу дренажні меліоративні системи в районах низинної ландшафтної зони, що призводить до зниження родючості ґрунтів і їх забруднення та заболочення [8]. У зв'язку з цим прискорюються деградаційні процеси, виводяться з сільськогосподарського обробітку найбільш продуктивні землі, а також стримується одержання стабільних врожаїв сільськогосподарських культур [26].

При всіх способах землекористування найбільшої шкоди сільському господарству завдає ерозія ґрунтів. Неправильне землекористування посилює дію факторів, які призводять до ерозії [11]. В низинній ландшафтній зоні Закарпатської області розвиток ерозійних процесів є відносно слабким, не зважаючи на велике розорювання. Передусім це пояснюється особливістю ґрунтоутворного процесу. Порівняно щільна будова важких та середніх суглинків, неглибоке залягання щільного глейового горизонту – все це протидіє глибинній ерозії. Цьому також сприяє мала водопроникність закарпатських ґрунтів та кори вивітрювання, які під час дощів набувають великої в'язкості. Але інтенсивність ерозійних процесів різко зростає з приближенням до хребтів гір. Це пов'язано не тільки зі зростанням схилів поверхні, але й зі збільшенням кількості опадів над схилами. Нерідко ерозійні процеси поєднуються із зсувними. Інтенсивний розвиток цих двох процесів спостерігається у придолинних частинах річок. Тут на схилах в 15–20 ° розташовуються висячі яри глибиною до 6–7 м. Їх обривисті голі



стілки ускладнені зсувними формами. Розвиток зсувних процесів обумовлений близьким заляганням ґрунтових вод, а також – глинистими масами, що легко розмиваються та пливуть. Малоземелля в гірській ландшафтній зоні і необхідність забезпечувати себе продуктами харчування змушувало селян розорювати схили [6]. В області обліковано 39,6 тис. га еродованих земель. Найбільша їх кількість знаходиться у гірській частині Мукачівського району – 7,0 тис. га, у Міжгірському - 6,0 тис. га, Ужгородському та Воловецькому, відповідно 4,2 та 4,1 тис. га; у Великоберезнянському та Іршавському – 3,3 і 3,2 тис. га, відповідно. Із земель на схилах в області щорічно зноситься 0,5 см орного шару ґрунту, що становить 4,9 млн. тонн, або втрачається 173,6 тонн гумусу [11].

В області, згідно з матеріалами великомасштабного обстеження ґрунтів, проведеного Інститутом землеустрою, налічується близько 200 тис. га ерозійно-небезпечних земель, з яких 40,7 тис. га становить рілля (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Картосхема деградованості земель Закарпатської області станом на 01.01.2014 згідно з умовними позначеннями

У структурі земельного фонду області землі сільськогосподарських підприємств становлять 3,9 % території, землі громадян у власності і користуванні – 30,4 %, землі лісгосподарських підприємств – 40,2 %, землі запасу та землі, не надані у користування – 15,9 %, землі інших землекористувачів – 9,6 %. У категорії сільськогосподарських угідь Закарпатської області найбільша частка земельних угідь, за винятком лісовкритих площ, перебуває у приватній власності громадян, що свідчить про високу освоєність земель, оскільки майже кожен землевласник має обробляти свою земельну ділянку. При цьому далеко не всі землі, які належать до орних, фактично використовуються за призначенням. Така тенденція свідчить про неефективне використання земельних ресурсів [6, 10, 11].

Отже, ґрунти Закарпатської області сформувались в умовах помірного клімату з достатнім зволоженням, тому переважають різновиди дерново-підзолистих ґрунтів на низовинній ландшафтній зоні та бурі гірсько-лісові, лучно-лісові у гірській ландшафтній зоні, формування ґрунтового покриву диференційовано залежно від природних умов різних зон Закарпатської області. Для всіх типів ґрунтів характерний несприятливий поживний, фізико-хімічний та водно-фізичний режими.

Проаналізувавши статистичну інформацію, визначили, що землі Закарпаття використовуються неефективно та нераціонально. В умовах унікальних природно-геоморфологічних особливостей система моніторингу ґрунтового покриву потребує удосконалення та обґрунтування. Особливо важливим фактором є удосконалення такої складової державного земельного кадастру, як: бонітування ґрунтів, економічна оцінка земель, облік кількості та якості земель.

## **2.2. Аналіз наземного моніторингу земель сільськогосподарського призначення на основі мережі моніторингових ділянок**

Моніторинг ґрунтів і рослин у мережі спостережень на моніторингових ділянках включає відбір ґрунтових та рослинних зразків з метою визначення якісних показників ґрунту та рослин та станом забруднення їх радіонуклідами та іншими токсичними елементами [23,27,28]. На основі одержаної інформації про зміни показників якісного стану ґрунтів та рослин розробляються науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимального ведення сільськогосподарської діяльності. Така система дає змогу оцінити процеси деградації ґрунтів, динаміку зміни родючості та якісних показників рослинного покриву під час діяльності людини або при проходженні природних процесів у часовому розрізі [10].

Під час моніторингу земель із використанням мережі моніторингових ділянок об'єктом дослідження є саме землі сільськогосподарського призначення (рілля, багаторічні насадження, сіножаті, пасовища) та сільськогосподарські культури [21,22]. У свою чергу, предметом досліджень є дослідження зміни вмісту агрохімічних, фізико-хімічних показників, мікроелементів, забруднюючих речовин (солі важких металів, залишки стійких пестицидів, радіонукліди) внаслідок господарської діяльності; вивчення коефіцієнта переходу забруднюючих речовин з ґрунту у рослину. Такі дослідження полягають в аналізі гетерогенності агрохімічних, фізико-хімічних, радіологічних показників ґрунтів у мережі майданчиків спостереження як на предмет репрезентативності їх сучасного стану ґрунтового покриву Закарпатської області, так і на предмет виявлення можливих тенденцій до зміни показників їхнього стану [12]. Основними завданнями моніторингу є:

- визначення показників агроекологічного стану ґрунтів;
- систематичні спостереження за станом земель та якістю рослинної продукції;



- оцінка змін стану земель;
- встановлення коефіцієнтів переходу забруднюючих речовин у системі «грунт-рослина»;
- формування баз даних агроекологічного стану ґрунтів моніторингових ділянок;
- підготовка пропозицій для вжиття заходів з метою ліквідації негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я населення [10,12].

Під час моніторингу основними методами дослідження виступає система, розроблена згідно з ДСТУ ISO 16133:2005 «Якість ґрунту», настанови «Щодо складання та виконання моніторингових програм» та «Методичних вказівок щодо проведення моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення у мережі спостережень на моніторингових ділянках» [21,22,23]. Відбір та аналіз ґрунтових зразків проводився за стандартними методами і методиками. Одержані результати дають змогу створити базу даних агроекологічного стану ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, описати зміни показників родючості ґрунтів і якості рослинної продукції при різних антропогенних навантаженнях, підготувати пропозиції для вжиття необхідних заходів з метою ліквідації негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я населення. За результатами досліджень формуватиметься база даних агроекологічного стану ґрунтів МД. Основні критерії формування мережі спостереження на моніторингових ділянках:

- ґрунтово-кліматичне зонування території Закарпатської області;
- строкатість ґрунтового покриву;
- спосіб використання земель сільськогосподарського призначення;
- території поблизу потенційних джерел забруднення;
- еталонні природні об'єкти (ліс, заповідники).

На базі стаціонарів (з 1979 року закладки) спеціалістами Закарпатської філії ДУ «Держґрунтохорона» у 2010 році була розроблена система

моніторингових спостережень за станом ґрунтів земель сільськогосподарського призначення та чітко визначена мережа спостережень на моніторингових ділянках. Вони мають форму квадрата розміром 50×50 метрів і відображають характерні властивості поля та репрезентують переважаючі типи ґрунтів даної місцевості. Така створена мережа спостережень нараховує 25 МД (2013 рік) та охоплює всі три ландшафтні зони Закарпаття: в низинній зоні – 10 МД; в передгірській зоні – 7 МД; в гірській зоні – 8 МД. Система розташована на території всіх 13-ти адміністративних районів Закарпатської області. Кожній МД присвоєно індивідуальний номер, визначено географічні координати та розміри (офіційні дані ДУ «Держґрунтохорона» Закарпатської області). Мережа спостережень на МД відображена на картосхемі Закарпаття (рис. 2.4), паспорти деяких МД подані у додатку Б [10].

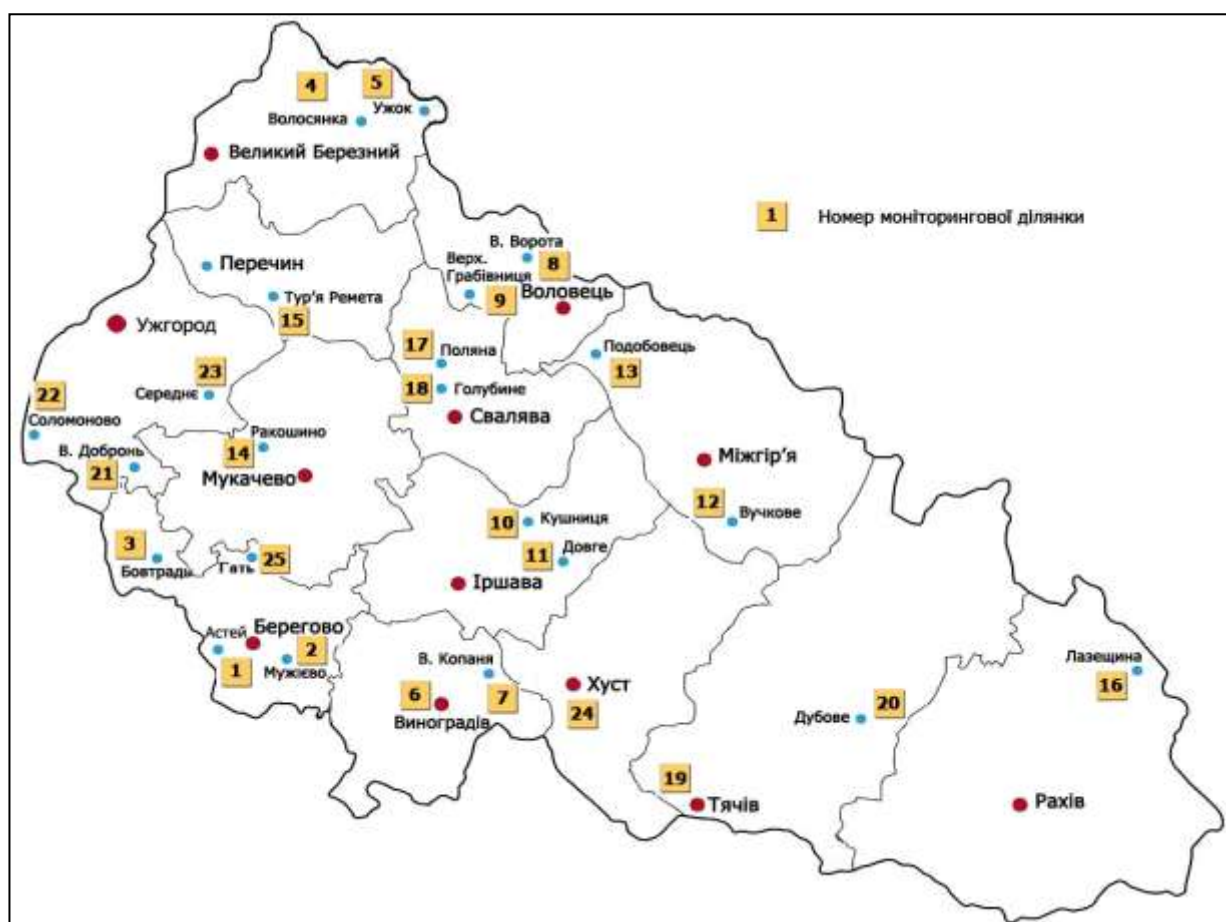


Рис. 2.4. Мережа спостережень на моніторингових ділянках Закарпатської області

**Розподіл майданчиків спостереження Закарпатської області  
за ландшафтними зонами та типами ґрунту**

<b>Ландшафтна зона</b>	<b>Основні типи зональних ґрунтів</b>	<b>Кількість МД</b>
Низинна зона	Дернові глибокі осушені глейові важкосуглинкові, бурі гірсько-лісові середньоглибокі і глибокі опідзолені середньосуглинкові, дернові глибокі глеюваті середньо-, легкосуглинкові, дернові глибокі опідзолені глейові важкосуглинкові, дернові буроземно-підзолисті глейові та поверхнево-оглеєні незмиті середньосуглинкові, дерново-буроземні глейові середньосуглинкові, дернові опідзолені поверхнево-оглеєні важкосуглинкові	10
Передгірська зона	Дерново-буроземні опідзолені середньо-, легкосуглинкові, буроземно-підзолисті глеюваті середньосуглинкові, дерново-буроземні глибокі і середньоглибокі щебенюваті легкосуглинкові теплого поясу, буроземно-підзолисті глеюваті середньосуглинкові, лучно-буроземні неглибокі легкосуглинкові, дернові супіщані	9
Гірська зона	Бурі гірсько-лісові неглибокі щебенюваті та кам'яністі середньосуглинкові, дерново-буроземні та лучно-буроземні середньосуглинкові середньощебенюваті, бурі гірсько-лісові середньоглибокі середньосуглинкові прохолодного поясу, бурі гірсько-лісові неглибокі середньо- та сильнозмиті щебенюваті кам'яністі легкоглиністі, дерново-буроземні середньоглибокі і глибокі середньосуглинкові прохолодного поясу	6

Таблиця 2.2

**Перелік моніторингових ділянок по Закарпатській області**

<b>Місцезнаходження</b>	<b>Тип ґрунту</b>	<b>№ агрогрупи</b>	<b>№ ділянки</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Берегівській р-н, с. Астей	Дернові глибокі осушені глейові важкосуглинкові	179е	1
Берегівській р-н, с. Мужієво	Бурі гірсько-лісові середньоглибокі і глибокі опідзолені середньосуглинкові ґрунти теплого поясу (до 250 м)	193д	2
Берегівській р-н, с. Бовтрадь	Дернові глибокі неоглеєні і глеюваті легкосуглинкові	176г	3
Великобerezнянський р-н, с. Ужок	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні неглибокі щебенюваті та кам'яністі середньосуглинкові	198д	4
Великобerezнянський р-н, с. Волосянка	Дерново-буроземні та лучно-буроземні середньосуглинкові середньощебенюваті	185дж	5

Місцезнаходження	Тип ґрунту	№ агрогрупи	№ ділянки
1	2	3	4
Виноградівський р-н, с. В. Копаня	Дернові глибокі неоглеєні та глеюваті легкосуглинкові	176д	6
м. Виноградово	Дернові глибокі неоглеєні та глеюваті середньосуглинкові	176г	7
Воловецький р-н, с. В. Ворота	Бурі гірсько-лісові середньоглибокі середньосуглинкові ґрунти прохолодного поясу (500–800 м н.р.м.)	191д	8
Воловецький р-н, с. Верхня Грабівниця	Бурі гірсько-лісові неглибокі щебенюваті кам'янисті середньосуглинкові	198д	9
Іршавський р-н, с. Кушниця	Дерново-буроземні опідзолені легкосуглинкові	185г	10
Іршавський р-н, с. Довге	Дерново-буроземні опідзолені середньосуглинкові	185д	11
Міжгірський р-н, с. Вучкове	Бурі гірсько-лісові неглибокі щебенюваті кам'янисті легкосуглинкові	198и	12
Міжгірський р-н, с. Подобовець	Бурі гірсько-лісові неглибокі середньо та сильнозмиті щебенюваті кам'янисті легкоглинисті	199л	13
Мукачівський р-н, с. Ракошино	Дернові глибокі опідзолені глейові важкосуглинкові і легкоглинисті	178е	14
Перечинський р-н, с. Тур'я Ремети	Буроземно-підзолисті глеюваті середньосуглинкові	182д	15
Рахівський р-н, с. Лазещина	Дерново-буроземні середньоглибокі і глибокі середньосуглинкові ґрунти прохолодного поясу (500–800м н.р.м.)	191д	16
Свалявський р-н, с. Голубине	Дерново буроземні глибокі і середньоглибокі щебенюваті легкосуглинкові ґрунти теплого поясу (до 250м н.р.м.)	193г	17
Свалявський р-н, с. Поляна	Буроземнопідзолисті глеюваті середньосуглинкові	182д	18
Тячівський р-н, с. Дубове	Бурі гірсько-лісові неглибокі щебенюваті та кам'янисті легкосуглинкові	198г	19
Тячівський р-н, м. Тячів	Лучно-буроземні неглибокі легкосуглинкові	187г	20
Ужгородський р-н, с. Середнє	Дернові буроземно-підзолисті глейові та поверхнево-оглеєні незмиті і слабо змиті середньосуглинкові	183д	21
Ужгородський р-н, с. Соломоново	Дерново-буроземні та лучно-буроземні глейові середньосуглинкові	186д	22
Ужгородський р-н, с. Велика Добронь	Дернові опідзолені поверхнево-оглеєні важкосуглинкові і легкоглинисті	180е	23
Хустський р-н, м. Хуст	Дернові супіщані	176в	24

У результаті аналізу аналітичних досліджень у мережі майданчиків спостереження відповідно до зон за елементами родючості, було встановлено:

– в низинній ландшафтній зоні: реакція ґрунтового розчину рН сольове – 5,71, гідролітична кислотність – 2,38 мг-екв на 100 г ґрунту, кількість гумусу – 2,41 %, вміст рухомого фосфору – 147,2 мг/кг ґрунту, вміст калію – 188,12 мг/кг ґрунту, сполук азоту, що легко гідролізуються – 65,14 мг/кг ґрунту, сума увібраних основ становить 18,41 ммоль/100 г ґрунту;

– в передгірській ландшафтній зоні: реакція ґрунтового розчину рН сольове – 5,82, гідролітична кислотність – 2,43 мг-екв на 100 г ґрунту, кількість гумусу – 2,97 %, вміст рухомого фосфору – 98,68 мг/кг ґрунту, вміст калію 102,38 мг/кг ґрунту, сполук азоту, що легко гідролізуються – 94,88 мг/кг ґрунту, сума увібраних основ становить 21,22 ммоль/100 г ґрунту;

– в гірській ландшафтній зоні реакція ґрунтового розчину рН сольове – 5,12, гідролітична кислотність – 4,56 мг-екв на 100 г ґрунту, кількість гумусу – 3,29 %, вміст рухомого фосфору – 124,76 мг/кг ґрунту, вміст калію 103,31 мг/кг ґрунту, сполук азоту, що легко гідролізуються – 97,53 мг/кг ґрунту, сума увібраних основ становить 12,46 ммоль/100 г ґрунту (табл. 2.3) [10,29].

Таблиця 2.3

### Агрохімічні показники ландшафтних зон Закарпатської області

Ландшафтна зона	Агрохімічні показники, середнє за 2013 рік, мг/кг				
	N*	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гумус, %	pH
Низинна зона	65,14	147,32	188,12	2,41	5,71
Передгірська зона	94,88	98,68	102,38	2,97	5,82
Гірська зона	97,53	124,76	103,31	3,29	5,12

\*азот сполук, що легко гідролізуються

Для зручності по майданчикам спостереження за елементами родючості ґрунтів, їх якісного стану, було зроблено усереднення даних відповідно до агрокліматичних зон, не виділяючи їх за кожною ділянкою.

Отже, родючіші ґрунти знаходяться у низинних частинах земель області по відношенню до рельєфу та заплавних землях гірських річок. За

результатами агрохімічного обстеження, проведеного протягом дев'ятого туру, в області нараховується 71,4 % кислих ґрунтів від загальної обстеженої площі – 267,71 тис. га. Значну частину площ 89,0 тис. га займають землі з дуже сильно- та сильнокислою реакцією ґрунтового розчину. Середньозважений показник  $pH_{\text{сол}}$  у дев'ятому турі становить 5,04, що на межі між середньокислою і слабокислою реакцією ґрунтового розчину. Збереження і нагромадження гумусу є основою підтримання родючості ґрунтів. Середньозважений показник якого в цілому по області становить 2,48 %. В області переважають ґрунти з низьким та середнім забезпеченням. Ґрунти з високим та дуже високим вмістом займають мізерні площі, а у Берегівському, Виноградівському, Хустському та Ужгородському районах вони зовсім відсутні. З огляду на отримані результати щодо забезпеченості ґрунтів рухомими формами сполук легкогідролізованого азоту, виявилось, що він є найбільш дефіцитним елементом живлення рослин у ґрунтах Закарпаття. Середньозважений вміст рухомих фосфатів в цілому у ґрунтах Закарпаття на середньому рівні. Середній вміст рухомого фосфору зберігся у всіх низинних і передгірських районах. Низький його уміст зафіксований у гірських районах, у тому числі у Міжгірському районі – дуже низький. Калійний режим ґрунтів у цілому по області на середньому рівні.

Проведені дослідження свідчать, що ґрунти Закарпатської області добре забезпечені мікроелементами, які визначались протягом ІХ туру і не потребують додаткового внесення мікродобрив, а навпаки вимагають покращення кислотного середовища, щоб зменшити негативний вплив рухомих форм марганцю, міді, цинку і бору. Аналіз отриманих результатів щодо родючості ґрунтів області засвідчив, що ґрунти під ріллею мають найвищий еколого-агрохімічний бал – 29 балів. Ґрунти під сіножатями і пасовищами менш родючі, їх еколого-агрохімічна оцінка становить 23 бали. Найнижчу родючість мають землі під багаторічними насадженнями, еколого-агрохімічна оцінка яких визначена на рівні 19 балів, що відповідає дуже низькій родючості.

Для запобігання деградації ґрунтів необхідно створити правильну структуру сільськогосподарських угідь, освоїти ґрунтозахисні сівозміни, дотримуватись науково обґрунтованих технологій вирощування культур, впроваджувати перспективні технології з мінімальним обробітком ґрунту та використанням місцевих видів добрив, а також проводити систематичний моніторинг земель сільськогосподарського призначення на основі аерокосмічної інформації.

### **2.3. Використання мережі моніторингових ділянок для оцінювання стану родючості ґрунтів ландшафтних зон Закарпаття**

Рівень родючості ґрунтів зумовлюється значною мірою вмістом основних елементів живлення – гумусу, азоту, фосфору і калію. Гумусний стан ґрунтів під час сільськогосподарського використання є показником стабільності агроландшафтів і рівня родючості ґрунтів. Від вмісту, запасів і якості гумусу залежать умови росту та розвитку рослин, оскільки він є регулятором багатьох ґрунтових процесів і режимів, а також джерелом забезпечення рослин макро- і мікроелементами [2,16].

Проблема гумусу для ґрунтів Закарпаття надзвичайно важлива, оскільки велика кількість опадів (понад 700 мм на рік) сприяє його вимиванню, особливо на схилах. Загострення проблеми викликане неповерненням органічних речовин у ґрунт, що пов'язано із постійним і тенденційним зменшенням поголів'я худоби, особливо великої рогатої [10]. Крім цього, скорочуються площі під багаторічними травами і, зокрема, під конюшиною і люцерною, порушуються прості правила впровадження сівозмін. Простежуючи динаміку розподілу площ сільськогосподарських угідь за вмістом гумусу, встановлено, що середньозважений показник його за останні чотири тури обстеження, починаючи з 1991 року, залишався у межах середнього забезпечення (2–3 %). У шостому турі (1991–1995 рр.) у цілому по області середньозважений вміст гумусу становить 2,17 %. За п'ять років

цей показник знизився на 0,09 % і вже у сьомому турі становить 2,08 %. У наступних двох турах за рахунок розширення обстежених площ у гірській зоні спостерігається деяке підвищення гумусу, де його запаси на луках і пасовищах знаходяться на підвищеному та високому рівні. Тому вміст гумусу у восьмому турі становить 2,64, а у дев'ятому – 2,48 % [10,29].

На основі проаналізованих статистичних даних по МД, які розташовані у всіх районах Закарпатської області за останні роки, починаючи з 2010 по 2013 рр., було знайдено усереднені значення вмісту гумусу в ґрунтах згідно з окремими МД, згідно з районами та ландшафтними зонами (табл. 2.4).

Незважаючи на підвищений вміст гумусу на землях гірської зони, родючість цих ґрунтів майже не зростає, про що свідчать статистичні джерела, оскільки їм характерна висока кислотність, яка без вапнування ще більше зростає. В умовах перезволоження проходить вимивання кальцію, магнію і калію з верхніх горизонтів, що ще більше підкислює ґрунтовий розчин, а в кислому середовищі такий гумус «законсервований», недоступний для рослин і утворений здебільшого з фульвокислот [10].

За результатами розрахованих показників побудовані картосхеми вмісту гумусу по окремих МД та по районах в цілому за поточні роки (2010 - 2013) в геоінформаційному середовищі ArcGis (рис. 2.5, 2.6, 2.7, 2.8).

На побудованих картосхемах простежується, що у період з 2010 по 2013 рік показники вмісту гумусу в ґрунтах на МД суттєво не змінюються. Детальніше ця тенденція розглядається на рис. 2.9.

Таким чином, на МД, таких як: Велика Копаня, Виноградів, Середнє, Соломонове, Велика Добронь, Мужієво, Астей, Ракошино, Гать, Бовтрадь, що розташовані в районах низинної ландшафтної зони простежується дуже низький (<1 %), низький (від 1 % до 2 %) та середній (від 2 % до 3 %) показник вмісту гумусу в ґрунтах.



Таблиця 2.4

**Усереднені значення показників вмісту гумусу ( $G_{act}$ ) по моніторингових ділянках (МД) за 2010-2013 рр. згідно з ландшафтними зонами розташування районів**

№ району	Назва району	Назва та номер МД	Середнє значення $G_{act}$ 2010-2013 по районах, %	Сума $G_{act}$ 2010-2013 по МД, %			
				2010	2011	2012	2013
Низовинна зона 100–148 м, 10 МД ( $G_{act}$ згідно з районами по зонах 2,87 )				2010	2011	2012	2013
1	Ужгородський	1. Середнє	2,41	2,30	1,79	1,87	2,07
		2. Соломоново		2,30	3,93	3,33	1,86
		3. В. Добронь		2,40	2,11	4,71	0,55
2	Мукачівський	4. Ракошино	3,29	4,00	2,69	3,28	3,17
3	Берегівський	5. Астей	2,85	3,00	2,20	2,00	2,24
		6. Мужієво		2,40	2,50	2,40	2,58
		7. Бовтрадь		3,80	2,29	1,99	2,07
		8. Гать		4,16	4,14	3,65	4,16
4	Виноградівський	9. В. Копаня	2,92	2,80	4,41	5,17	4,20
		10. Виноградово		1,50	1,80	1,89	1,58
Передгірська зона 162–235 м, 6 МД ( $G_{act}$ згідно з районами по зонах 2,96)				2010	2011	2012	2013
5	Перечинський	11. Тур'я Ремети	2,80	2,20	3,44	2,86	2,69
6	Свалявський	12. Голубино	3,48	3,00	2,36	3,45	3,93
		13. Поляна		5,00	3,62	3,43	3,06
7	Іршавський	14. Кушниця	4,26	5,00	5,10	4,62	4,38
		15. Довге		5,20	5,10	2,48	2,17
8	Хустський	16. Хуст	1,31	2,00	1,78	0,95	0,55
Гірська зона 385–672 м, 6 МД ( $G_{act}$ згідно з районами по зонах 3,33)				2010	2011	2012	2013
9	Великобerezнянський	17. Ужок	3,44	2,50	2,66	3,19	2,55
		18. Волосянка		2,80	4,41	5,17	4,20
10	Воловецький	19. В. Ворота	2,88	1,50	1,80	1,89	1,58
		20. В. Грабівниця		3,70	4,79	3,76	3,96
11	Міжгірський	21. Вучкове	3,67	5,00	2,92	1,87	2,62
		22. Подобовець		4,00	4,54	3,60	4,79

На МД, які розташовані у передгірській ландшафтній зоні: Тур'я Ремета, Голубино, Поляна, Кушниця, Довге та Хуст, показники підвищеного рівня, окрім Хустського району, де показники є меншими за низький рівень вмісту гумусу. Усереднені значення по таких МД як: Ужок, Волосянка, Верхні Ворота, Верхня Грабівниця, Вучкове та Подобовець, що належать до гірської ландшафтної зони, свідчать про високий (від 4 % до 5 %) та дуже високий (понад 5 %) рівень вмісту гумусу. Проте така тенденція зберігається лише до 2012 року.

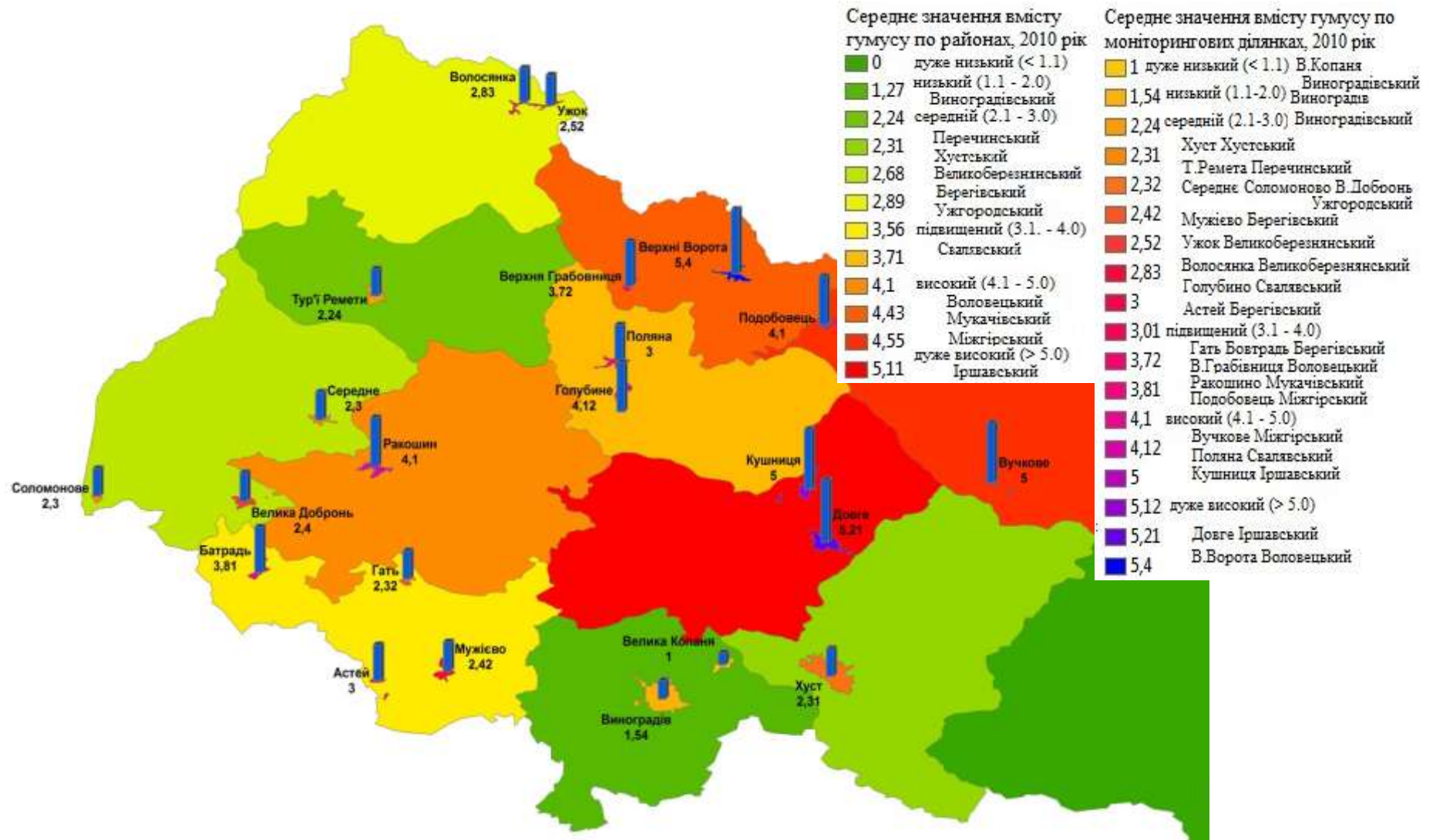


Рис. 2.5. Картосхема усереднених показників вмісту гумусу в ґрунтах згідно з МД та районами розташування по Закарпатській області станом на 2010 рік

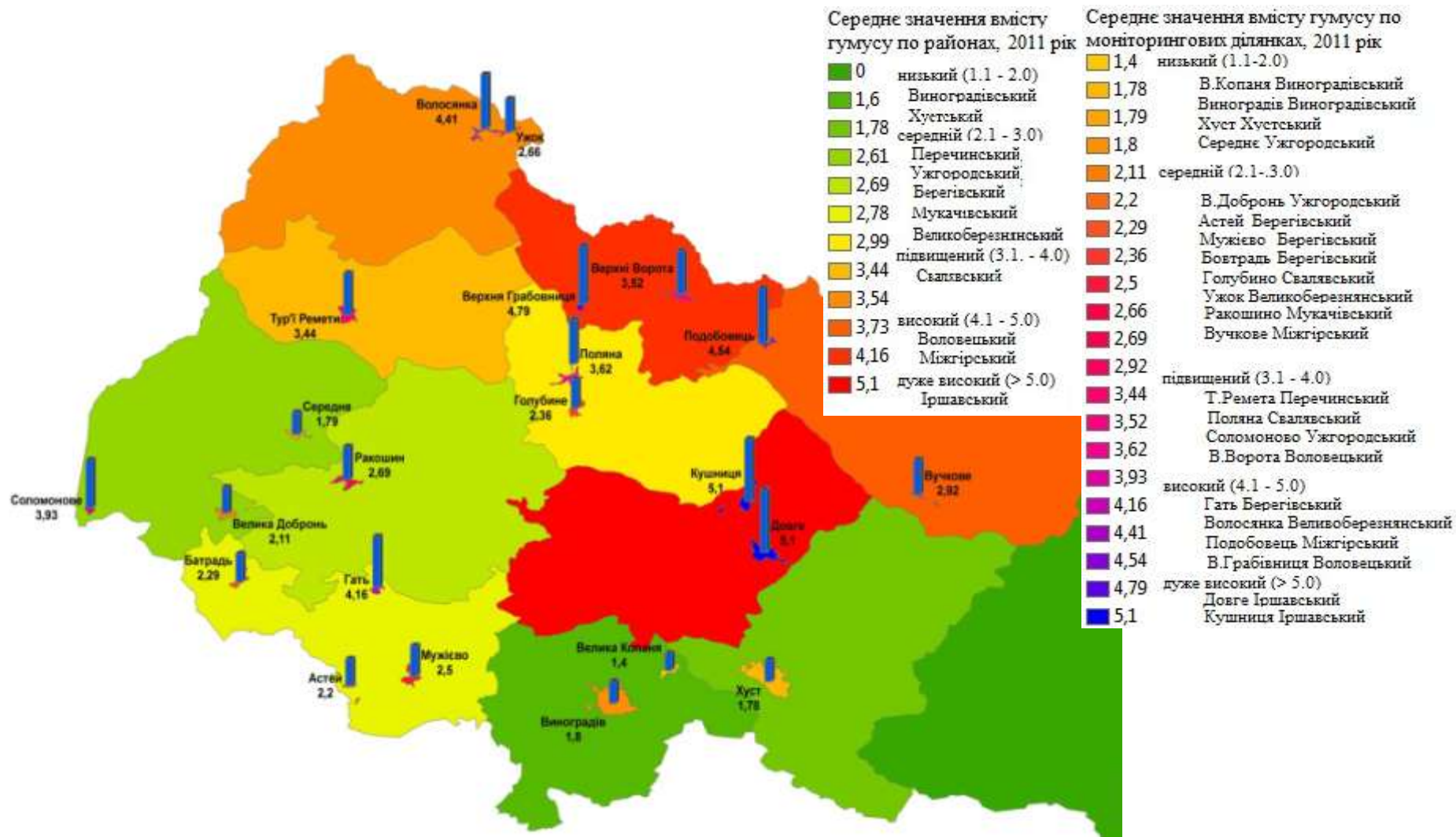


Рис. 2.6. Картосхема усереднених показників вмісту гумусу в ґрунтах згідно з МД та районами розташування по Закарпатській області станом на 2011 рік



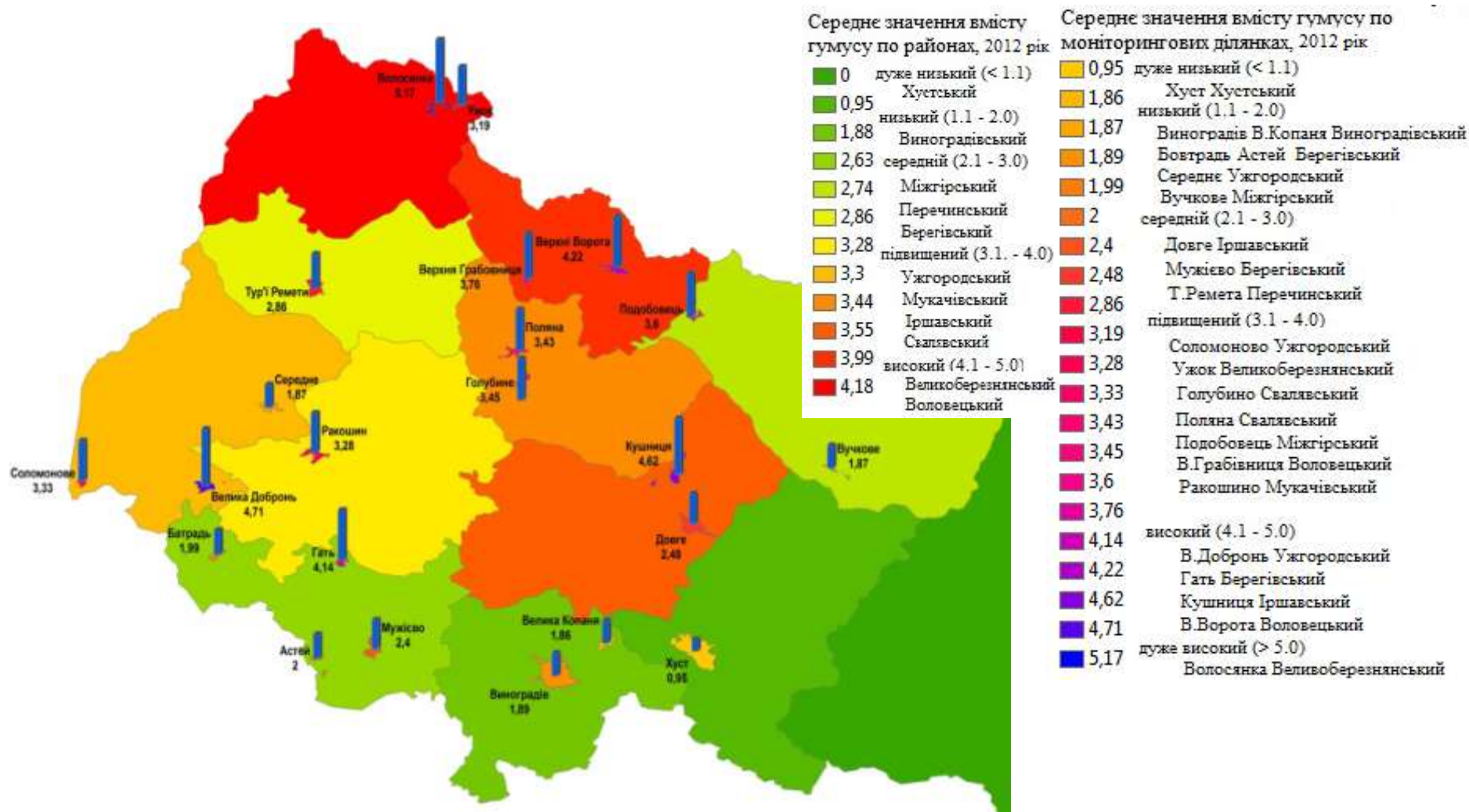


Рис. 2.7. Картосхема усереднених показників вмісту гумусу в ґрунтах згідно з МД та районами розташування по Закарпатській області станом на 2012 рік

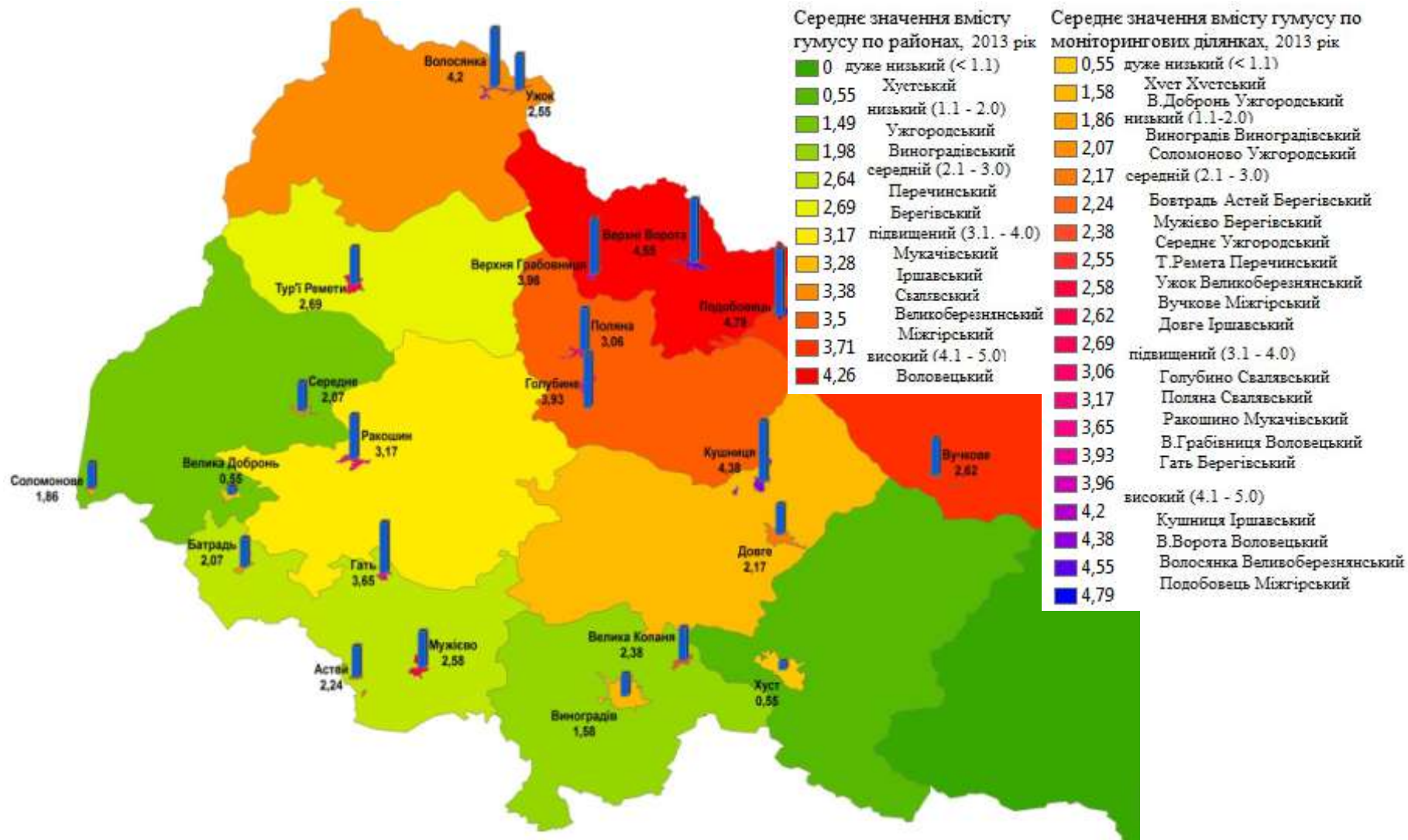


Рис. 2.8. Картосхема усереднених показників вмісту гумусу в ґрунтах згідно з МД та районами розташування по Закарпатській області станом на 2013 рік

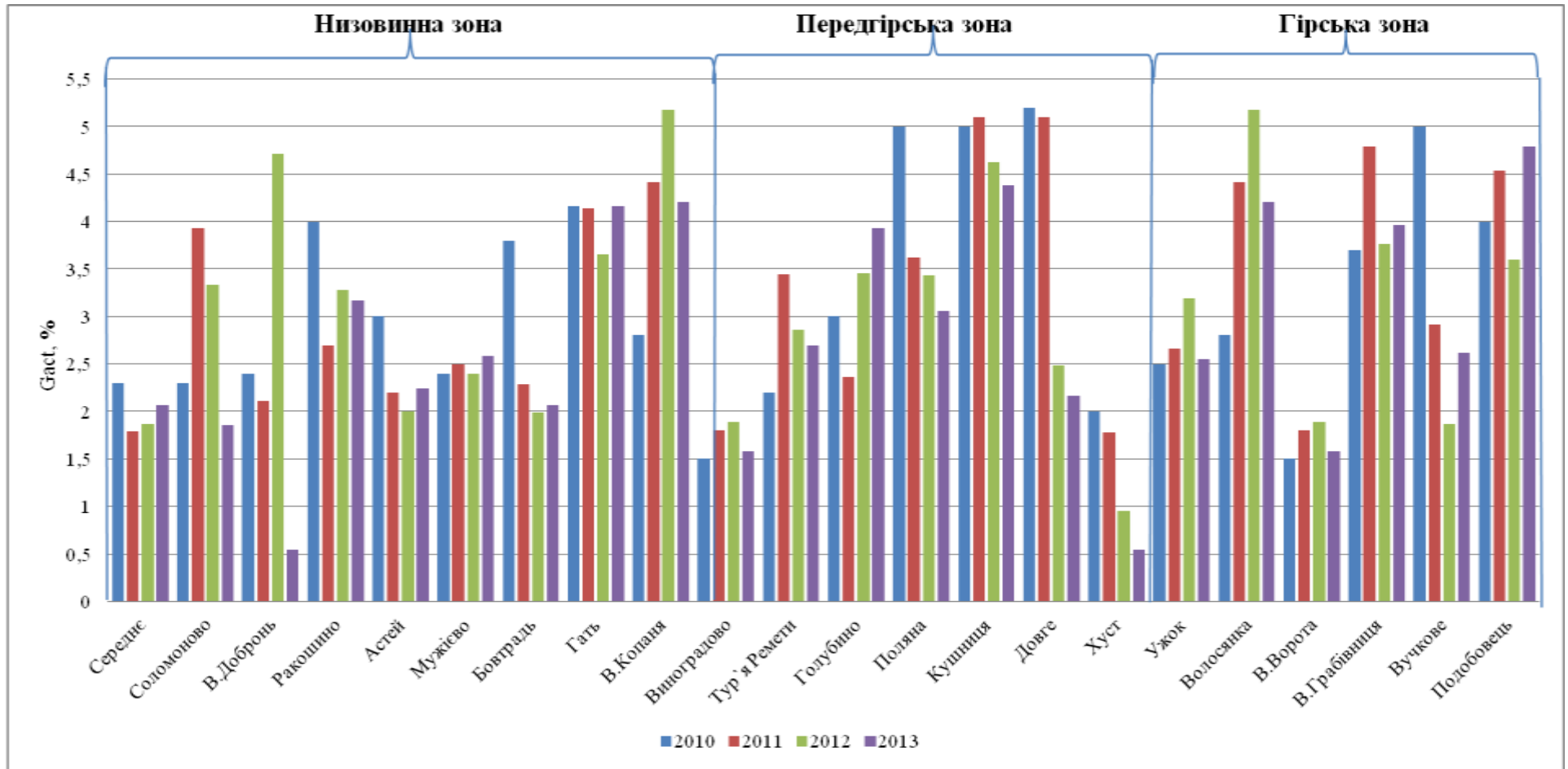


Рис. 2.9. Усереднені значення показника вмісту гумусу ( $G_{act}$ ) по моніторингових ділянках за 2010–2013 рр.

Отже, проаналізувавши статистичну інформацію та побудувавши картосхеми та графіки показників вмісту гумусу в ґрунтах, можна зробити висновок, що ґрунти, які розташовані на моніторингових ділянках районів низинної ландшафтної зони характеризуються низькою родючістю щодо гумусованості. В свою чергу ґрунти, що розташовані у гірській частині області, характеризуються високим показником вмісту гумусу.

#### **2.4. Дослідження залежності стану рослинності від родючості ґрунтів в умовах різних ландшафтних зон Закарпаття на основі аерокосмічної інформації**

В основу дослідження залежності ґрунт-рослина покладена гіпотеза про те, що стан та кількість рослинності залежить від показників родючості ґрунтів. У багатьох роботах [8,13,14] наведені дані про те, що врожайність сільськогосподарських культур залежить від показника вегетаційного індексу, або ж набору індексів, протягом вегетаційного періоду. Для будь-якої ділянки з рослинністю значення вегетаційних індексів мають різну предикативну силу залежно від календарної дати, вирощуваної сільськогосподарської культури та особливостей досліджуваного регіону [19,20].

Для даного дослідження було взято вегетаційний індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – простий кількісний показник фотосинтетично активної біомаси [32]. Цей показник характеризується легкістю обчислення та найширшим динамічним діапазоном. Також серед інших показників він найбільш чутливий до змін у рослинному покриві. NDVI є помірно чутливим до змін ґрунтового й атмосферного фону [16,17]. Не слід застосовувати його якщо рослинний покрив становить менше 30 % площі, яка досліджується. Розрахунок показника NDVI базується на двох незалежних від інших факторів ділянках спектральної кривої відбиття судинних рослин. У червоній ділянці спектра (0,6–0,7 мкм) лежить максимум

поглинання сонячної радіації хлорофілом вищих судинних рослин, а вже в інфрачервоній ділянці (0,7–1,0 мкм) йде максимальне відбиття клітинних структур листків [31]. Тому таке співвідношення, тобто така фотосинтетична активність, дозволяє чітко відокремлювати рослинність від інших природних структур. Використання нормалізованої різниці між мінімумом і максимумом відбиття збільшує точність виміру та дозволяє зменшити вплив таких явищ, як розходження в освітленості знімка, хмарності, поглинання радіації атмосферою [33,34]. Тому прийнято обчислювати NDVI за такою формулою, яка свідчить, що щільність NDVI у певній точці зображення дорівнює різниці інтенсивностей відбитого світла в червоному та інфрачервоному діапазонах, яка поділена на їх суму:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (2.1)$$

де NIR та RED – це значення відповідних пікселей на зображенні, які отримані у червоній (RED) видимій та ближній інфрачервоній (NIR) ділянках спектра [17].

Дослідження залежності стану та кількості рослинності від показників родючості ґрунтів в умовах різновисотних ландшафтних зон області передбачає такі етапи:

– отримання статистичних даних, які характеризують показники родючості ґрунтів області. У даному випадку використовувалися дані про кількість вмісту гумусу в ґрунтах у розрізі 22 моніторингових ділянок (2010–2013 рр.) та дані аргохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення Свалявського та Мукачівського районів передгірської та рівнинної ландшафтних зон (2013 р.), (рис. 2.10). Дані надані ДУ «Держґрунтоохорона» Інституту охорони ґрунтів в Закарпатській області [10];



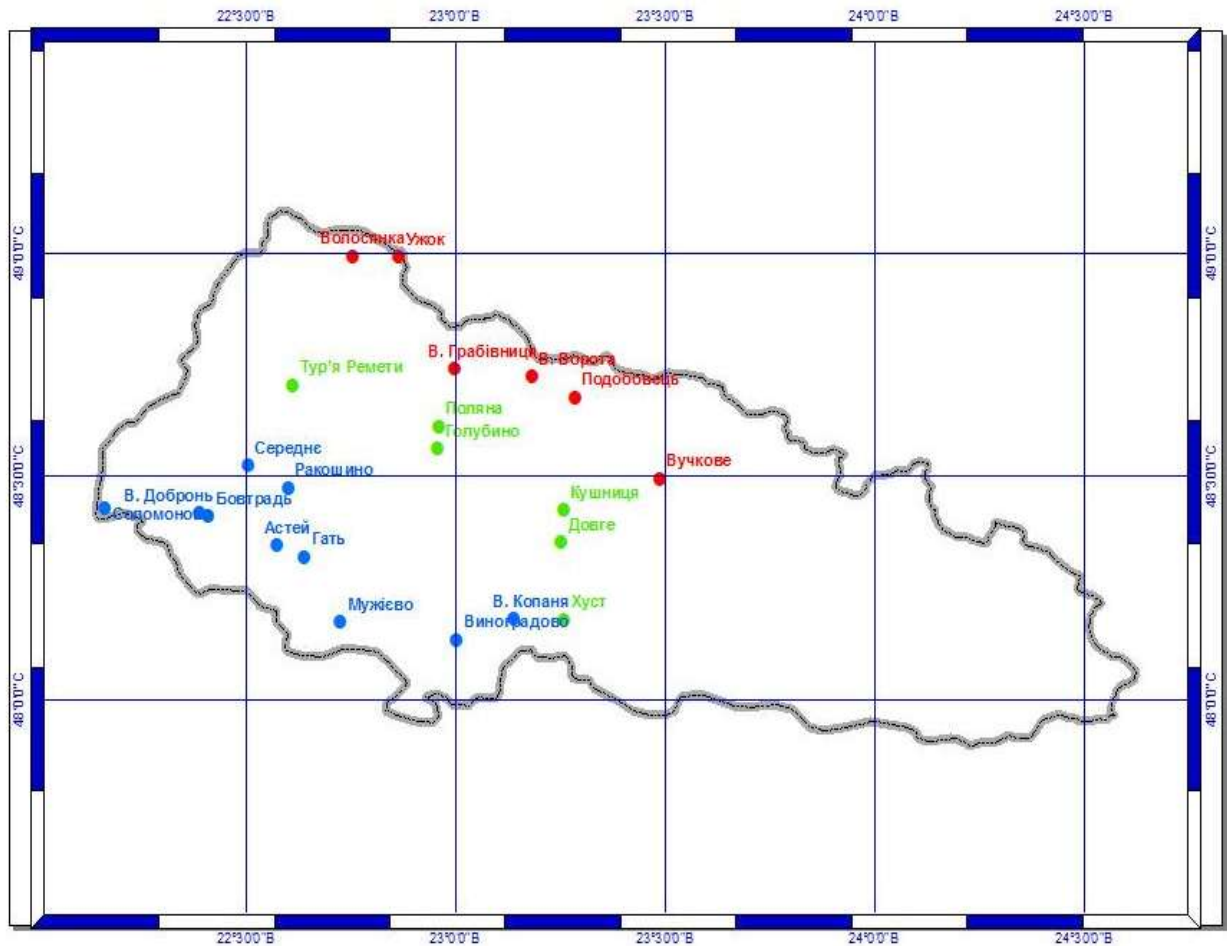


Рис. 2.10. Координатне розміщення МД по території Закарпатської області

– побудова цифрової моделі рельєфу Закарпатської області у результаті створення мозаїки зображення із 6-ти сцен за даними Aster Global Digital Elevation Model ( $h=20\text{m}$ , 95 %) для ідентифікації моніторингових ділянок гірської ландшафтної зони (рис. 2.11.). Моніторингові ділянки, що лежать на схилах гір не досліджувались;

– скачування доступних наявних космічних знімків за відповідний вегетаційний період з мінімальним відсотком хмарності. Для нашого дослідження було опрацьовано 19 мультиспектральних космічних знімків супутника Landsat 4-5 TM, 7 ETM+, 8 OLI, з відсотком хмарності від 0 до 24 %, за вегетаційний період з травня по серпень 2010–2013 рр., що повністю задовольняє процес дослідження [31]. Супутникові знімки скачувались з офіційного сайту <http://glovis.usgs.gov>;

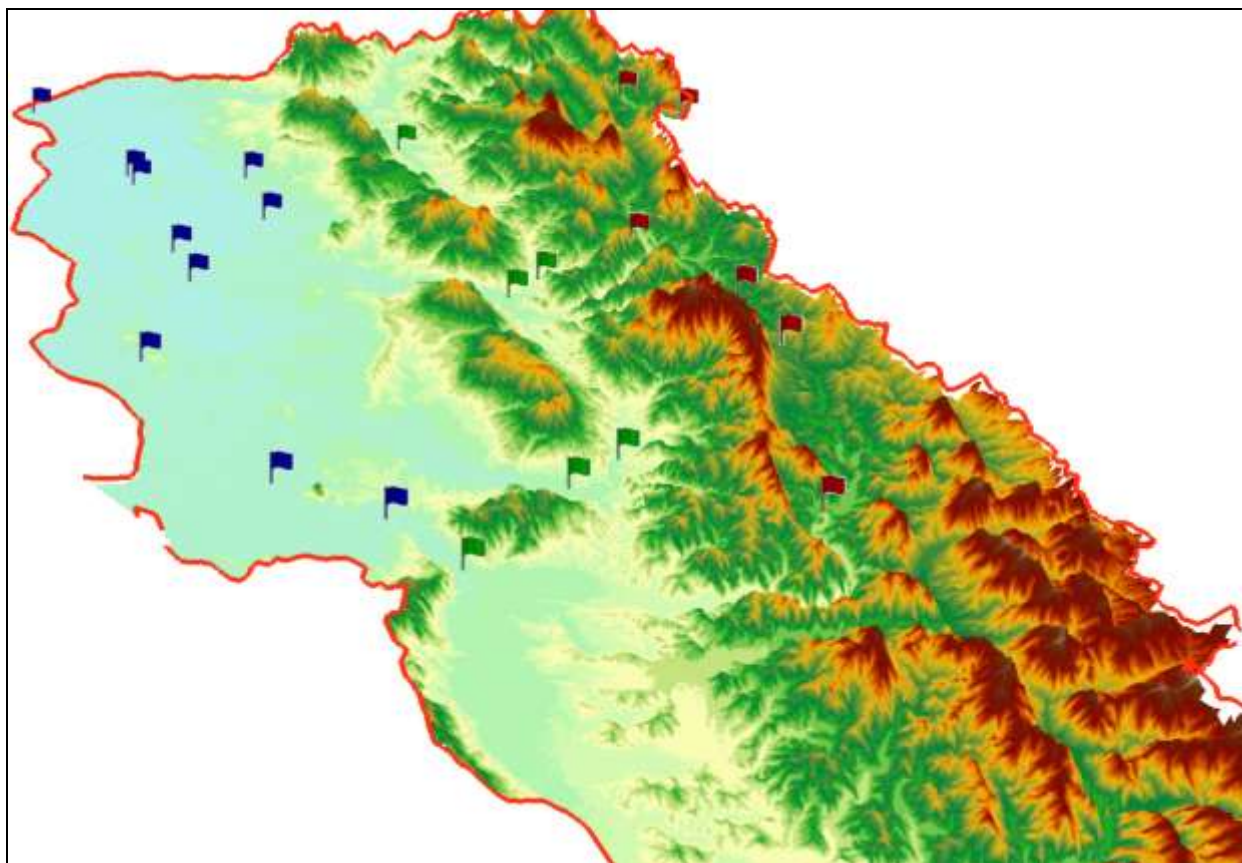


Рис. 2.11. ЦМР Закарпатської області. Прапорці червоні – МД гірської ландшафтної зони, зелені – МД передгірської ландшафтної зони, сині – МД низовинної ландшафтної зони

– процес попередньої обробки знімків. Проводилось синтезація каналів для формування відповідного мультиспектрального зображення, радіометрична та атмосферна корекція знімків, тих супутників, які потребували даної обробки [1,3]. Всі розрахунки проводились у спеціалізованій програмі Erdas Imagine 2013;

– розрахунок вегетаційного індексу  $NDVI$  згідно з показниками енергетичних яскравостей відповідних спектральних каналів (2.1). Відповідно до моделі супутника проводились розрахунки вегетаційного індексу, оскільки кількість та порядковий номер спектральних каналів у супутників Landsat 4-5 TM, Landsat 7 ETM+ та Landsat 8 OLI відрізняються;

– отримання усереднених значень  $NDVI_{avr}$  за вегетаційний період по моніторингових ділянках, районах, зонах та оформлення відповідних таблиць. Усереднені значення вегетаційного індексу  $NDVI$  розраховувалися

по даним декількох пікселів, які входили у вибірку, у результаті утворення полігону, тому що площа МД дорівнює  $2500 \text{ м}^2$  (рис. 2.13);

– встановлення лінійної статистичної залежності між показниками стану та кількості рослинності на прикладі вегетаційного індексу  $NDVI_{avr}$  та показника родючості ґрунтів на прикладі усередненого показника вмісту гумусу  $G_{act}$  [5,15,30]:

$$y = ax + b, \quad (2.2)$$

що в процесі адаптації набуває виду:

$$NDVI_{avr} = aG_{act} + b, \quad (2.3)$$

де  $NDVI_{avr}$  – усереднений показник індексу за вегетаційний період,  $G_{act}$  – усереднений показник вмісту гумусу,  $a$  та  $b$  – параметри залежності;

Якщо за допомогою незалежних критеріїв встановлений факт залежності між випадковими величинами, то необхідною є оцінка степені достовірності даної статистичної залежності, яка полягає у наступному [5]:

– знаходження коефіцієнтів кореляції  $R$ , який полягає у визначенні степені інтенсивності зв'язку між двома вибірками значень (2.4):

1) задається довірча ймовірність  $P = 0,95$  та рівень значимості  $\alpha = 0,05$

2) обчислюються вибіркові середні значення по  $x$  та  $y$ , де  $n = 22$  (2010-2012) та 75 (2013):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i,$$

3) розраховується точкова оцінка коефіцієнта кореляції:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2.4)$$

4) із визначення  $\alpha = 2\Phi(k) - 1$ , де  $\Phi$  – функція розподілення стандартного нормального закону обчислюється значення  $k = \Phi^{-1}\left(\frac{1+\alpha}{2}\right)$ , де  $\Phi^{-1}$  – функція, обернена до функції розподілення стандартного нормального закону.

5) обчислюються величини  $z_1, z_2$ , при довірчому множнику  $k=1,96$ :

$$Z_1 = \frac{1}{2} \ln \frac{1+R}{1-R} - \frac{k}{\sqrt{n-3}}, \quad Z_2 = \frac{1}{2} \ln \frac{1+R}{1-R} + \frac{k}{\sqrt{n-3}},$$

6) обчислюються довірчі інтервали для коефіцієнтів кореляції  $r_1, r_2$  (2.4):

$$r_1 = \frac{e^{2z_1} - 1}{e^{2z_1} + 1}, \quad r_2 = \frac{e^{2z_2} - 1}{e^{2z_2} + 1}, \quad (2.5)$$

7) обчислюється середнє квадратичне відхилення  $\sigma$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum ((aG_{act} + b) - NDVI_{avr})^2}{n-2}}, \quad (2.6)$$

8) обчислюється коефіцієнт детермінації  $R^2$

9) обчислюється значимість коефіцієнта кореляції  $t$ :

$$t = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (2.7)$$

Даний метод є наближеним і обчислення дають задовільні результати, оскільки обсяг вибірки перевищує 20 значень.

– побудова графіків залежності між вегетаційним індексом  $NDVI_{avr}$  та показником родючості ґрунтів на прикладі усередненого показника вмісту гумусу  $G_{act}$  (2.3).

Для дослідження статистичної залежності стану та кількості рослинності від показників родючості ґрунтів в умовах різновисотних ландшафтних зон області за 2010 – 2013 рр. використовувались статистичні дані про показники вмісту гумусу в ґрунті окремо по МД, сумарні по районах та ландшафтних зонах області, що наведені у таблицях 2.5. – 2.8.

Далі взято мультиспектральні знімки супутника Landsat 4-5 TM, 7 ETM+, 8 OLI за вегетаційний період: у 2010 році (06.06, 16.07, 01.08), середня хмарність 12 %, залежність встановлювалась по 3 сценам за 3 вегетаційні місяці; у 2011 році (08.05, 15.05, 24.05, 01.06, 17.06, 03.07, 20.08), середня хмарність 10 %, залежність досліджувалась по 7 сценам за 4 вегетаційні місяці; у 2012 році (10.05, 30.08), середня хмарність 9 %, опрацьовано 2 сцени за 2 вегетаційні місяці; у 2013 році (05.05, 24.05, 09.06, 08.07, 24.07,

09.08, 31.08), середня хмарність 7 %, залежність встановлювалась по 7 сценам за 4 вегетаційні місяці.

Таблиця 2.5

**Усереднені значення показників вмісту гумусу  $G_{act}$  та показників  
вегетаційного індексу NDVI, за 2010 рік**

Назва зони, району, МД та координати		$G_{act}$ , %	$NDVI_{avr}$ . за місяцями			$NDVI_{avr}$ за ВП
Рік та місяці дослідження		2010	06	07	08	
Низовинна зона		2,95				0,36
Ужгородський		2,33				0,35
Середнє	609902.58;5375963.50	2,30	0,34	0,24	0,27	0,28
Соломоново	591773.32;5376578.17	2,30	0,17	0,48	0,46	0,37
В. Добронь	589622.58;5368390.27	2,40	0,36	0,50	0,35	0,40
Мукачівський		4,00				0,39
Ракошино	618869.30;5370816.81	4,00	0,16	0,45	0,57	0,39
Берегівський		3,34				0,30
Астей	617076.14;5337268.80	3,00	0,32	0,34	0,29	0,32
Мужієво	627678.02;5337743.64	2,40	0,16	0,23	0,42	0,27
Бовтрадь	606690.10;5355218.10	3,80	0,16	0,24	0,37	0,26
Гать	621550.28;5351193.92	4,16	0,17	0,39	0,54	0,36
Виноградівський		2,15				0,41
В. Копаня	659175.28;5338630.21	2,80	0,37	0,48	0,48	0,44
Виноградово	648975.08;5332316.23	1,50	0,21	0,43	0,48	0,37
Передгірська зона		3,33				0,50
Перечинський		2,20				0,47
Тур'я Ремети	618596.50;5395858.10	2,20	0,44	0,49	0,48	0,47
Свалявський		4,00				0,58
Голубино	644644.33;5380835.21	3,00	0,56	0,61	0,60	0,59
Поляна	644616.11;5386112.51	5,00	0,43	0,56	0,60	0,58
Іршавський		5,10				0,52
Кушниця	667277.45;5366956.90	5,00	0,46	0,55	0,55	0,52
Довге	666785.80;5357704.93	5,20	0,44	0,57	0,58	0,53
Хустський		2,00				0,47
Хуст	593119.14;5336870.91	2,00	0,19	0,64	0,60	0,47
Гірська зона		3,25				0,52
Великобerezнянський		2,65				0,57
Ужок	636866.57;5428349.16	2,50	0,44	0,56	0,58	0,53
Волосянка	628633.71;5428302.66	2,80	0,49	0,65	0,67	0,60
Воловецький		2,60				0,56
В. Ворота	660758.43;5399018.84	1,50	0,56	0,64	0,36	0,52
В. Грабівниця	646977.26;5400655.65	3,70	0,54	0,61	0,65	0,60
Міжгірський		4,50				0,43
Вучкове	683698.07;5374739.85	5,00	0,47	0,60	0,59	0,55
Подобовець	668378.06;5394088.19	4,00	0,19	0,19	0,56	0,31

\*  $G_{act}$  – усереднені значення показника вмісту гумусу по МД, районах та зонах відповідно до року;

\*\*  $NDVI_{avr}$  – усереднені значення вегетаційного індексу за вегетаційний період по МД, районах та зонах

**Усереднені значення показників вмісту гумусу  $G_{act}$  та показників  
вегетаційного індексу NDVI за 2011 рік**

Назва району, зони, МД та координати		$G_{act}$ , %	NDVI <sub>avr.</sub> за місяцями				NDVI <sub>avr.</sub> за ВП
Рік та місяці дослідження			2011	05	06	07	
Низовинна зона		2,79					0,44
Ужгородський		2,61					0,53
Середнє	609902.58;5375963.50	1,79	0,48	0,58	0,55	0,75	0,39
Соломоново	591773.32;5376578.17	3,93	0,16	0,44	0,62	0,63	0,46
В. Добронь	589622.58;5368390.27	2,11	0,30	0,51	0,28	0,65	0,44
Мукачівський		2,69					0,41
Ракошино	618869.30;5370816.81	2,69	0,29	0,24	0,59	0,53	0,41
Берегівський		2,78					0,37
Астей	617076.14;5337268.80	2,20	0,25	0,46	0,35	0,39	0,36
Мужієво	627678.02;5337743.64	2,50	0,14	0,21	0,52	0,48	0,34
Бовтрадь	606690.10;5355218.10	2,29	0,16	0,43	0,33	0,42	0,34
Гать	621550.28;5351193.92	4,14	0,36	0,32	0,61	0,44	0,43
Виноградівський		3,10					0,43
В. Копаня	659175.28;5338630.21	4,41	0,41	0,49	0,54	0,43	0,47
Виноградово	648975.08;5332316.23	1,80	0,37	0,28	0,51	0,38	0,39
Передгірська зона		3,33					0,47
Перечинський		3,44					0,42
Тур'я Ремети	618596.50;5395858.10	3,44	0,27	0,39	0,51	0,49	0,42
Свалявський		2,99					0,52
Голубино	644644.33;5380835.21	2,36	0,41	0,64	0,65	0,54	0,56
Поляна	644616.11;5386112.51	3,62	0,36	0,57	0,59	0,43	0,49
Іршавський		5,10					0,49
Кушниця	667277.45;5366956.90	5,10	0,39	0,51	0,61	0,58	0,52
Довге	666785.80;5357704.93	5,10	0,23	0,49	0,60	0,54	0,47
Хустський		1,78					0,44
Хуст	593119.14;5336870.91	1,78	0,40	0,22	0,62	0,51	0,44
Гірська зона		3,51					0,53
Великобрезнянський		3,53					0,50
Ужок	636866.57;5428349.16	2,66	0,37	0,27	0,45	0,59	0,42
Волосянка	628633.71;5428302.66	4,41	0,52	0,70	0,48	0,62	0,58
Воловецький		3,29					0,60
В. Ворота	660758.43;5399018.84	1,80	0,48	0,66	0,67	0,64	0,61
В. Грабівниця	646977.26;5400655.65	4,79	0,49	0,69	0,62	0,58	0,60
Міжгірський		3,73					0,49
Вучкове	683698.07;5374739.85	2,92	0,47	0,63	0,63	0,53	0,57
Подобовець	668378.06;5394088.19	4,54	0,37	0,51	0,23	0,49	0,40

\*  $G_{act}$  – усереднені значення показника вмісту гумусу по МД, районах та зонах відповідно до року;

\*\* NDVI<sub>avr.</sub> – усереднені значення вегетаційного індексу за вегетаційний період по МД, районах та зонах

**Усереднені значення показників вмісту гумусу  $G_{act}$  та показників  
вегетаційного індексу NDVI за 2012 рік**

Назва району, зони, МД та координати		$G_{act}$ , %	NDVI <sub>avr.</sub> за місяцями		NDVI <sub>avr.</sub> за ВП
Рік та місяці дослідження			2012	05	
Низовинна зона		3,16			0,31
Ужгородський		3,30			0,26
Середнє	609902.58;5375963.50	1,87	0,18	0,26	0,22
Соломоново	591773.32;5376578.17	3,33	0,21	0,31	0,26
В. Добронь	589622.58;5368390.27	4,71	0,15	0,42	0,29
Мукачівський		3,28			0,40
Ракошино	618869.30;5370816.81	3,28	0,32	0,47	0,40
Берегівський		2,51			0,26
Астей	617076.14;5337268.80	2,00	0,19	0,24	0,22
Мужієво	627678.02;5337743.64	2,40	0,29	0,36	0,33
Бовтрадь	606690.10;5355218.10	1,99	0,16	0,20	0,18
Гать	621550.28;5351193.92	3,65	0,33	0,32	0,33
Виноградівський		3,53			0,33
В. Копаня	659175.28;5338630.21	5,17	0,36	0,32	0,34
Виноградово	648975.08;5332316.23	1,89	0,33	0,29	0,30
Передгірська зона		2,45			0,30
Перечинський		2,86			0,26
Тур'я Ремети	618596.50;5395858.10	2,86	0,37	0,24	0,26
Свалявський		3,44			0,36
Голубино	644644.33;5380835.21	3,45	0,43	0,40	0,42
Поляна	644616.11;5386112.51	3,43	0,25	0,36	0,31
Іршавський		3,55			0,31
Кушниця	667277.45;5366956.90	4,62	0,31	0,43	0,37
Довге	666785.80;5357704.93	2,48	0,19	0,32	0,26
Хустський		0,95			0,28
Хуст	593119.14;5336870.91	0,95	0,18	0,38	0,28
Гірська зона		3,25			0,33
Великобрезнянський		4,18			0,37
Ужок	636866.57;5428349.16	3,19	0,29	0,41	0,35
Волосянка	628633.71;5428302.66	5,17	0,39	0,39	0,39
Воловецький		2,83			0,33
В. Ворота	660758.43;5399018.84	1,89	0,27	0,35	0,31
В. Грабівниця	646977.26;5400655.65	3,76	0,41	0,27	0,34
Міжгірський		2,74			0,29
Вучкове	683698.07;5374739.85	1,87	0,26	0,36	0,31
Подобовець	668378.06;5394088.19	3,60	0,28	0,26	0,27

\*  $G_{act}$  – усереднені значення показника вмісту гумусу по МД, районах та зонах відповідно до року;

\*\* NDVI<sub>avr.</sub> – усереднені значення вегетаційного індексу за вегетаційний період по МД, районах та зонах

**Усереднені значення показників вмісту гумусу  $G_{act}$  та показників  
вегетаційного індексу NDVI за 2013 рік**

Назва району, зони, МД та координати		$G_{act}$ %	NDVI <sub>авг.</sub> за місяцями				NDVI <sub>авг.</sub> за ВП
Рік та місяці дослідження		2013	05	06	07	08	
Низовинна зона		2,58					0,39
Ужгородський		1,49					0,36
Середнє	609902.58;5375963.50	2,07	0,42	0,53	0,36	0,25	
Соломоново	591773.32;5376578.17	1,86	0,42	0,46	0,24	0,19	
В. Добронь	589622.58;5368390.27	0,55	0,21	0,31	0,36	0,27	
Мукачівський		3,17					0,46
Ракошино	618869.30;5370816.81	3,17	0,30	0,48	0,57	0,49	
	Зняцівська	2,78	0,36	0,45	0,55	0,56	
	Вел.Лучківська	2,48	0,37	0,44	0,53	0,59	
	Чомонинська	2,21	0,18	0,28	0,39	0,37	
	Сернянська	2,25	0,41	0,52	0,52	0,49	
	Жнятинська	2,2	0,43	0,40	0,49	0,57	
	Дерценська	2,13	0,33	0,37	0,39	0,31	
	Залужанська	2,12	0,30	0,47	0,29	0,38	
	Шенборнська	2,11	0,39	0,44	0,52	0,47	
	Страбичівська	2,39	0,35	0,52	0,43	0,44	
	Ключарківська	2,41	0,28	0,32	0,54	0,39	
	Нов.Давидівська	2,67	0,25	0,38	0,65	0,51	
	Павшинська	2,19	0,43	0,49	0,42	0,39	
	Копиновецька	2,02	0,38	0,34	0,39	0,43	
	Кольчинська	2,34	0,45	0,49	0,39	0,36	
	Чинадівська	2,33	0,27	0,39	0,48	0,32	
	Бистрицька	2,2	0,43	0,43	0,46	0,42	
	Брестівська	2,87	0,38	0,41	0,47	0,37	
	Пузняковецька	1,29	0,24	0,37	0,38	0,35	
	Верх.Визницька	1,64	0,28	0,24	0,33	0,38	
	Бобовищанська	1,71	0,25	0,27	0,34	0,40	
	Кальницька	1,73	0,29	0,29	0,36	0,42	
	Жуківська	1,89	0,35	0,29	0,43	0,29	
	Лохівська	1,82	0,38	0,40	0,42	0,37	
	Обавська	1,89	0,39	0,37	0,34	0,27	
	Бабичівська	1,83	0,27	0,32	0,38	0,34	
	Верх.Коропецька	1,74	0,37	0,39	0,19	0,26	
	Лалівська	1,87	0,32	0,39	0,42	0,27	
	Станівська	1,84	0,35	0,27	0,29	0,37	
	Яблунівська	1,5	0,25	0,29	0,31	0,40	
	Завидівська	1,59	0,29	0,37	0,35	0,38	
	Зубівська	1,81	0,30	0,36	0,38	0,43	
	Пістрялівська	1,55	0,27	0,31	0,33	0,39	
	Форошська	1,68	0,29	0,34	0,37	0,27	
	Ниж.Коропецька	1,86	0,30	0,27	0,29	0,35	
	Горондівська	1,67	0,38	0,41	0,38	0,34	
	Івановецька	1,91	0,39	0,47	0,43	0,38	
	Лавківська	1,62	0,36	0,41	0,44	0,41	
	Макарівська	3,48	0,37	0,39	0,41	0,35	
	Ракошинська	2,23	0,43	0,47	0,39	0,34	
Берегівський		2,76					0,38
Астей	617076.14;5337268.80	2,24	0,34	0,22	0,28	0,39	
Мужієво	627678.02;5337743.64	2,58	0,37	0,43	0,59	0,41	

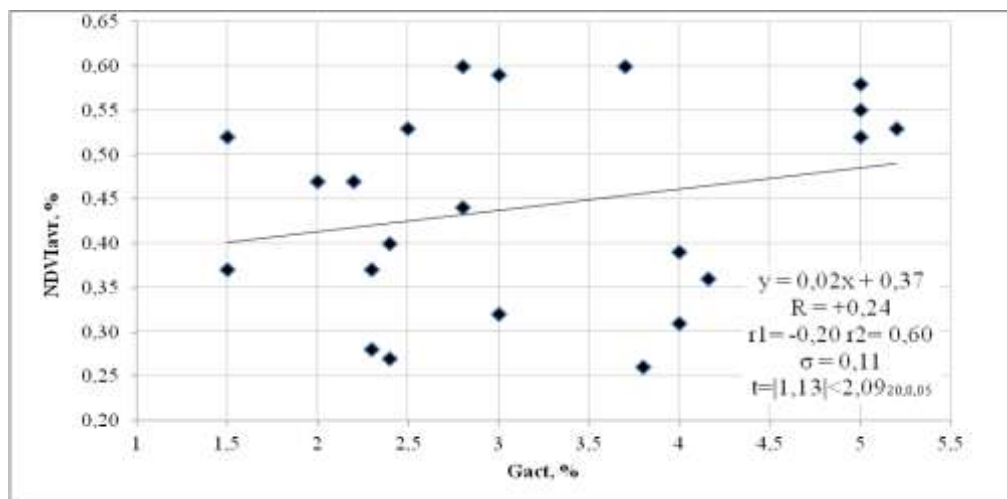


Бовтрадь	606690.10;5355218.10	2,07	0,15	0,19	0,36	0,39	
Гать	621550.28;5351193.92	4,16	0,42	0,49	0,37	0,58	
Виноградівський		2,89					0,36
В. Копаня	659175.28;5338630.21	4,20	0,59	0,44	0,42	0,39	
Виноградово	648975.08;5332316.23	1,58	0,17	0,24	0,43	0,25	
Передгірська зона		2,51					0,38
Перечинський		2,69					0,25
Тур'я Ремети	618596.50;5395858.10	2,69	0,19	0,21	0,35	0,24	
Свалявський		3,50					0,50
Голубино	644644.33;5380835.21	3,93	0,57	0,56	0,46	0,39	
Поляна	644616.11;5386112.51	3,06	0,55	0,48	0,48	0,37	
	Керецьківська	3,18	0,47	0,52	0,43	0,34	
	Березниківська	3,81	0,54	0,47	0,41	0,32	
	Дусинська	3,17	0,50	0,51	0,40	0,36	
	Свалявська	3,25	0,57	0,51	0,43	0,38	
	Сусківська	3,05	0,50	0,41	0,44	0,37	
	Голубинська	3,1	0,47	0,52	0,50	0,46	
	Ганьковицька	3,84	0,44	0,57	0,49	0,62	
	Родниківська	3,37	0,44	0,42	0,47	0,39	
	Плосківська	2,85	0,44	0,49	0,45	0,39	
	Полянська	2,7	0,51	0,56	0,30	0,36	
	Солочинська	2,9	0,47	0,31	0,33	0,48	
	Неліпинська	3	0,40	0,31	0,54	0,47	
	Тибавська	2,58	0,50	0,40	0,41	0,27	
Стройненська	2,88	0,50	0,47	0,30	0,17		
Іршавський		3,28					0,44
Кушниця	667277.45;5366956.90	4,38	0,57	0,50	0,49	0,39	
Довге	666785.80;5357704.93	2,17	0,42	0,47	0,40	0,27	
Хустський		0,55					0,32
Хуст	593119.14;5336870.91	0,55	0,19	0,30	0,51	0,31	
Гірська зона		3,19					0,42
Великобerezнянський		3,38					0,50
Ужок	636866.57;5428349.16	2,55	0,41	0,51	0,50	0,43	
Волосянка	628633.71;5428302.66	4,20	0,45	0,58	0,59	0,53	
Воловецький		2,49					0,43
В. Ворота	660758.43;5399018.84	1,58	0,21	0,42	0,54	0,32	
В. Грабівниця	646977.26;5400655.65	3,96	0,66	0,55	0,40	0,37	
Міжгірський		3,71					0,34
Вучкове	683698.07;5374739.85	2,62	0,24	0,36	0,20	0,34	
Подобовець	668378.06;5394088.19	4,79	0,54	0,43	0,56	0,48	

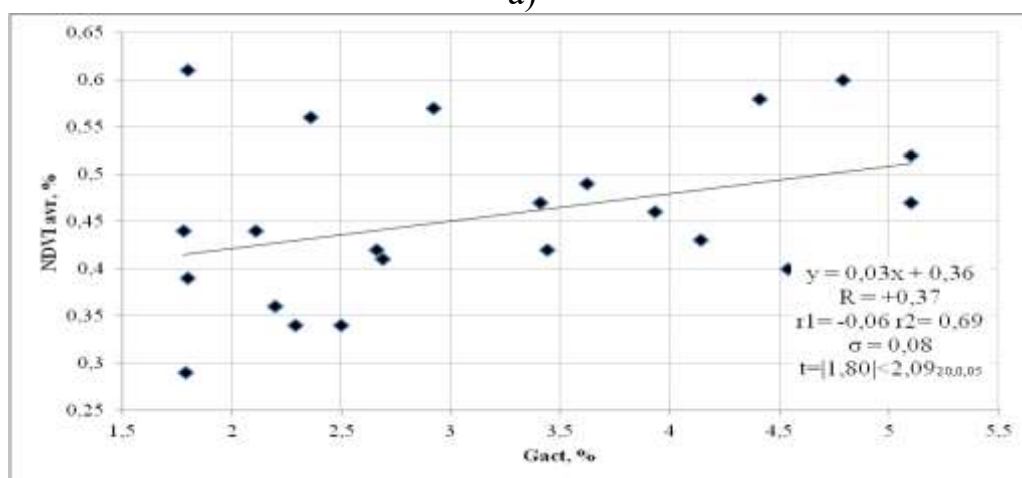
\*  $G_{act}$  – усереднені значення показника вмісту гумусу по МД, районах та зонах відповідно до року;

\*\*  $NDVI_{avr.}$  – усереднені значення вегетаційного індексу за вегетаційний період по МД, районах та зонах

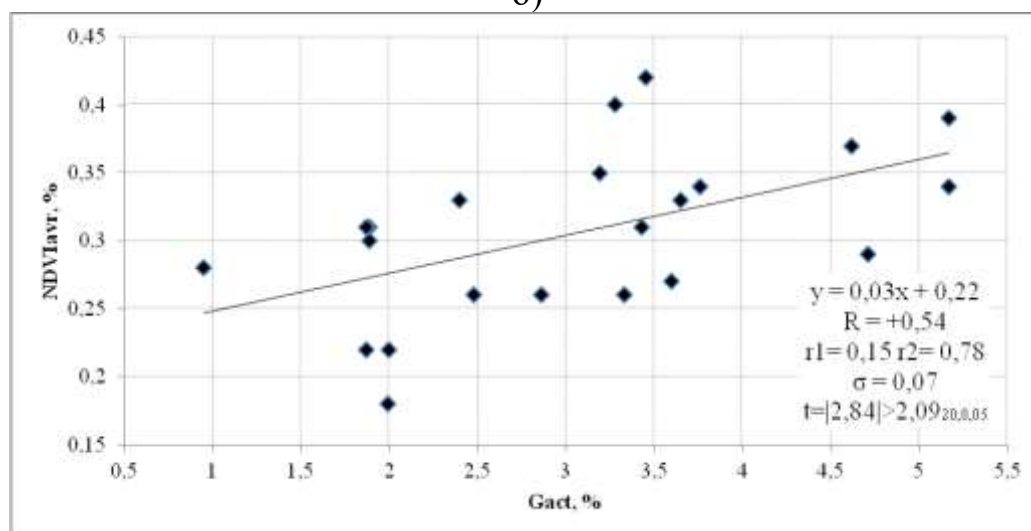
Провівши розрахунок NDVI та знайшовши усереднені значення індексу  $NDVI_{avr.}$  по МД, районах та ландшафтних зонах, отримуємо такі регресійні статистичні лінійні залежності згідно з роками дослідження (рис. 2.12 а, б, в, г):



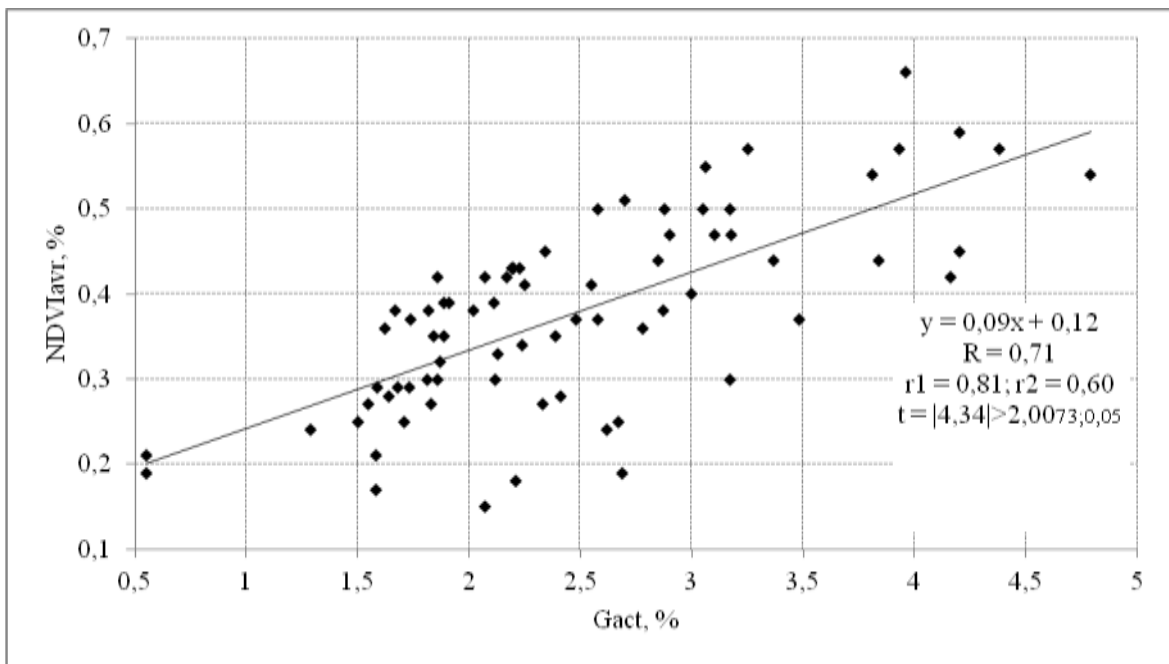
a)



б)



B)



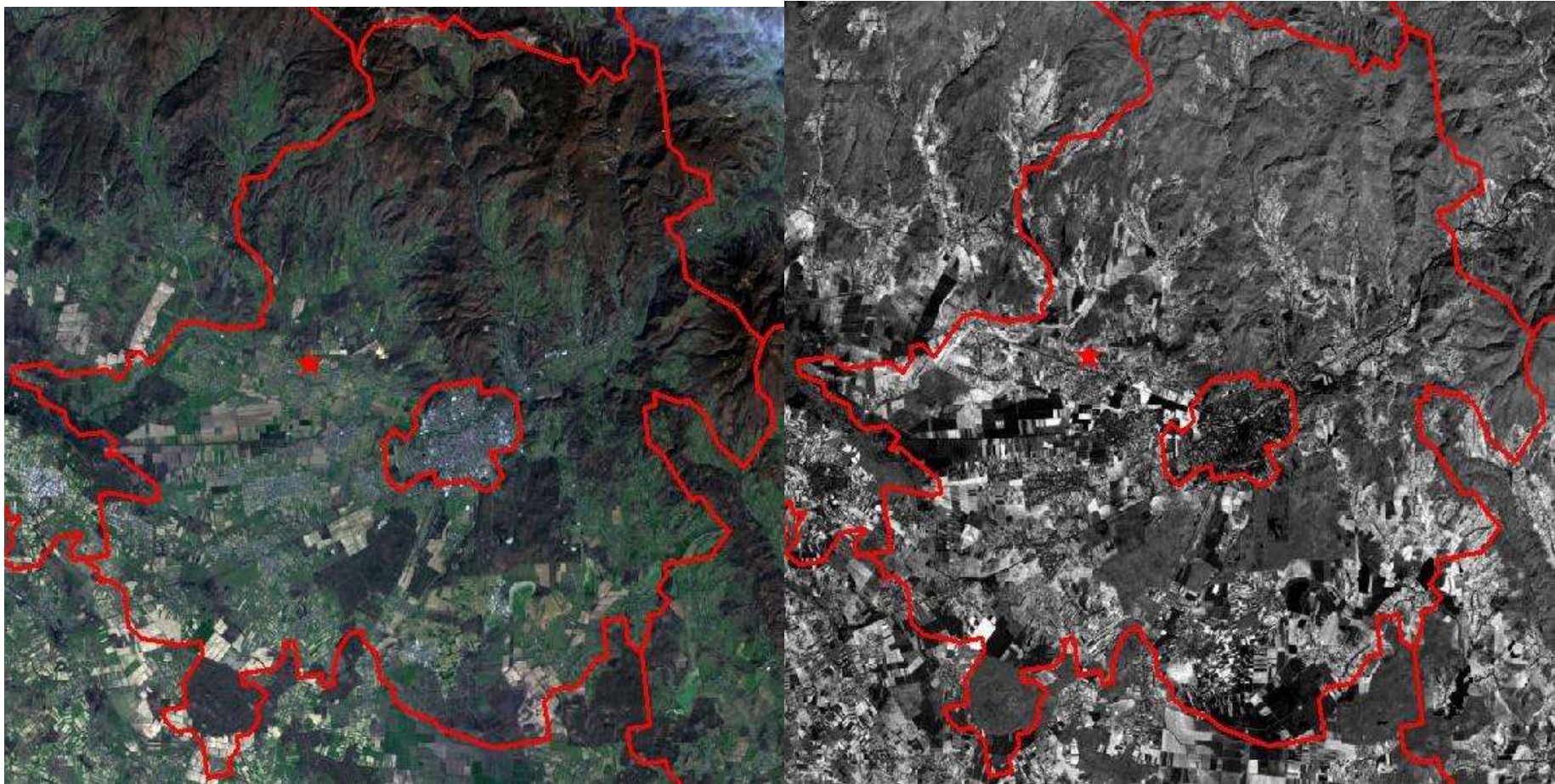
г)

Рис. 2.12. Лінійні регресійні статистичні залежності між усередненим показником вегетаційного індексу рослинності  $NDVI_{avr}$  та фактичним показником вмісту гумусу в ґрунтах  $G_{act}$  по МД: а) 2010 р., б) 2011 р., в) 2012 р., г) 2013 роки

За усередненими даними по районах та по ландшафтних зонах отримані такі коефіцієнти кореляції:

- 2010 рік  $R$  (по районах) = 0,10;  $R$  (по зонах) = 0,95;
- 2011 рік  $R$  (по районах) = 0,35;  $R$  (по зонах) = 0,89;
- 2012 рік  $R$  (по районах) = 0,51;  $R$  (по зонах) = 0,82;
- 2013 рік  $R$  (по районах) = 0,47;  $R$  (по зонах) = 0,98.

Як видно з проведеного дослідження, лінійна статистична залежність спостерігається лише у 2013 році, оскільки вибірка даних є більшою та репрезентативнішою. Встановлено, що найтісніша лінійна залежність існує між показником  $NDVI$  та показником  $G_{act}$  саме на початку вегетаційного періоду у травні ( $R = 0,71$ ) (рис.2.12. г) та у червні ( $R = 0,57$ ). У той час як на кінець вегетаційного періоду залежність між даними є слабкою, у липні  $R = 0,36$ , у серпні  $R = 0,39$ . Така ситуація може пояснюватися зашумленістю самих космічних знімків Landsat.



а)

б)

Рис. 2.13. Визначення індексу NDVI: а) вихідні мультиспектральні зображення Landsat 8 OLI інтерпретація 2:4:5; б) розрахований індекс NDVI Мукачівського району (\*МД Ракошино) за 31.08.2013





а)

б)

Рис. 2.14. Фрагмент індексу NDVI: а) вихідне мультиспектральне зображення Landsat 8 OLI інтерпретація 2:4:5; б) розрахований індекс NDVI МД Ракошино за 31.08.2013 згідно з координатами

Отже, в процесі дослідження залежності стану та кількості рослинності від показників родючості ґрунтів в умовах різновисотних ландшафтних зон області за часовий проміжок чотири роки зроблено такі висновки:

1. Досліджено статистичну регресійну залежність показників вегетаційних індексів NDVI та показника родючості ґрунту – вмісту гумусу. Обчислено коефіцієнт кореляційної залежності  $R$ , що коливається від  $+0,24$  до  $+0,66$ . Обчислені довірчі інтервали, значимість коефіцієнтів кореляції, середні квадратичні відхилення, які підтверджують пряму регресійну статистичну залежність між вегетаційними індексів NDVI та показниками родючості ґрунту – вмістом гумусу, у різних ландшафтних зонах, з довірчою ймовірністю  $0,95$  та рівнем значимості  $0,05$ .

2. Підтверджено, що число вибірки мультиспектральних знімків впливає на регресійну статистичну лінійну залежність. Оскільки у 2010 році опрацьовано тільки три наявні знімки за весь вегетаційний період, тому  $R = +0,24$  (рис.2.12а), а в 2013 році опрацьовано сім космічних знімків, тому  $R = +0,66$  (рис.2.12г). Чим більшою є вибірка знімків, тим результати обчислень є надійніші при рівні значимості  $0,05$ .

3. Встановлено, що МД, які належать до гірської ландшафтної зони, характеризуються високим показником вмісту гумусу  $G_{act} = 4,00$  та високим показником вегетаційного індексу  $NDVI_{avr} = 0,60$ , а МД низовинної ландшафтної зони характеризуються низьким вегетаційним індексом та низьким вмістом гумусу в ґрунті.

## Висновки до розділу 2

1. У розділі розглянуто та проаналізовано статистичну інформацію щодо стану земель Закарпатської області. Встановлено, що землі Закарпаття втрачають свої родючі властивості, оскільки використовуються не раціонально. З огляду на унікальність розташування та особливості природно-геоморфологічних складових, ці землі потребують збереження та

відновлення. Тому є необхідність у застосуванні оперативної системи моніторингу на основі наземної та аерокосмічної інформації, що є першочерговим завданням для ефективного прийняття управлінських рішень щодо збереження родючості земель сільськогосподарського призначення.

2. У результаті дослідження розробленої наземної системи моніторингу показників родючості ґрунтів на основі «моніторингових ділянок», яка є першим кроком до адаптації в наявну єдину європейську систему моніторингу земель сільськогосподарського призначення виявлено необхідність доповнення наземної системи моніторингу за рахунок аерокосмічної інформації, що ґрунтується на застосуванні різночасових мультиспектральних зйомок.

3. Проаналізувавши дані, що містяться в паспортах моніторингових ділянок щодо показників родючості ґрунтів, побудувавши картосхеми та графіки різночасового вмісту гумусу в ґрунтах, встановлено, що землі на ділянках районів низинної ландшафтної зони характеризуються низьким вмістом гумусу, а ґрунти, що розташовані у гірській частині області характеризуються високим показником вмісту гумусу.

4. Застосування математичних підходів щодо дослідження статистичної регресійної залежності між станом та кількістю рослинності та показниками вмісту гумусу в ґрунті в умовах різновисотних ландшафтних зон області дає змогу оцінювати та прогнозувати кількісний врожай сільськогосподарських культур. На основі запропонованого дослідження можна отримувати щомісячну локальну та опосередковану інформацію про стан та кількість рослинності, що допоможе у виборі відповідних агротехнічних заходів щодо покращення врожайності на землях сільськогосподарського призначення різних ландшафтних зон Закарпаття. Однак такий підхід має деякі обмеження щодо застосування у гірській ландшафтній зоні. У цій зоні існує необхідність додаткових агротехнічних заходів для забезпечення високої родючості ґрунтів шляхом зниження їх кислотності, що є значною проблемою сільськогосподарського землекористування у Закарпатській області.

## Список використаних джерел до розділу 2

1. Бурштинська Х. В. Врахування впливу атмосфери під час опрацювання космічних зображень / Х. В. Бурштинська, І. В. Долинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання. - 2012. - Вип. 76. - С. 70-73.
2. Галян В. Г. Ґрунти Закарпатської області / В. Г. Галян. – Ужгород: Вид-во «Карпати», 1969. – 72 с.
3. Гебрин Л. В. Атмосферна корекція космічних знімків для підвищення точності інформації / Л. В. Гебрин // Матер. XV міжнар. наук.- практ. конф. «Політ. Сучасні проблеми науки» 8-9 квітня 2015. – К., 2015. – С. 24–25.
4. Геренчук К. І. Природа Закарпатської області / К. І. Геренчук. – Львів: Вид-во «Вища школа», 1981. – 156 с.
5. Гмурман В. Е. Теория вероятности и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высш.шк., 2003. – 479 с.
6. Гуцуляк Г. Д. Еколого-економічні основи сталого розвитку Карпатського регіону України: монографія / Г. Д. Гуцуляк. – Чернівці: Вид-во «Прут», 2005. – 236 с.
7. Гуцуляк Г. Д. Земельно-ресурсний потенціал Карпатського регіону / Г. Д. Гуцуляк. – Львів: Світ, 1991. – 151 с.
8. Доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2014 рік / [Електронний ресурс] // Відомості Закарпатської обласної державної адміністрації, департаменту екології та природних ресурсів. Режим доступу: <http://ecozakarp.at.gov.ua>.
9. Жолобак Г. М. Використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу агроресурсів України / Г. М. Жолобак // Космічна наука і технологія. Київ.: 2010. Т.16. № 6. С. 16 – 23.
10. Звіт про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2013 році; за ред. Ю. Ю. Бандуровича. – Ужгород.: «Карпати», 2014. – 91с.



11. Інформаційно-аналітичний звіт «Моніторинг довкілля в Закарпатській області» за 2013 рік / [Електронний ресурс] // Відомості Закарпатської обласної державної адміністрації, департаменту екології та природних ресурсів. Режим доступу: <http://ecozakarp.at.gov.ua>.
12. КНД «Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення». / Київ. – 2013. – 103 с.
13. Кондратьев К. Я. Спектральная отражательная способность и распознавание растительности / К. Я. Кондратьев, П. П. Федченко. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. – 216 с.
14. Кондратьев К. Я. Аэрокосмические исследования почв и растительности / К. Я. Кондратьев, В. В. Козодеров, П. П. Федченко. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 226 с.
15. Корн Г. О. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. О. Корн, Т. О. Корн. - М.: Высш.шк., 1977. – 831 с.
16. Кохан С.С. Застосування вегетаційних індексів нормалізованої різниці та зваженої різниці у визначенні стану сільськогосподарських культур/ С.С. Кохан // Доповіді НАН України. – 2012. – № 2. – С. 135 – 140.
17. Кохан С. С. Застосування вегетаційних індексів на основі серії космічних знімків IRS-1D LISS-III для визначення стану посівів сільськогосподарських культур / С. С. Кохан // Космічна наука і технологія. – 2011. – Т. 17, № 5. – С. 58 - 63.
18. Кохан С. С. Вегетаційні індекси відбиття / С. С. Кохан // Наук. вісн. НАУ. – 2005. – Вип. 83. – С. 332 - 336.
19. Куслуль Н. Н. Оценка состояния растительности и прогнозирование урожайности озимых культур Украины по спутниковым данным / Н. Н. Куслуль, И. И. Ильин, В. В. Скакун и др. // Decision making and business intelligence, strategies and techniques: Inter. Book Ser. - Varna, 2008. - N 3. - P. 103 - 109.
20. Лялько В. І. Особливості прогнозування врожайності зернових культур за багатоспектральними даними / В. І. Лялько, О. І. Сахацький,

- Г. М. Жолобак // Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. – К.: Наук. думка, 2006. - С. 276 - 291.
21. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / [за ред. Рижука С.М. ] – Київ. – 2003. – 64 с.
  22. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [За ред. Яцука І.П., Балюка С.А.]. – К.: - 2013. – 103 с.
  23. Національний стандарт України «Якість ґрунту. Настави щодо укладення та проведення моніторингових програм» відповідно до європейського стандарту ISO 16133:2004(E) Soil quality – Guidance on monitoring programmes. – Держстандарт. – К., 2005. – 54 с.
  24. Поп С. С. Природні ресурси Закарпаття / С. С. Поп //Изд. 3-е, [перераб. и доп.]. – Ужгород: Вид-во «Карпати», 2009. – 340 с.
  25. Регіональна програма розвитку земельних відносин на Закарпатті на 2016 рік / [Електронний ресурс] // Відомості Головного управління держгеокадастру у Закарпатській області. Режим доступу: <http://zemreszak.gov.ua>.
  26. Сайко В. Ф. Стан земельних угідь та поліпшення їх використання // Зб. наук. пр. Інституту землеробства УААН. Спецвипуск, присвячений Всеукраїнській науково-практичній конференції. – К., 2005. – С. 3 – 14.
  27. Тараріко О. Г. Науково-методичні рекомендації з адаптації системи моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення до європейських стандартів і нормативів / О. Г. Тараріко, В. В. Медведєв, О. М. Фролова та ін. // Державний технологічний центр охорони родючості ґрунтів. – К., 2006. – 23 с.
  28. Тараріко О. Г. Розроблення методичних рекомендацій щодо проведення оптимізації та створення мереж спостережень системи моніторингу, порядку визначення і включення до них об'єктів, зон та пунктів спостережень. Міністерство охорони навколишнього природного

середовища України. Фонд цільових екологічних (зелених) інвестицій, 2008. - 86 с.

29. Фандалюк А. В. Результати агрохімічних досліджень ґрунтів Закарпаття / А. В. Фандалюк, М. П. Сотмарі // Екологічні аспекти охорони родючості ґрунтів і навколишнього середовища. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю (Ч.2). – Бережани: НВДЦ «Нововведення». – 2006. – С. 244 - 250.
30. Ферстер Е. Методы корреляционного регрессионного анализа (руководство для экономистов) / Е. Ферстер, Б. Бернц. - М.: Фин. и стат., 1983. – 303 с.
31. Baret F. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment / F. Baret, G. Guyot // Remote Sens. Environ. – 1991. –V. 35. – P. 161-173.
32. Crippler R. E. Calculating the vegetation index faster / R. E. Crippler // Remote Sensing of Environmental. – 1990. – V. 34, no. 1, P. 71 – 73.
33. Myneni R. G. The interpretation of spectral vegetation indexes / R. G. Myneni, F. G. Hall, P. J. Swllers, A. L. Marshak // IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 1995. - № 33. - P. 481 - 486,
34. Savin I., Nègre T. Relative time NDVI mosaics as an indicator of crop growth / I. Savin, T. Nègre // Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng., 2003. – Vol. 4879. – P. 100-107.

**РОЗДІЛ 3**  
**ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ**  
**МОНІТОРИНГУ РОДЮЧОСТІ ЗЕМЕЛЬ**  
**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ РІЗНИХ**  
**ЛАНДШАФТНИХ ЗОН**

**3.1. Дослідження ґрунтів на основі розрахунку ґрунтових індексів у процесі дешифрування космічних знімків**

Зональні природні та сільськогосподарські особливості території досліджуваної області (Закарпаття) дають змогу досить добре розпізнавати типи ґрунтів на космічних знімках, цьому сприяє значне розорювання території у низинній ландшафтній зоні та значні відмінності в кількості гумусу в ґрунтах у гірській та передгірській ландшафтних зонах. Загальний вміст гумусу на землях сільськогосподарського призначення коливається від 0 до 1,5 % у підзолистих ґрунтах, від 3 до 4 % у світло-сірих лісових, від 4 до 5 % у сірих лісових, від 5 до 6 % у темно-сірих лісових, чорноземів на Закарпатті немає [9,25]. Як відомо з наукових джерел, вміст гумусу безпосередньо впливає на яскравість ґрунту, перебуваючи з нею у зворотній залежності: чим більше вміст гумусу, тим менше відбивна здатність ґрунту [3,5]. Таким чином, зі зміною кількості вмісту гумусу змінюється і саме відображення ґрунту на космічному знімку. На сьогодні існує великий досвід дешифрування ґрунтового покриву різних ландшафтних зон. Розпізнавання типів і підтипів ґрунтів не становить труднощів і легко виконується під час візуального дешифрування [24]. Більш вагомим є дослідження про зменшення впливу різних суб'єктивних факторів на результати дешифрування за рахунок автоматизаційної обробки космічних знімків [23,33,40].

Одним з напрямів автоматизації процесу дешифрування є кількісна оцінка спектральних властивостей ґрунту, що виявляються не тільки за

відображенням в певній спектральній зоні, а й за спектральним контрастом між відображенням в різних частинах спектра [38,39]. Кількісними показниками спектрального контрасту є зональна взаємозалежність, що представляє собою матрицю математичних обчислень над значеннями яскравості в різних спектральних діапазонах [23,31,59, 60].

У даній частині дослідження поставлено завдання застосувати та удосконалити так звані ґрунтові індекси (soils indices), які дозволять дешифрувати основні типи ґрунтів досліджуваної території ландшафтних зон області [46,57].

Для вирішення поставленого завдання вибрані МД, які розміщені всією територією Закарпатської області. Для кожної МД присвоєно номер, назву, визначено координати, висоту над рівнем моря, тип ґрунту та номер агрогрупи (див. табл. 2.2) [27]. Для зручності подальшого дешифрування інформацію про тип ґрунту по МД досліджуваної території сформовано у табл. 3.1.

Для дешифрування ґрунтового покриву використовувалися знімки, з супутника Landsat 8 OLI за весняний та осінній періоди. Як приклад на рисунках показано опрацьований мультиспектральний знімок раннього весняного періоду. Проводити дешифрування МД, які знаходяться в низинній та передгірській зонах досить легко, чітко відображається приналежність того чи іншого виду ґрунту до певного пікселя на зображенні, а також інтерпретація каналів на рисунках чітка та читабельна. Як видно із зображення знімку (рис.3.1 та 3.2.), у низинній та передгірській зоні, переважають дернові важкосуглинкові та супіщані ґрунти і відображаються світлими кольорами. Така тенденція свідчить про малогумусність цих земель. Гірська зона є складною для достовірного дешифрування, оскільки наявність схилів може нівелювати точність отриманої інформації, навіть попри те, що вибрані МД гірської зони не розміщені на схилах гірських хребтів.

## Характеристика типів ґрунту за даними моніторингових ділянок

Назва МД	Висота н.р.м.	Тип ґрунту
Низовинна зона		
В. Добронь	100	Дернові опідзолені поверхнево-оглеєні важкосуглинкові і легкоглинисті
Соломоново	100	Дерново-буроземні та лучно-буроземні глейові середньосуглинкові
Бовтрадь	107	Дернові глибокі неоглеєні і глеюваті легкосуглинкові
Астей	107	Дернові глибокі осушені глейові важкосуглинкові
Ракошино	108	Дернові глибокі опідзолені глейові важкосуглинкові і легкоглинисті
Гать	109	Дернові глеєві осушені глинисті
Середнє	110	Дернові буроземно-підзолисті глейові та поверхнево-оглеєні не змиті і слабо змиті середньосуглинкові
Мужієво	120	Бурі гірсько-лісові середньоглибокі і глибокі опідзолені середньосуглинкові ґрунти теплового поясу (до 250м)
Виноградів	130	Дернові глибокі неоглеєні та глеюваті середньосуглинкові
В. Копаня	148	Дернові глибокі неоглеєні та глеюваті легкосуглинкові
Передгірська зона		
Довге	162	Дерново-буроземні опідзолені середньосуглинкові
Хуст	167	Дернові супіщані
Тур'я Ремета	192	Буроземно-підзолисті глеюваті середньосуглинкові
Голубино	192	Дернові буроземні глибокі і середньоглибокі щебенюваті легкосуглинкові ґрунти теплового поясу ( до 250 м н.р.м.)
Кушниця	206	Дерново-буроземні опідзолені легкосуглинкові
Поляна	235	Буроземнопідзолисті глеюваті середньосуглинкові
Гірська зона		
В.Грабівниця	385	Бурі гірсько-лісові неглибокі щебенюваті кам'яністі середньосуглинкові
Волосянка	422	Дерново-буроземні та лучно-буроземні середньосуглинкові середньощебенюваті
Вучкове	454	Бурі гірсько-лісові неглибокі щебенюваті кам'яністі легкосуглинкові
В. Ворота	610	Бурі гірсько-лісові середньоглибокі середньосуглинкові ґрунти прохолодного поясу (500–800 м н.р.м.)
Ужок	627	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні неглибокі щебенюваті та кам'яністі середньосуглинкові
Подобовець	672	Бурі гірсько-лісові неглибокі середньо- та сильнозмиті щебенюваті кам'яністі легкоглинисті





Рис. 3.1. Фрагмент зображення (Landsat 8 OLI, 08.03.2013 р.),  
Інтерпретація каналів 7:6:4. Просторова розрізненість 30 м/піксель. Червоним  
квадратом виділена МД Астей низинна зона (дернові глибокі осушені глейові  
важкосуглинкові ґрунти)



Рис. 3.2. Фрагмент зображення (Landsat 8 OLI, 08.03.2013 р.),  
Інтерпретація каналів 7:6:4. Просторова розрізненість 30 м/піксель. Червоним  
квадратом виділена МД Хуст передгірська зона (дернові супіщані ґрунти)





Рис. 3.3. Фрагмент зображення (Landsat 8 OLI, 8.03.2013 р.), Інтерпретація каналів 7:6:4. Просторова розрізненість 30 м/піксель. Червоним квадратом виділена МД Верхня Грабівниця гірська зона (бурі гірсько-лісові неглибокі щебенюваті кам'яністі середньосуглинкові ґрунти).

Спектральний діапазон опрацьованого космічного знімка становить 11 каналів видимої, середньої та ближньої інфрачервоної частини спектра. Крім того, є ще теплові канали, які під час дослідження не використовувались. Радіометрична роздільна здатність знімка – 12 біт, що відповідає 4096 градаціям яскравості [46,47].

Як свідчить аналіз наукової літератури та результати проведеного дослідження, комбінація каналів 7(SWIR2):6(SWIR1):4(NIR) є найінформативнішою для відображення дерново-опідзолених ґрунтів, яким характерний світлий колір, типовим дерново супіщаним ґрунтах, які відрізняються від опідзолених більш темним ліловим відтінком. У той час як лісові ґрунти характеризуються жовтуватим кольором при такій комбінації каналів. Бурі гірсько-лісові ґрунти виокремлюються білястим кольором [46,54,58].



Під час застосування та удосконалення наявних ґрунтових індексів необхідно вирішити два питання: які спектральні канали використовувати для розрахунку індексу та формула якого виду буде найкраще описувати досліджуваний об'єкт. Для розрахунку вибраних ґрунтових індексів оптимальним є застосування нормалізованої різниці спектрального відбиття. Достовірність вибраної формули полягає в тому, що вона до певної міри нівелює різницю у вологості ґрунту між датами зйомки, оскільки зміна вологості більшою мірою позначається на загальній яскравості ґрунту, аніж на контрасті між яскравістю в різних областях спектра [46,62].

Для об'єктивності вибору каналів для застосування та удосконалення побудови ґрунтового індексу було проаналізовано наявний досвід дешифрування ґрунтового покриву території ландшафтних зон Закарпаття та розрахований показник інформативності різних комбінацій каналів Landsat (OIF – optimum index factor) та проведено аналіз кривих спектральної яскравості різних типів ґрунтів.

Двовимірний простір спектральних ознак є графічним відображенням нормалізованої різниці спектральних характеристик, тому показники, які використовувалися для його створення, можуть бути використані для розрахунку ґрунтових індексів [39,40].

Таким чином, формула ґрунтового індексу (soils indices) на основі показників умовно виглядає так [46]:

$$SI = \frac{(Green - NIR)}{Green + NIR - 2Red} \quad (3.1)$$

де  $SI$  – ґрунтовий індекс,  $Green$  – зелений канал,  $NIR$  – ближній інфрачервоний канал,  $Red$  – червоний канал.

Супутникові знімки Landsat 8 OLI мають, як відомо, 11 спектральних каналів, тому можливо провести більшу кількість комбінації каналів.

Тому для вибору найінформативнішої комбінації спектральних каналів зроблено розрахунок показника OIF:

$$OIF = \frac{\sum S_k}{\sum abs(r_j)} \quad (3.2)$$

де  $S_k$  – стандартне відхилення для каналу  $k$ ,  $abs(r_j)$  – абсолютне значення коефіцієнта кореляції між двома каналами [55].

Для отримання показників, необхідних для розрахунку OIF, на космічному знімку виділено поля з відкритим ґрунтом. Для цих територій вилучені показники кореляції яскравості зображення між каналами і стандартного відхилення яскравості зображення в кожному каналі. Далі розрахунок OIF був продовжений в програмі Excel. Таким чином, найбільш інформативними комбінаціями каналів Landsat 8 OLI виявилися ті, що містять канали середньої короткохвильової інфрачервоної частини спектра (6 і 7 канал): 5:6:7, 4:5:6, 3:5:7, 4:6:7 (в порядку інформативності). У літературі середня інфрачервона частина спектра відзначається як найінформативніша щодо аналізу ґрунтового покриття [28]. Наявні приклади ґрунтових індексів часто будують на їх основі. Наприклад, для розпізнавання загіпсованих і засолених ґрунтів на території штату Юта використовувалася нормалізована різниця 5 і 7 каналів Landsat 4-5, 7 і нормалізована різниця 4 і 5 каналів Landsat 4-5, 7 [56]. Проте висока інформативність середнього короткохвильового інфрачервоного діапазону не означає, що в ньому обов'язково відображаються показники, що дозволяють розрізняти типи ґрунту. Вміст гумусу найбільш тісно пов'язаний з відображенням у червоній частині спектра [29,30]. Тому в ґрунтовий індекс потрібно включити канал червоного діапазону.

Таким чином, сформульований висновок про необхідність використовувати для побудови ґрунтового індексу 3,5,6,7 та 4 канали Landsat 8 OLI. Четвертий канал для побудови ґрунтового індексу визначався на основі аналізу кривих спектральної яскравості. Для їх побудови були вилучені значення яскравості по областям обробки нанесеним на космічний знімок так, щоб охопити всі зональні типи ґрунтів. Криві спектральної яскравості у різних типів ґрунтів мають схожий вид. Залежно від типу

змінюється загальна яскравість ґрунту по всьому спектру, зростаючи у типі з меншим вмістом гумусу. Головна відмінність кривих спектральної яскравості полягає в характері переходу від зеленої частини спектра до червоної. У ґрунтів, близьких до чорноземів, цей перехід супроводжується зниженням яскравості, а у сірих лісових ґрунтів – підвищенням. На основі цього можливе розпізнавання типів ґрунтів. Таким чином, ґрунтовий індекс має включати третій, шостий, сьомий та четвертий канали для супутника Landsat 8 OLI:

$$SI_1 = \frac{(Green - NIR)}{Green + SWIR1(2) - 2Red} \quad (3.3)$$

де  $SI_1$  – ґрунтовий індекс, *Green* – зелений канал (3 канал), *NIR* – ближній інфрачервоний канал, *SWIR 1* – середній короткохвильовий інфрачервоний канал, *Red* – червоний канал.

Застосування ґрунтових індексів для дешифрування ґрунтового покриття по знімках Landsat 8 OLI здійснювалося за допомогою програми ENVI 5 IDL та інструменту математичних операцій над растрами Band Math, що міститься в програмі.

Таким чином, отримуємо градієнтне зображення ґрунтового індексу. Проведений розрахунок індексів  $SI$ ,  $SI_1$  та індексу яскравості ґрунту *Brightness*, вбудованого в інструментарій програми ENVI.

Ґрунтовий індекс  $SI$  відображається для різних типів ґрунтів у від'ємних значеннях. Показник  $SI$  зменшується при переході від дерново-підзолистих до сірих лісових ґрунтів. Цей індекс має найбільший динамічний діапазон з розглянутих індексів, коливаючись залежно від типу ґрунту від -0,40 до -0,85. У середині ареалів ґрунту найбільші його коливання до 0,50 характерні для сірих лісових і світло-сірих лісових ґрунтів. Тобто цей індекс краще описує неоднорідність саме цих типів ґрунтів.

Найменші коливання  $SI$  спостерігаються всередині ареалів дернових опідзолених, для яких він становить -0,50.

Індекс яскравості ґрунтів *Brightness* набуває додатніх значень, збільшуючись при переході від дернових до бурих гірсько-лісових ґрунтів. Цей індекс має найменший динамічний діапазон серед розглянутих індексів від 0,20 до 0,51. Коливання *Brightness* усередині ареалів ґрунтів слабо виражені та становлять 0,27 для типових дернових ґрунтів, 0,35 для гірсько-лісових ґрунтів і 0,47 для опідзолених супіщаних ґрунтів.

Ґрунтовий індекс  $SI_1$  для ґрунтів відображається у від'ємних значеннях від -0,40 до -0,85.

Таким чином, його динамічний діапазон менший ніж у індексу  $SI$ , але більший, ніж у індексу *Brightness*. Коливання  $SI_1$  усередині ареалів ґрунту більше виражені у дерново-підзолистих, гірсько-лісових ґрунтів, для яких вони досягають від -0,15 до -0,20, але значно гірше виражені коливання у супіщаних дернових від -0,05 до -0,08 (табл. 3.2) [46].

Таблиця 3.2

**Значення показників спектральної яскравості ґрунтових індексів для ідентифікації типів ґрунтів**

Типи ґрунтів	Ґрунтові індекси		
	<i>Brightness</i>	$SI$	$SI_1$
Супіщані дернові	0,22–0,27	-0,40..-0,50	-0,05..-0,08
Дерново-підзолисті	0,27–0,30	-0,50..-0,55	-0,10..-0,13
Дерново-буроземні	0,31–0,39	-0,55..-0,67	-0,15..-0,20
Опідзолені ґрунти	0,40–0,45	-0,67..-0,75	-0,21..-0,28
Бурі гірсько-лісові	0,45–0,51	-0,75..-0,85	-0,30..-0,40

Відповідно, ґрунтовий індекс  $SI$  та  $SI_1$  можна рекомендувати для дешифрування типів ґрунтів відповідних типів ґрунтів. Незважаючи на наявні проблеми з інтерпретацією значень ґрунтових індексів, вони можуть знайти застосування під час картографування ґрунтового покриття, оскільки вони є кількісними показниками, що визначені на основі певної комбінації спектральних каналів космічних зображень та даних наземних спостережень.

### **3.2. Методи визначення гранулометричного складу ґрунту з використанням ознак дешифрування космічних знімків**

У процесі аналізу ґрунтового покриву, а саме його складу, першим етапом є визначення того, який саме склад ґрунту буде досліджено. З точки зору морфології ґрунтів існує декілька визначень поняття «склад ґрунту» [4,37].

Будова ґрунту – це специфічне для кожного типу ґрунту поєднання генетичних горизонтів та внутрішньогоризонтних утворень, що в цілому складає ґрунтовий профіль. Складення ґрунту – фізичний стан ґрунтового матеріалу, що обумовлений взаємним розміщенням і співвідношенням у просторі твердих частинок і поєднаних з ними пор (геометрія простору, що зайнятий ґрунтовим матеріалом). Структура ґрунту – взаємне розміщення в ґрунтовому тілі структурних агрегатів певної форми та розміру. Структурність ґрунту – здатність ґрунту розпадатися в природному стані при механічному впливі (оранка) на агрегати певної форми та розміру. Склад ґрунту – співвідношення (вагове, об'ємне) компонентів ґрунтового матеріалу, зазвичай виражене у відсотках його загальної маси або в певних одиницях. Розрізняють фазовий, агрегатний (структурний), мікроагрегатний, механічний (гранулометричний, текстурний), мінералогічний та хімічний склад ґрунту [37].

Гранулометричний склад ґрунту є важливою характеристикою ґрунту, оскільки саме від нього залежать практично всі параметри ґрунту і в цілому його родючість.

Гранулометричні частинки в ґрунті можуть мати найрізноманітнішу форму, розмір та поверхню. Однакові за розмірами гранулометричні елементи, згруповані у певні класи, називаються гранулометричними фракціями. На даний час в ґрунтознавстві виділяють кілька класифікацій ґрунтів за гранулометричним складом. В Україні найбільш використовувана класифікація за М. Сибірцевим, яка уточнена Н. Качинським (табл. 3.3). Така

класифікація базується на співвідношенні у ґрунті фізичної глини та піску. Особливістю її є різний підхід до класифікації ґрунтів різних типів, що відображає різний склад та різні властивості елементів різних типів ґрунтів [4,37,48]. Відповідний склад у ґрунті елементів різного розміру називається гранулометричним складом.

Таблиця 3.3.

**Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом  
(Н. Качинським)**

Назва ґрунту за гранулометричним складом	Вміст фізичної глини (<0,01 мм) у ґрунті %			Вміст фізичного піску (>0,01 мм) у ґрунті %		
	Типи ґрунтоутворення					
	Підзолистий	Степовий	Солонцюватий	Підзолистий	Степовий	Солонцюватий
Піщані	0–5	0–5	0–5	100–95	100–95	100–95
Супіщані	10–20	10–20	10–15	90–80	90–80	90–80
Легко-суглинкові	20–30	20–30	15–20	80–70	80–70	85–80
Середньо-суглинкові	30–40	30–45	20–30	70–60	70–55	80–70
Важко-суглинкові	40–50	45–60	30–40	60–50	55–40	70–60
Легко-глинисті	50–65	60–75	40–50	50–35	40–25	60–50
Середньо-глинисті	65–80	75–85	50–65	30–20	25–15	50–35
Важко-глинисті	80	85	65	20	15	35

Для дистанційного визначення гранулометричного складу ґрунту розглянуто застосування методичних підходів, а саме, напівкількісна оцінка на основі неконтрольованої класифікації і кількісна оцінка на основі математичної обробки яскравостей каналів космічного знімка [21,35,36].

Як вихідний матеріал використовувались дані про тип та гранулометричний склад ґрунту з паспортів моніторингових ділянок, що розміщені по Закарпатській області, картосхема ґрунтового покриття

Закарпатської області станом на 01.01.2014 (рис. 2.2), космічні знімки за весняний та осінній періоди 2013 року супутника Landsat 8 OLI з мінімальним відсотком хмарності.

Для використання напівкількісного піходу спочатку було здійснено:

- візуальне дешифрування і виділені межі досліджуваних ділянок. Поля періодично піддавались агротехнічному обробітці, тому ґрунтовий покрив можна дешифрувати за прямими дешифрувальними ознаками на космічних знімках, тобто за спектральними яскравостями відкритого ґрунту. Опрацювання знімків проводилася в програмі Erdas Imagine;
- виділено всередині досліджуваних територій ділянки, що позбавлені рослинності. Для цього був обчислений вегетаційний індекс NDVI, значення якого свідчать про присутність або відсутність зеленої біомаси рослинності. Повністю виключити вплив рослинності не можливо, тому цей фактор мав деякий вплив на точність отриманих результатів оцінювання;
- аналіз контурного і генетичного дешифрування ґрунту. Для цього знімок був перетворений за методом головних компонент.

Проведена неконтрольована класифікація мультиспектрального зображення, створеного з трьох перших головних компонент, за алгоритмом ISODATA. Поріг збіжності було поставлено на рівні 5 %, кількість ітерацій 10, кількість класів від 10 до 20. Результати класифікації піддалися згладжуванню мажоритарним фільтром з кроком 5×5 пікселів. Утворені класи були об'єднані один з одним. Перед об'єднанням отримані класи були перетворені в області обробки, для яких була залучена інформація про схожість областей обробки. Також було опрацьовано знімки на основі контрольованої та гібридної класифікації, проте, результати не особливо не відрізнялися. Тому прийнято рішення зупинитися на методі неконтрольованої класифікації.

Підсумкове число взятих класів дорівнює кількості класів гранулометричного складу ґрунтів досліджуваної території (табл. 3.1).

Під час проведення генетичного дешифрування розглядався тільки один показник, а саме, гранулометричний склад ґрунту. Передбачено, що й інші характеристики ґрунту, що впливають на його спектральну яскравість, розподіляються згідно з кордонами отриманих під час дешифрування виділів. До таких характеристик відносять вміст гумусу, вологість, вміст сполук заліза. Всі ці показники можуть бути оцінені дистанційно. У більшості випадків яскравість ґрунту формується в результаті спільного впливу цих показників на його оптичні властивості. Самі ж значення цих показників формуються під комплексним впливом ґрунтоутворюючих факторів. У результаті різні властивості ґрунту тією чи тією мірою корелюють один з одним. Тому ґрунтовий виділ - це не просто територія, однорідна за якимись ознаками, а територія з характерним поєднанням ознак [36,46].

Для ідентифікації отриманих виділів для кожного класу з космічного знімка були витягнуті і зіставлені криві спектральної яскравості. Як правило, чим легше гранулометричний склад, тим інтенсивніше ґрунти відбивають сонячне випромінювання [30,46]. На цій основі отримані класи були зіставлені з даними ґрунтів МД Закарпатської області, що поділяються на:

- супіщані;
- легкосуглинкові;
- середньосуглинкові;
- важкосуглинисті;
- глинисті типи ґрунту.

Отримані результати дешифрування пройшли порівняння з даними, що були отримані в процесі наземних досліджень.

Загальний характер зміни гранулометричного складу ґрунту досліджуваної ділянки за результатами дешифрування на основі



неконтрольованої класифікації та за даними наземних досліджень збігаються.

У низовинній ландшафтній зоні переважає легко- та середньосуглинковий, подекуди глинистий, гранулометричний склад. У передгірській зоні виділяється здебільшого середньосуглинковий та супіщаний тип гранулометричного складу. Гірська зона характеризується як легким, так і середньосуглинковим типом, проте подекуди виявляються кам'янисті та щебенюваті ґрунти.

Залежно від підбраної кількості каналів вихідні зображення можуть дещо змінюватися, проте загальна картина, що спостерігається під час порівняння інформації з космічного знімку та інформації з картосхеми агропромислових груп ґрунтів, залишається схожою.

Для виявлення кількісних залежностей для знімку Landsat 8 OLI були розраховані значення показників яскравості в Blue (0,450–0,510 мкм), Green (0,520–0,600 мкм), Red (0,630–0,680 мкм), Nir (0,845–0,885 мкм) та Swir1 (1560–1650 мкм) та Swir 2 (2,100–2,300 мкм) каналах зображення за період дослідження (2010–2013 рр). Далі з космічного знімка були витягнуті значення яскравості в ґрунті на моніторингових ділянках (додаток В). З метою виявлення залежності яскравості та вмісту частинок різних гранулометричних фракцій визначено коефіцієнт кореляції  $R$  та довірчі інтервали, а також рівень значимості:

$$B_n = aS_{gn} + b \quad (3.4)$$

де  $B_n$  – спектральна яскравість,  $n$  – канали,  $S_{gn}$  – відсотковий вміст частинок гранулометричних фракцій,  $a$  та  $b$  – параметри залежності.

Найбільші значення коефіцієнтів кореляції були отримані під час використання лінійних регресійних залежностей між показниками спектральної яскравості у ближньому інфрачервоному каналі та відсотковим значенням гранулометричних частинок у 3, 4, 5 та 6 фракціях (табл. 3.4).

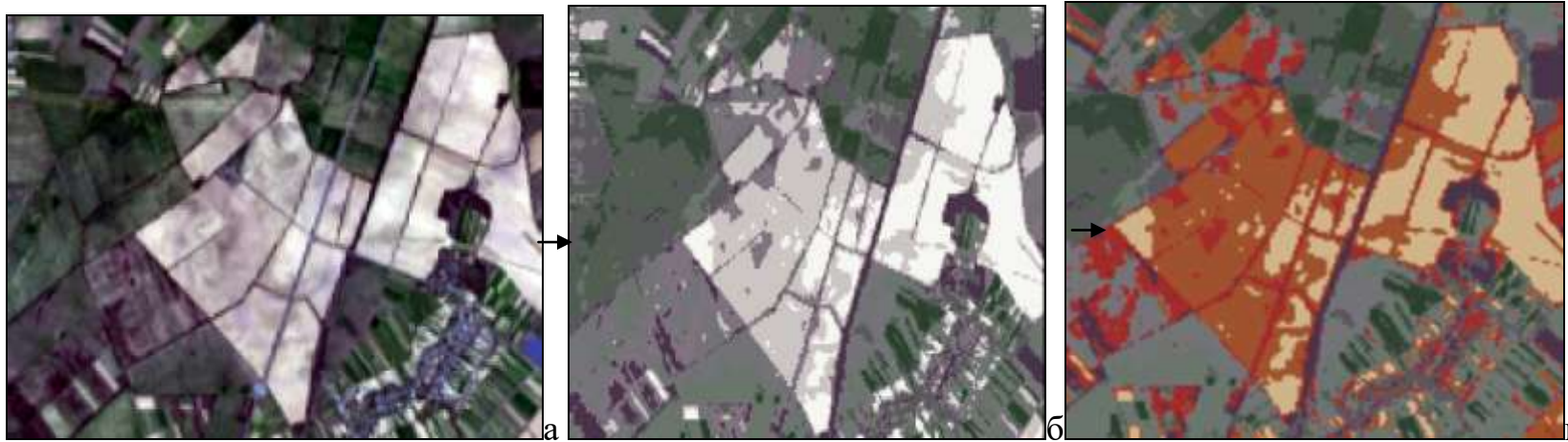

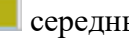
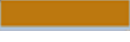
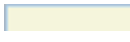


Рис. 3.4. Результати ґрунтових виділів згідно з гранулометричним складом: а) вхідне зображення МД Соломонове з переважаючим легко-, середньо- та важкосуглинковим складом; б) результуюче зображення методом неконтрольованої класифікації; в) відповідні класи

ґрунтових виділів:  важко-,  середньо-,  легкосуглинкові ґрунти



Рис. 3.5. Результати ґрунтових виділів згідно з гранулометричним складом: а) вхідне зображення МД Хуст з переважаючим супіщаним, легко-, середньо- та важкосуглинковим складом; б) результуюче зображення методом неконтрольованої класифікації; в) присвоєння відповідних класів ґрунтовим виділам:  легко-,  середньо-,  важкосуглинкові,  супіщані

**Відсоткові дані гранулометричного складу ґрунтів  
згідно з ландшафтними зонами МД**

Низовинна ландшафтна зона										
Назва МД	Висота н.р.м.	Назва ґрунту по гранулометричному складу	Розмір гранулометричних частинок в (мм) та їх вміст у %						Сума %	
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	>0,01	<0,01
В. Добронь	100	Важкосуглинкові	6,15	17,46	27,45	12,43	15,32	14,92	51,06	42,67
		Легкоглинисті	10,13	43,16	15,87	7,72	5,92	12,67	69,16	26,31
Соломоново	100	Середньосуглинкові	20,67	29,84	11,89	11,94	9,29	10,92	62,41	32,15
Бовтрадь	107	Легкосуглинкові	24,54	45,92	6,98	6,54	4,98	8,21	77,44	19,73
Астей	107	Важкосуглинкові	7,56	17,90	26,94	12,87	15,90	13,34	52,41	42,11
Ракошино	108	Важкосуглинкові	6,67	16,23	25,87	12,32	14,57	11,25	48,77	38,14
		Легкоглинисті	36,23	24,46	11,80	5,12	6,45	10,54	72,49	22,11
Гать	109	Глинисті	5,98	15,87	25,67	12,10	15,81	12,87	47,49	40,78
Середнє	110	Середньосуглинкові	14,56	24,94	19,98	15,96	11,87	10,54	59,48	38,37
Мужієво	120	Середньосуглинкові	13,45	25,13	19,78	13,89	10,67	9,98	58,36	34,54
Виноградів	130	Середньосуглинкові	14,32	23,90	20,12	16,56	11,34	10,86	58,34	38,76
В. Копаня	148	Легкосуглинкові	29,78	24,40	20,34	6,92	3,89	11,46	74,02	22,27
Передгірська ландшафтна зона										
Довге	162	Середньосуглинкові	23,36	20,84	20,54	10,82	6,93	14,65	64,74	32,40
Хуст	167	Супіщані	56,29	22,46	6,98	1,89	2,98	6,29	85,73	11,16
Тур'я Ремета	192	Середньосуглинкові	22,56	31,90	12,98	11,87	9,78	9,56	67,44	31,21
Голубино	192	Легкосуглинкові	41,45	23,89	11,34	3,78	5,34	9,54	76,68	18,66
Кушниця	206	Легкосуглинкові	38,56	26,91	13,87	7,45	7,98	10,56	79,34	25,99
Поляна	235	Середньосуглинкові	15,87	25,98	19,65	13,89	11,32	12,94	61,50	38,15
Гірська ландшафтна зона										
В.Гравівниця	385	Середньосуглинкові	25,89	17,92	21,23	11,67	6,89	16,43	65,04	34,99
Волосянка	422	Середньосуглинкові	14,98	25,98	20,54	14,87	11,86	12,43	61,50	39,16
Вучкове	454	Легкосуглинкові	9,65	46,87	16,67	8,02	5,93	12,54	73,19	26,49
В. Ворота	610	Середньосуглинкові	19,67	32,76	16,17	12,92	8,93	11,45	68,60	33,30
Ужок	627	Середньосуглинкові	22,78	30,94	15,56	12,98	10,87	11,89	69,28	35,74
Подобовець	672	Легкоглинисті	10,34	43,78	16,82	9,94	7,83	12,70	70,94	30,47

Побудовані точки апроксимовані лінійною функцією з рівнем значимості 0,05 (довірча ймовірність), що означає 95 % ймовірності, що існує саме лінійна залежність. Слід зазначити, що для визначення градації гранулометричного складу по Н. Качинському використовується відсотковий вміст часток фізичної глини (з діаметром менше 0,01 мм), який найкраще корелює з спектральними яскравостями поверхні ґрунту (табл. 3.3.–3.4). Графік цієї залежності представлений на рисунку 3.6. Виявлена залежність узгоджується з результатами, отриманими А. Шатохіним та М. Линдіним під час вивчення чорноземів Донбасу [49].

**Усереднені коефіцієнти кореляції  $R$  залежностей спектральної  
яскравості поверхні ґрунту від відсоткового вмісту частинок різних  
гранулометричних фракцій**

№	Фракції гранулометричного складу ґрунту	Спектральні канали Landsat 8 OLI					
		Blue	Green	Red	NIR	SWIR1	SWIR2
1	0,250–1,000 пісок середній та крупний	0,34	0,35	0,37	0,42	0,40	0,38
2	0,050–0,250 пісок мілкий	0,19	0,19	0,22	0,44	0,23	0,26
3	0,010–0,050 пил крупний	0,36	0,43	0,41	0,48	0,29	0,34
4	0,005–0,01 пил середній	0,35	0,33	0,39	0,49	0,38	0,41
5	0,001–0,005 пил мілкий	0,32	0,30	0,42	0,45	0,34	0,39
6	Менше 0,001 мул	0,39	0,33	0,36	0,43	0,41	0,36
7	Сума > 0,010 фізичний пісок	0,28	0,24	0,35	0,35	0,38	0,33
8	Сума < 0,010 фізична глина	0,30	0,30	0,32	0,42	0,35	0,39

Критерієм точності є розраховане середнє квадратичне відхилення  $\sigma$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum ((aS_{gn} + b) - B_n)^2}{n - 2}} \quad (3.5)$$

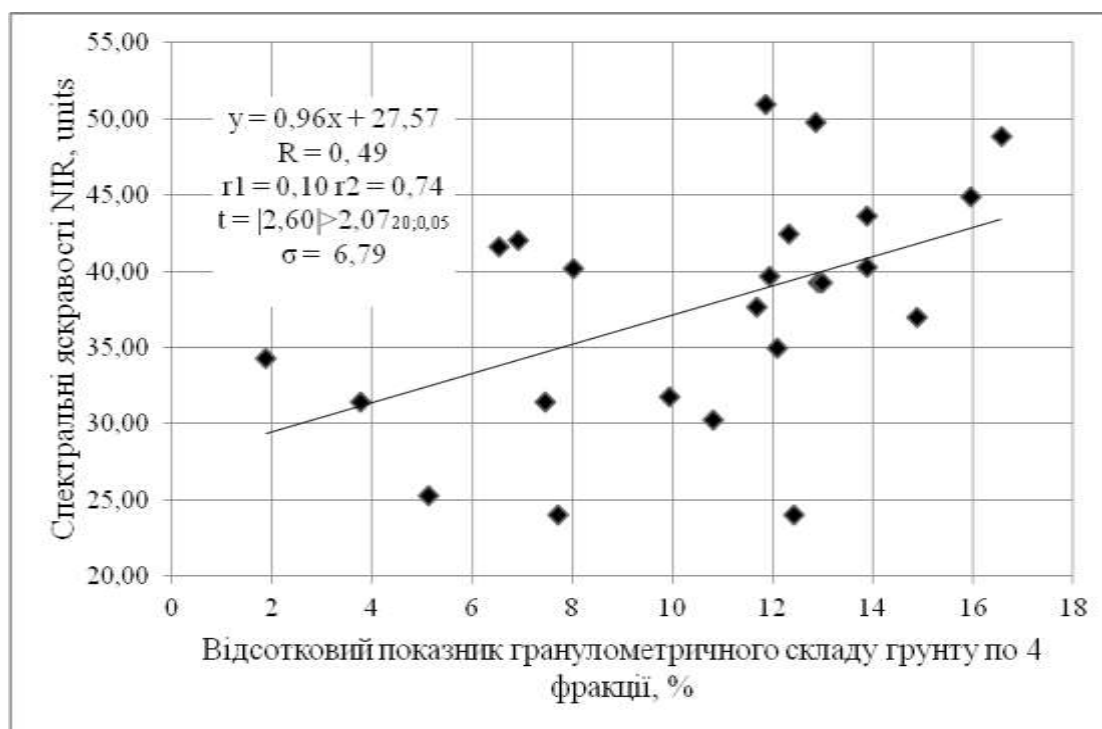


Рис 3.6. Зв'язок між спектральною яскравістю у NIR та  $S_{gn}$  по 4 фракції в поверхневому шарі ґрунту за даними МД

Для визначення ефективності застосовуваних методів дешифрування гранулометричного складу було проведено порівняння результатів дешифрування з наземними даними. Поєднання методик дає більш детальну картину зміни гранулометричного складу ґрунтів.

Таблиця 3.6

**Відсоткова точність ідентифікованих МД згідно з  
гранулометричним складом за двома підходами**

Назва ґрунту згідно з гранулометричним складом	Визначена прилежність ґрунтів МД до відповідного типу, кількість та відсотки		
	Кількість МД	Класифікація	Розрахунок
Супіщані	1	1 (100)	1 (100)
Легкосуглинкові	5	2 (40)	4 (80)
Середньосуглинкові	11	4 (36)	8 (73)
Важкосуглинкові	3	3 (100)	3 (100)
Легкоглинисті	3	3 (100)	2 (67)
Глинисті	1	1 (100)	1 (100)
	24	79 %	87 %

Незважаючи на високу детальність результатів застосування неконтрольованої класифікації, кращим є застосування другого методичного підходу. Використання розрахунку вмісту фізичної глини за космічним знімком є точнішим, оскільки полягає в математичних розрахунках з певною довірчою ймовірністю та рівнем значимості. При виділенні 6 градацій гранулометричного складу точність визначення шляхом розрахунку за знімком становила 87 %, а точність неконтрольованої класифікації – 79 % (табл.3.6).

Отже, застосування таких методичних підходів, як кількісна та напівкількісна оцінка, для дистанційного визначення гранулометричного складу ґрунту дає змогу ідентифікувати та класифікувати ґрунтовий покрив згідно з гранулометричним складом, що є важливим інструментом для інформаційного моніторингу земель сільськогосподарського призначення. За допомогою запропонованих методів можливо отримувати оперативну

інформацію про тенденції зміни в складі ґрунтового покриву задля збереження та відновлення родючості як на локальному, так і на опосередкованому рівні.

### **3.3. Оцінювання вмісту вологи в ґрунті на основі розрахунку водного індексу за даними дешифрування космічних знімків**

Вода – є одним з основних елементів родючості ґрунтів. Максимальний врожай сільськогосподарських культур отримують лише за оптимальної кількості вологи в ґрунті. Вода необхідна рослинам протягом всього періоду життя: для набухання насіння, для різних біохімічних процесів в рослинних клітинах, для проходження стадії розвитку, для транспірації, для розчинення в ґрунті поживних речовин, які потім потрапляють в рослини, для регулювання температури ґрунту [4,20,24]. Погодні умови, зрошення, осушення також мають важливе значення при оцінюванні вологості ґрунтів, проте фізичні властивості ґрунтів, а саме структурність та механічний склад відіграють особливу роль у регулюванні водно-фізичних властивостей ґрунтів. Такі характеристики визначають не тільки загальний запас води у ґрунті, в умовах конкретної ландшафтної зони, але і визначають ступінь рухомості та швидкості процесу водообміну. Вплив механічного складу ґрунту проявляється в тому, що пісчані ґрунти висихають швидко, втрачаючи воду через випаровування, вони не утримують стільки води, скільки суглинкові та глинисті. Значний вплив на вміст води в ґрунті виявляє характер поверхні ґрунту. Чим рівніша поверхня ґрунту, тим менше вона випаровує води, тоді як поверхня після оранки випаровує значно більше вологи [37].

Накопичення та зберігання води в ґрунті у багатьох випадках залежить від водно-фізичних властивостей, таких як: водопроникність, водозатримна здатність, водопідйомна та випаровувальна здатність ґрунту.

Водопроникність – це здатність ґрунту поглинати воду, вона вимірюється величиною стовпчика рідини, яка проникає в ґрунт за одиницю часу. Суглинисті ґрунти легкого механічного складу з відповідною структурою та складом мають високу водопроникність. Щодо ґрунтів важкого механічного складу, то вони характеризуються низькою водопроникністю, яку можна збільшити шляхом обробки, удобрення та правильної сівозміни.

Вологоємність – це кількість води, яку ґрунт може утримувати при повному його насиченні. Залежно від сили, що затримує вологу, розрізняють повну вологоємність, капілярну та молекулярну. Величина капілярної вологоємності залежить від об'єму капілярних пор, що в свою чергу визначається механічним складом та вмістом гумусу.

Для зменшення водопідйомної та випаровувальної здатності ґрунту використовують відповідні методи обробки, що регулюють структуру ґрунту та вирівнюють поверхню поля [37].

Як відомо, під вологістю ґрунту розуміють вміст в його порах та тріщинах певної кількості води. Уся вода, яка є в ґрунтовій породі в природних умовах, називається природною вологістю ґрунту ( $W\%$ ). Здебільшого, ґрунтову вологість виражають відношенням ваги води ( $q_v$ ), яка вміщується в породі, до ваги сухої породи ( $q_c$ ) (вагова вологість) у відсотках (3.6):

$$W = \frac{q_v}{q_c} 100\% \quad (3.6)$$

Вплив природної вологості на міцність ґрунтів змінюється залежно від типу ґрунтів. У піщаних ґрунтах вологість впливає на міцність і стійкість дрібнозернистих і глинистих їхніх різновидах. На оцінку властивостей середньо- і крупнозернистих пісків, а також уламкових порід вологість практично не впливає. У глинистих ґрунтах спостерігається різка зміна властивостей зі зміною вологості. Сухі глини поведуть себе як тверді тіла. При збільшенні вологи вони поступово втрачають міцність, переходять у

стан розтікання, тобто повністю втрачають міцність. Практично вологість не впливає на властивості гірських порід з жорстким зв'язком (скельних, частково напівскельних) [4].

За матеріалами С. Воробйова та Д. Бурової, в загальному, залежність механічного складу та вологемності ґрунту можна описати так:

- для піщаних ґрунтів – вологемність 15–18% від об'єму гідрунту (при запасі води в 1 м<sup>3</sup> 1500–1800);
- для супіщаних – 22–24% (2200–1800);
- для суглинкових – 25–28% (2600–2400);
- для глинистих – 34–38% (3400–3800);
- для глинистих чорноземів – 38–41% (3800–4100).

Під час дослідження впливу природної вологості потрібно приділити особливу увагу максимальній молекулярній вологемності, яка визначається у максимальній кількості води, що здатна утримуватися на частинках гірських порід.

*Таблиця 3.7*

**Зв'язок виду ґрунту з переважаючими розмірами фракційних частинок та максимальної молекулярної вологемності**

Вид ґрунту	Переважаючий розмір частинок (d, мм)	Максимальна молекулярна вологемність %
Крупнозернистий пісок	1,0–0,5	1,57
Дрібнозернистий пісок	0,25–0,1	2,73
Супісок	0,05–0,005	10,18
Глина	<0,005	44,85

Для ефективного оцінювання вологості перш за все потрібно ідентифікувати до якого виду належить даний ґрунт, тому що із зростанням часток фізичної глини, вологемність збільшується і зростає запас вологи води в ґрунті, визначити характер поверхні ґрунту, оскільки після обробітку



грунти випаровують більше вологи, врахувати відповідні погодні умови та стан території дослідження [34].

Для оцінювання вологості ґрунтів різних ландшафтних зон Закарпаття було проаналізовано матеріали дослідження за 2013 рік. Велика кількість досліджень свідчить про досить обґрунтовані передумови використання на різних етапах оцінювання вологості ґрунтів даних сучасних космічних зйомок у різних діапазонах електромагнітного спектра [26,34,45]. А саме у видимому, інфрачервоному та мікрохвильовому діапазонах, що дає змогу виділити та оконтурити зони живлення та розвантаження підземних вод. Тематична обробка космічних знімків дозволяє виявити ландшафтні зони для оцінки значень складових вологості ґрунту та водного балансу [61,50]. Запропоновані методичні підходи на основі використання мультиспектральної космічної зйомки суттєво доповнюють традиційне ландшафтне та структурне дешифрування матеріалів, отриманих під час наземних методів [46].

На основі використання розрахункових методів можливим є визначення осередків перезволоження та надмірної вологоємності ґрунтового покриву на території різних ландшафтних зон Закарпаття. Дешифрування матеріалів супутникових зйомок з метою оцінювання вологості ґрунтувалось в основному на апріорному аналізі з використанням деяких компонентів ландшафту, які виявляються на космічних знімках, це і рослинність, рельєф, гідромережа, які формуються безпосередньо під впливом загальної вологоємності ґрунту.

Особливості мультиспектральних космічних зйомок полягають у тому що, по-перше, є можливість проводити класифікацію ґрунтової поверхні на основі даних спектрального відбиття в різних каналах зйомки, що дозволяє при виділених відповідних класах оцінювати зволоженість земного покриття та виконувати узагальнену оцінку інтенсивності процесів забезпечення вологоємності. По-друге, мультиспектральна зйомка надає можливість обчислювати різні індексні значення та математичні показники, особливо так

звані водні індекси, які визначаються на основі спектрального відбиття у видимій та інфрачервоній ділянках електромагнітного випромінювання, що чутливі до зволоженості земної поверхні. Таким чином, як свідчать опрацьовані джерела, це може використовуватись для оцінювання загальної вологості ґрунту, для характеристики вологоємності, встановлення западин мікрорельєфу, перезволоженості та надмірної осушеності [42].

Представлено підхід для оцінювання зволоженості ґрунтового покриття, що базується на застосуванні різних нормовано-різницевих водних індексів. У підрозділі розглянуто та застосовано вже існуючі різні водні індекси, чутливі до зволоженості ґрунтової поверхні. Зокрема індекс *NDWI* (Normalized Difference Water Index), запропонований В. Gao (3.7, 3.8) [50,53]:

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}, \quad (3.7)$$

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad (3.8)$$

Розглянуто та застосовано індекс *NWI* (Normalized Water Index), який у роботі М. Griffin пропонується для ідентифікації снігового покриву і називається *NDSI* (Normalized Difference Snow Index) [53].

Проаналізовано та застосовано нормовано-різницевий водний індекс, який базується на використанні зеленого (*Green*) та середнього інфрачервоного (*SWIR*) каналу, що у роботі О. Сахацького рекомендований для оцінювання вмісту води у верхньому шарі відкритого ґрунту (3.9) [42]:

$$NWI_{green-swir1} = \frac{Green - SWIR1}{Green + SWIR1} \quad (3.9)$$

Проте, в отриманих результатах, внаслідок застосування формули (3.7), що запропонував О. Сахацький, прослідкована інша інтерпретація зображень. Таким чином, на отриманому за розрахунком  $NWI_{green-swir}$  зображенні (рис.3.7) більш зволожені місця виглядають темнішими осередками, а не світлішими, і в даному випадку темні плями на зображенні в межах полів відповідають западинам мікрорельєфу, що визначено як перезволожені. Для більш яскравішої інтерпретації побудовано зображення (рис. 3.7 г) методом

неконтрольованої класифікації. Для додаткового підтвердження було побудовано значення вегетаційного індексу NDVI, який для водних об'єктів набуває від'ємних значень.

Для оцінювання вологості ґрунтів на основі водних індексів було розраховано та побудовано видозміни індексів із застосуванням Swir 1 (1560–1650 мкм) та інших спектральних каналів, таких як: Red (0,630–0,680 мкм), (3.10); Nir (0,845–0,885 мкм), (3.11); Blue (0,450–0,510 мкм), (3.12, 3.13) [42,50]:

$$NWI_{red-swir1} = \frac{Red - SWIR1}{Red + SWIR1}, \quad (3.10)$$

$$NWI_{nir-swir1} = \frac{NIR - SWIR1}{NIR + SWIR1}, \quad (3.11)$$

$$NWI_{blue-nir} = \frac{Blue - NIR}{Blue + NIR}, \quad (3.12)$$

$$NWI_{blue-swir1} = \frac{Blue - SWIR1}{Blue + SWIR1} \quad (3.13)$$

$$NWI_{swir1-swir2} = \frac{SWIR1 - SWIR2}{SWIR1 + SWIR2}, \quad (3.14)$$

$$NWI_{blue-swir2} = \frac{Blue - SWIR2}{Blue + SWIR2}, \quad (3.15)$$

$$NWI_{green-swir2} = \frac{Green - SWIR2}{Green + SWIR2}, \quad (3.16)$$

$$NWI_{red-swir2} = \frac{Red - SWIR2}{Red + SWIR2}, \quad (3.17)$$

$$NWI_{nir-swir2} = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2} \quad (3.18)$$

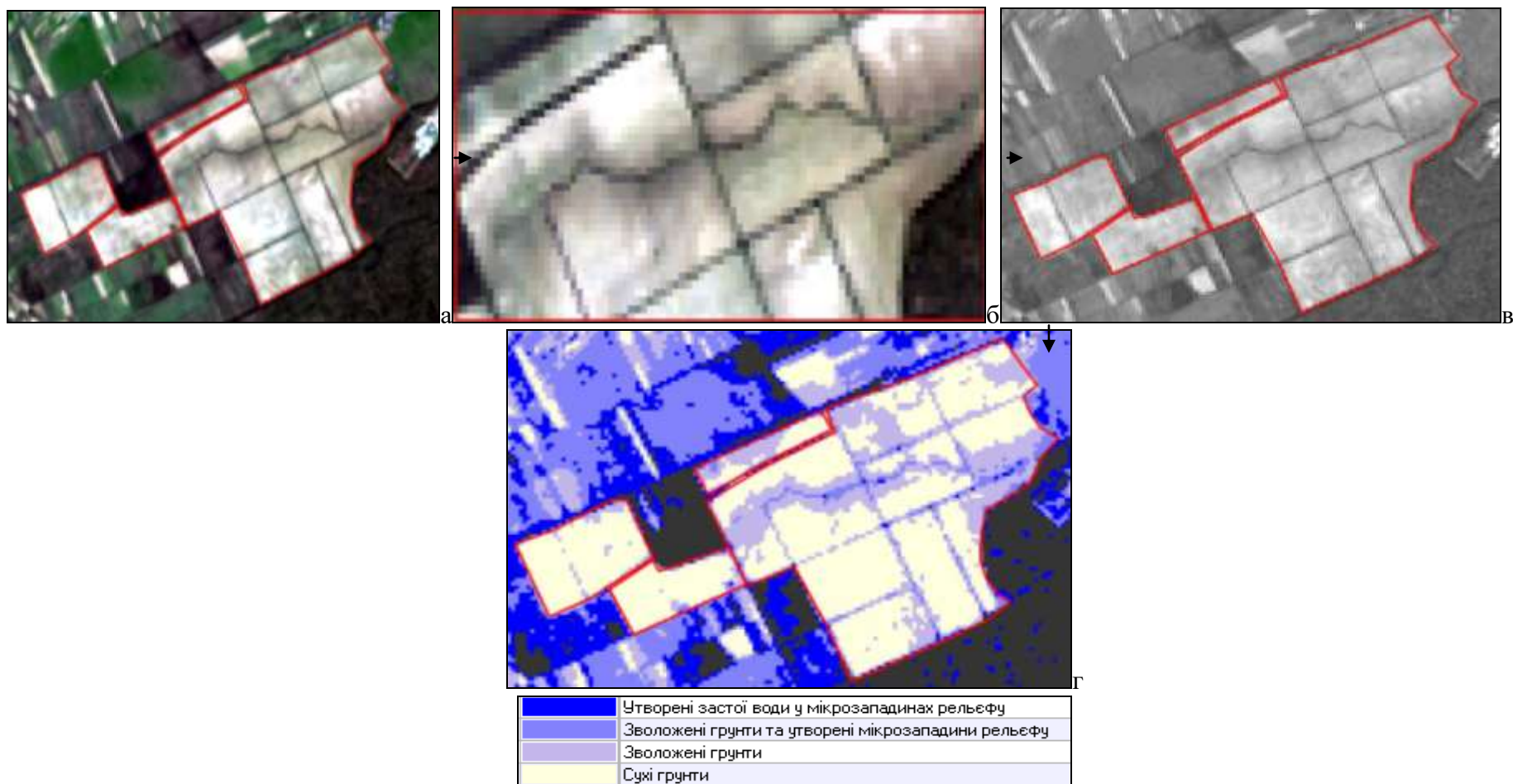


Рис. 3.7. Моніторингова ділянка Гать, Березівський р-н Закарпатська область: а) фрагмент космічного знімка супутника Landsat 8 OLI (24.03.2013), загальний вигляд МД, синтезоване зображення за RGB 2:3:4; б) збільшене зображення полів на знімку, де спостерігаються западинні форми мікрорельєфу; в) побудоване зображення індексу  $NWI_{green-swir}$  (3.9); г) побудоване зображення шляхом методу неконтрольованої класифікації

У процесі математичної обробки значень пікселів усіх наявних спектральних каналів супутникових знімків Landsat 8 OLI виявлено, що застосування для обчислення нормованих різницевих водних індексів другого короткохвильового інфрачервоного каналу Swir 2 (2,100–2,300 мкм) згідно з формулами (3.14–3.18), що поширюється на різні ділянки діапазону та дозволяє відрізнити суху землю від мокрої, що виглядає схожою в інших діапазонах, дає більш чіткі зображення перезвожених територій. Для моніторингової ділянки в результаті обробки знімка Landsat 8 OLI побудовано  $NWI_{swir1-swir2}$ -зображення (рис. 3.8) [20]:



Рис. 3.8. МД Гать, Берегівський р-н Закарпатська область: а) інтерпретація індексу  $NWI_{swir1-swir2}$  (3.14); б) інтерпретація індексу  $NWI_{nir-swir2}$  (3.18), Landsat 8 OLI (24.03.2013)

Для оцінювання кількісного статистичного лінійного зв'язку між значеннями водних індексів та вмістом води в поверхневому шарі відкритого ґрунту (0 – 0,1 м), згідно з відповідними метеоумовами на час зйомки (8.03, 24.03, 9.04, 2.10, 3.11.2013) виконана оцінка статистичної лінійної кореляційної залежності (3.19) між значеннями вологості  $W_{x,y}$  % у певних точках на моніторингових ділянках низовинної, передгірської та гірської ландшафтних зон (показники природної вологості ґрунтів Закарпатської області надані Басейновим управлінням водних ресурсів р. Тиса Державним агентством водних ресурсів України) [43] та значеннями пікселів (3.9–3.18), що відповідали точкам опробування.

Усереднені значення водних індексів та усереднених відсоткових показників природної вологості ґрунту  $W_{x,y}\%$ 

№	Назва МД	$W_{x,y}\%$ , згідно місяців дослідження				Водні індекси																			
		8.03, 24.03	09.04	02.10	03.11	3.9					3.10					3.11					3.12				
						8.03	24.03	9.04	2.10	3.11	8.03	24.03	9.04	2.10	3.11	8.03	24.03	9.04	2.10	3.11	8.03	24.03	9.04	2.10	3.11
1	В. Добронь	31,77	23,73	24,31	20,91	0,62	0,73	0,50	0,56	0,71	0,61	0,74	0,60	0,59	0,66	0,62	0,71	0,67	0,50	0,92	0,11	0,35	0,01	0,21	0,16
2	Хуст	34,07	19,6	25,53	29,17	0,56	0,58	0,50	0,52	0,59	0,55	0,60	0,52	0,46	0,56	0,51	0,53	0,43	0,48	0,86	0,15	0,21	0,09	0,17	0,19
3	Виноградів	29,11	22,14	26,67	30,12	0,62	0,59	0,59	0,53	0,65	0,59	0,60	0,54	0,48	0,62	0,54	0,54	0,53	0,49	0,85	0,23	0,20	0,08	0,13	0,28
4	Соломоново	26,58	20,91	21,49	27,37	0,51	0,49	0,51	0,63	0,68	0,50	0,50	0,45	0,59	0,64	0,52	0,54	0,50	0,54	0,86	0,10	0,10	0,14	0,23	0,33
5	Середнє	29,65	21,45	24,74	29,66	0,50	0,60	0,60	0,54	0,58	0,48	0,62	0,61	0,57	0,56	0,42	0,57	0,55	0,48	0,85	0,21	0,20	0,10	0,22	0,18
6	Бовтрадь	28,74	23,91	25,25	28,82	0,49	0,55	0,44	0,45	0,67	0,48	0,55	0,38	0,49	0,62	0,51	0,50	0,47	0,55	0,89	0,11	0,34	0,11	0,04	0,19
7	Довге	30,92	23,39	25,11	28,39	0,52	0,55	0,50	0,59	0,65	0,51	0,54	0,46	0,54	0,60	0,55	0,56	0,53	0,52	0,88	0,07	0,21	0,06	0,14	0,22
8	Астей	28,17	23,09	25,09	30,71	0,50	0,47	0,50	0,55	0,66	0,47	0,48	0,46	0,51	0,61	0,49	0,52	0,56	0,48	0,91	0,14	0,12	0,00	0,21	0,19
9	В. Копаня	29,02	22,16	26,33	30,11	0,55	0,52	0,53	0,50	0,58	0,53	0,51	0,47	0,54	0,53	0,55	0,57	0,59	0,60	0,89	0,12	0,12	-0,02	-0,01	0,12
10	Ужок	28,5	21,67	23,5	30,2	0,60	0,41	0,48	0,52	0,54	0,55	0,43	0,42	0,50	0,48	0,61	0,55	0,52	0,61	0,88	0,09	0,01	0,06	0,00	0,10
11	Мужієво	28,03	22,69	23,4	27,97	0,58	0,54	0,54	0,53	0,58	0,54	0,53	0,48	0,52	0,56	0,56	0,56	0,57	0,60	0,92	0,15	0,15	0,05	0,08	0,09
12	Тур'я Ремета	29,1	24,43	23,73	29,29	0,52	0,49	0,57	0,66	0,66	0,46	0,50	0,51	0,61	0,63	0,56	0,49	0,56	0,63	0,86	0,12	0,22	0,19	0,21	0,30
13	Поляна	32,84	26,06	24,28	32,14	0,55	0,45	0,46	0,58	0,69	0,49	0,45	0,40	0,53	0,66	0,57	0,59	0,50	0,65	0,88	0,14	0,01	0,11	-0,05	0,03
14	Ракошино	26,48	19,61	21,9	27,41	0,52	0,55	0,61	0,55	0,66	0,50	0,54	0,56	0,49	0,61	0,50	0,52	0,61	0,61	0,88	0,15	0,26	0,10	0,07	0,26
15	Гать	31,48	23,98	27,5	33,15	0,58	0,52	0,51	0,72	0,62	0,53	0,42	0,45	0,68	0,58	0,57	0,52	0,55	0,75	0,86	0,12	0,16	0,06	0,11	0,21
16	Голубине	28,5	23,64	23,53	29,28	0,55	0,56	0,49	0,54	0,62	0,50	0,50	0,44	0,47	0,56	0,55	0,58	0,46	0,53	0,84	0,11	0,17	0,17	0,11	0,27
17	В. Грабівниця	28,17	22,47	22,57	29,47	0,54	0,46	0,61	0,50	0,50	0,49	0,46	0,55	0,44	0,43	0,55	0,52	0,58	0,52	0,89	0,12	0,14	0,16	0,07	0,02
18	Волосянка	29,15	21,12	24,61	20,2	0,52	0,41	0,47	0,45	0,43	0,47	0,42	0,41	0,38	0,48	0,58	0,53	0,49	0,50	0,90	0,09	0,08	0,10	0,05	-0,03
19	Кушниця	26,79	19,18	21,17	26,62	0,44	0,48	0,49	0,66	0,54	0,37	0,42	0,43	0,61	0,51	0,48	0,52	0,57	0,67	0,89	0,13	0,14	0,03	0,13	0,13
20	В. Ворота	26,31	21,03	19,73	27,86	0,51	0,40	0,52	0,56	0,49	0,46	0,45	0,47	0,50	0,44	0,55	0,54	0,54	0,58	0,89	0,11	0,08	0,08	0,07	0,11
21	Подобовець	28,47	19,84	23,05	30,49	0,58	0,61	0,44	0,63	0,57	0,54	0,61	0,40	0,58	0,48	0,64	0,63	0,44	0,69	0,89	0,06	0,20	0,15	-0,02	0,15

Усереднені значення водних індексів та усереднених відсоткових показників природної вологості ґрунту  $W_{x,y}$  %

Водні індекси																														
3.13					3.14					3.15					3.16					3.17					3.18					
8.03	24.03	9.04	2.10	3.11	8.03	24.03	9.04	2.10	3.11	8.03	24.03	9.04	2.10	3.11	8.03	24.03	9.04	2.10	3.11	8.03	24.03	9.04	2.10	3.11	8.03	24.03	9.04	2.10	3.11	
0,69	0,85	0,67	0,64	0,73	0,51	0,47	0,52	0,58	0,67	0,89	0,94	0,88	0,89	0,94	0,86	0,90	0,81	0,86	0,93	0,86	0,90	0,85	0,87	0,92	0,86	0,88	0,88	0,84	0,92	
0,61	0,67	0,50	0,60	0,66	0,56	0,54	0,62	0,59	0,59	0,87	0,89	0,86	0,88	0,90	0,85	0,85	0,86	0,85	0,88	0,85	0,86	0,86	0,83	0,87	0,83	0,83	0,83	0,83	0,86	
0,68	0,67	0,59	0,58	0,72	0,56	0,55	0,54	0,58	0,56	0,90	0,89	0,86	0,87	0,91	0,88	0,86	0,86	0,85	0,89	0,87	0,86	0,84	0,83	0,87	0,84	0,84	0,83	0,83	0,85	
0,59	0,61	0,60	0,68	0,75	0,63	0,64	0,56	0,60	0,58	0,89	0,90	0,87	0,91	0,93	0,87	0,86	0,83	0,89	0,90	0,86	0,86	0,81	0,88	0,89	0,87	0,88	0,83	0,86	0,86	
0,58	0,69	0,62	0,63	0,64	0,70	0,58	0,69	0,58	0,60	0,91	0,90	0,92	0,89	0,90	0,89	0,88	0,91	0,85	0,87	0,88	0,88	0,91	0,87	0,87	0,87	0,86	0,90	0,83	0,85	
0,59	0,72	0,55	0,57	0,72	0,64	0,56	0,58	0,66	0,61	0,89	0,91	0,86	0,89	0,92	0,86	0,85	0,81	0,86	0,91	0,86	0,85	0,79	0,87	0,89	0,87	0,83	0,82	0,89	0,89	
0,60	0,69	0,57	0,62	0,72	0,62	0,60	0,59	0,57	0,59	0,89	0,91	0,87	0,88	0,92	0,86	0,86	0,84	0,87	0,90	0,86	0,86	0,82	0,85	0,88	0,87	0,87	0,85	0,84	0,88	
0,59	0,60	0,56	0,63	0,74	0,63	0,64	0,65	0,60	0,64	0,89	0,90	0,89	0,89	0,94	0,86	0,85	0,87	0,86	0,91	0,85	0,86	0,85	0,85	0,90	0,86	0,87	0,89	0,84	0,91	
0,63	0,64	0,58	0,60	0,66	0,63	0,62	0,60	0,65	0,65	0,90	0,90	0,88	0,90	0,92	0,88	0,86	0,86	0,87	0,89	0,87	0,86	0,84	0,88	0,87	0,87	0,88	0,88	0,90	0,89	
0,66	0,56	0,56	0,60	0,62	0,63	0,63	0,63	0,66	0,63	0,91	0,88	0,88	0,90	0,90	0,89	0,83	0,86	0,88	0,87	0,88	0,88	0,83	0,83	0,87	0,85	0,90	0,88	0,87	0,90	0,88
0,66	0,65	0,60	0,65	0,71	0,49	0,59	0,62	0,66	0,67	0,87	0,90	0,89	0,92	0,94	0,83	0,86	0,87	0,88	0,90	0,81	0,85	0,85	0,88	0,90	0,82	0,86	0,88	0,90	0,92	
0,64	0,64	0,68	0,74	0,74	0,65	0,59	0,57	0,61	0,58	0,91	0,89	0,90	0,93	0,92	0,88	0,84	0,86	0,90	0,90	0,86	0,84	0,84	0,89	0,89	0,89	0,84	0,86	0,90	0,86	
0,66	0,59	0,58	0,63	0,66	0,46	0,64	0,59	0,64	0,56	0,86	0,89	0,87	0,90	0,89	0,81	0,85	0,83	0,89	0,90	0,78	0,85	0,80	0,87	0,89	0,82	0,89	0,84	0,91	0,88	
0,61	0,69	0,67	0,65	0,73	0,63	0,58	0,62	0,70	0,60	0,89	0,91	0,91	0,93	0,93	0,87	0,86	0,89	0,90	0,90	0,86	0,85	0,88	0,88	0,88	0,86	0,85	0,89	0,92	0,88	
0,65	0,63	0,59	0,80	0,70	0,61	0,61	0,60	0,50	0,58	0,90	0,90	0,88	0,93	0,91	0,88	0,86	0,85	0,90	0,88	0,86	0,82	0,83	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,91	0,86	
0,63	0,68	0,58	0,60	0,70	0,63	0,59	0,57	0,60	0,57	0,90	0,91	0,87	0,88	0,91	0,88	0,86	0,83	0,86	0,88	0,86	0,84	0,81	0,84	0,86	0,88	0,87	0,82	0,86	0,84	
0,63	0,62	0,68	0,57	0,58	0,66	0,59	0,56	0,63	0,65	0,91	0,89	0,90	0,88	0,89	0,89	0,83	0,87	0,86	0,87	0,87	0,83	0,85	0,84	0,85	0,89	0,85	0,86	0,87	0,89	
0,64	0,59	0,56	0,54	0,53	0,54	0,63	0,63	0,70	0,68	0,88	0,89	0,88	0,90	0,89	0,83	0,83	0,85	0,87	0,86	0,81	0,83	0,83	0,85	0,87	0,85	0,87	0,86	0,89	0,90	
0,57	0,61	0,59	0,73	0,67	0,71	0,63	0,64	0,68	0,62	0,91	0,90	0,89	0,94	0,91	0,88	0,85	0,86	0,92	0,87	0,86	0,83	0,84	0,91	0,86	0,89	0,87	0,89	0,93	0,89	
0,63	0,59	0,59	0,63	0,60	0,56	0,64	0,62	0,63	0,70	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,83	0,83	0,86	0,88	0,88	0,81	0,85	0,84	0,86	0,87	0,85	0,88	0,87	0,89	0,89	
0,67	0,74	0,55	0,67	0,66	0,38	0,61	0,64	0,64	0,66	0,84	0,93	0,88	0,92	0,92	0,79	0,89	0,84	0,90	0,89	0,76	0,89	0,83	0,89	0,87	0,82	0,90	0,84	0,92	0,89	

3.9-3.18 – формули водних індексів, що подані у тексті

8.03, 24.03, 9.04, 2.10, 3.11 – дати знімання

$$NWI_n = aW + b \quad (3.19)$$

де  $NWI_n$  – індекс вологості,  $n$  – відповідне співвідношення каналів,  $W$  – відсоток природної вологи у ґрунті,  $a$  та  $b$  – параметри моделей.

Отримано розрахункові значення водних індексів (табл. 3.8) та коефіцієнтів кореляції  $R$ , довірчі інтервали та значимість згідно з формулами (2.4, 2.5, 2.7.) (табл. 3.9). Критерієм оцінки точності є розрахунок середнього квадратичного відхилення  $\sigma$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum((aW + b) - NWI_n)^2}{n - 2}} \quad (3.20)$$

Таблиця 3.9

**Розраховані коефіцієнти кореляції  
згідно з формулою та датою дослідження**

Номер формули	Водні індекси (NWI)	Коефіцієнти кореляції згідно з датою дослідження				
		08.03	24.03	09.04	02.10	03.11
3.11	(NIR-SWIR1)\(NIR+SWIR1)	0,18	0,32	0,10	-0,11	-0,39
3.12	(Blue-NIR)\(Blue+NIR)	0,09	0,15	0,06	0,02	0,23
3.9	(Green-SWIR1)\(Green+SWIR1)	0,40	0,36	-0,13	-0,12	0,23
3.10	(Red-SWIR1)\(Red+SWIR1)	0,46	0,32	-0,11	0,05	0,04
3.14	(SWIR1-SWIR2)\(SWIR1+SWIR2)	-0,32	-0,45	-0,46	-0,50	-0,51
3.13	(Blue-SWIR1)\(Blue+SWIR1)	0,29	0,28	0,16	-0,10	0,20
3.16	(Green-SWIR2)\(Green+SWIR2)	-0,14	-0,24	-0,42	-0,48	-0,08
3.17	(Red-SWIR2)\(Red+SWIR2)	-0,07	+0,17	-0,41	-0,33	-0,37
3.15	(Blue-SWIR2)\(Blue+SWIR2)	-0,24	0,10	-0,21	-0,40	-0,17
3.18	(NIR-SWIR2)\(NIR+SWIR2)	-0,31	-0,07	-0,21	-0,31	-0,39

Nir – ближній інфрачервоний канал з довжиною хвилі (845 – 885 мкм)

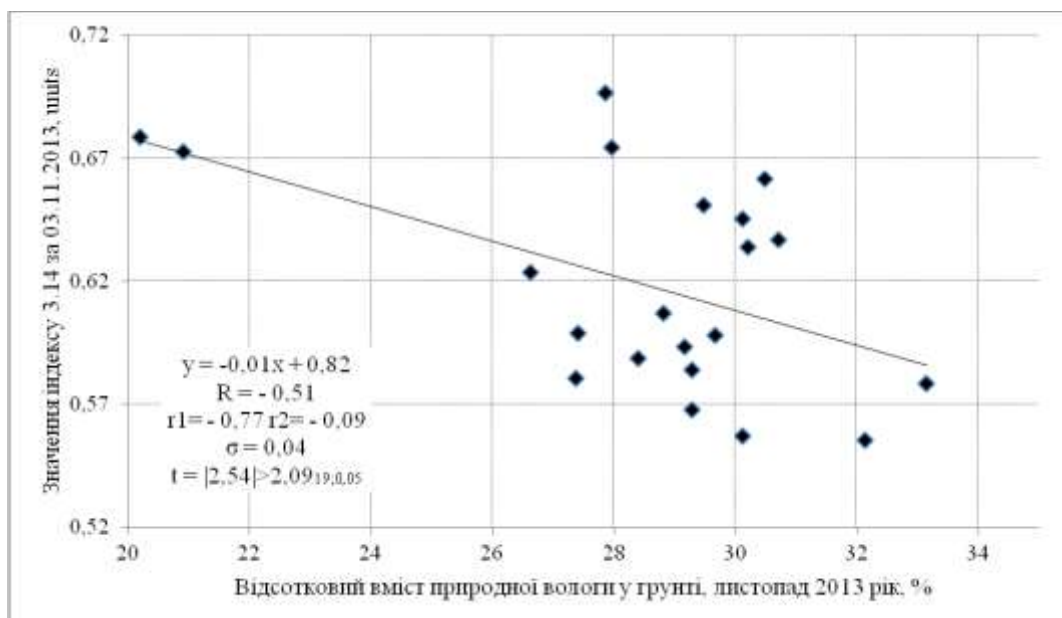
Swir 1 – короткохвильовий інфрачервоний канал з довжиною хвилі (1560 – 1660 мкм);

Swir 2 – короткохвильовий інфрачервоний канал з довжиною хвилі (2100 – 2300 мкм);

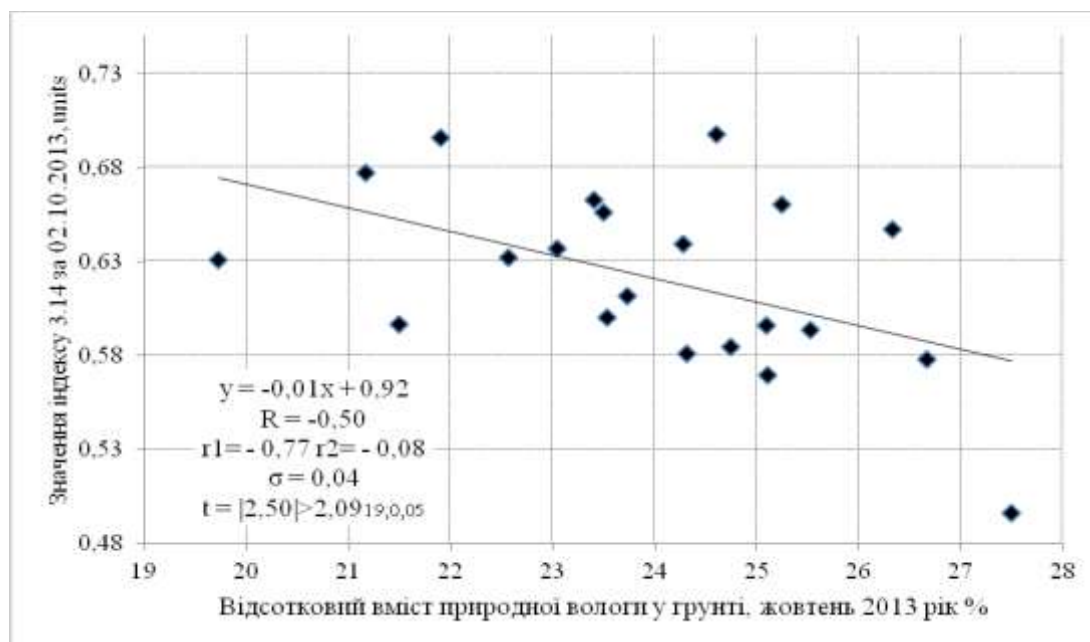
У процесі дослідження спостерігалась найтісніша регресійна статистична лінійна залежність з коефіцієнтом кореляції  $R = -0,51$  та  $R = -0,50$  довірчими інтервалами  $r_1 = -0,77$  та  $r_2 = -0,09$  (2.5), значимістю коефіцієнта кореляції  $t = |2,54| > 2,09_{19;0,05}$  та  $t = |2,50| > 2,09_{19;0,05}$  (2.7) при довірчій ймовірності  $P = 0,95$  та рівні значимості  $\alpha = 0,05$  та середнім квадратичним відхиленням  $\sigma = 0,04$  (2.6) між значенням показника водного індексу, що обчислений за формулою (3.14), та відсотковим вмістом природної вологи у поверхневому шарі ґрунту (0 – 0,1 м) у жовтні та листопаді (рис. 3.9).



Використовуючи формулу 3.14 отримано також значимі коефіцієнти кореляції між значеннями водних індексів та відсотковим показником природної вологості ґрунту на рівні: у квітні  $R = -0,46$  та у березні  $R = -0,45$  (табл. 3.7) ( $r_1 = -0,75$   $r_2 = -0,06$ ;  $t = |2,51| > 2,09_{19;0,05}$ ;  $\sigma = 0,04$ ) при  $P = 0,95$  та  $\alpha = 0,05$ .



а)



б)

Рис. 3.9. Результати кількісного зв'язку між водним індексом (3.14) та наземним вмістом природної вологості в поверхневому шарі ґрунту за даними супутникового знімання Landsat 8 OLI: а) 03.11.2013 та б) 02.10.2013

Дослідження статистичних регресійних лінійних кількісних зв'язків між показником природної вологості ґрунту та індексами, що вираховуються за даними інших каналів знімка, що подані у табл. 3.8, 3.9, визначило незадовільні результати. Попри те, що зображення є наочно інформативними.

Удосконалення оцінювання зволоженості ґрунтового покриву полягає в тому, що виконаний аналіз різних показників та проведена математична обробка значень індексів дозволяє застосувати для поставлених завдань нормалізовані водні індекси  $NWI$ , що розраховуються за даними мультиспектральної космічної зйомки супутника Landsat 8 OLI на основі нормованої різниці спектральної яскравості. Визначено можливість їх використання для оцінювання зволоженості ґрунтового покриву при вирішенні агротехнічних проблем у сільському господарстві Закарпатської області. Обґрунтовано доцільність використання індексу  $NWI_{swir1-swir2}$ , що розраховується на основі нормованої різниці спектрального відбиття в середній інфрачервоній зоні Swir 1 (1560–1650 мкм) та Swir 2 (2,100–2,300 мкм) електромагнітного спектра шляхом встановлення лінійної регресійної статистичної залежності між розрахованими індексними величинами та показниками природної вологості ґрунтів для оцінювання вологості ґрунтів на землях різних ландшафтних зон Закарпаття.

#### **3.4. Визначення кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті за даними спектрофотометрії ландшафтних зон**

Найважливішою якісною та кількісною властивістю земель сільськогосподарського призначення є саме родючість ґрунтів. Вміст гумусу в ґрунті є одним із основних показників родючості землі. Тому кількісна та якісна оцінка ґрунту необхідна для проведення ґрунтово-екологічного моніторингу та агротехнічних заходів щодо збереження і відновлення ґрунтової родючості. Агрохімічний метод оцінки просторового розміщення гумусу є досить тривалим, затратним і трудомістким процесом. Тому для

вирішення цієї проблеми пропонується використовувати результати аерокосмічних досліджень у поєднанні з вибіркоким відбором ґрунтових зразків для визначення вмісту гумусу [10,13,14].

Для підтвердження гіпотези про зв'язок відсоткового показника вмісту гумусу із спектральною яскравістю каналів необхідно дослідити степінь наявності статистичної залежності між спектральною енергетичною яскравістю ґрунту і кількістю вмісту гумусу, а також оцінити значимість цього зв'язку [17,18,19].

Основними параметрами, що дають змогу виконати кількісне дешифрування показника вмісту гумусу в ґрунті за космічними знімками, є їх яскравості в окремих спектральних каналах. У видимій (*RGB*) та ближній інфрачервоній (*NIR*) зоні електромагнітного спектра [10,41]. Зокрема, у роботі В. Ачасова та Д. Бідолах [3], які досліджували зв'язок між вмістом гумусу та яскравістю поверхневого шару ґрунту за космічними знімками визначили стійку кореляцію, пов'язану зі значеннями яскравості в червоній частині спектра знімка, коефіцієнт кореляції ( $R = 0,74$ ). А. Шатохин та М. Линдин [49], які досліджували чорноземи типові, встановили тісну залежність ( $R = 0,94$ ) між показником вмісту гумусу та яскравістю в ближньому інфрачервоному каналі. О. Сахацький [41] за даними космічної зйомки Landsat 7 у межах тестових ділянок у Чернігівській та Хмельницькій областях наводить результати досліджень статистичної обробки даних, яка показала на лінійну кореляційну залежність між спектральними даними пікселів у червоному каналі ( $R = 0,95$ ) та ближньому інфрачервоному каналі ( $R = 0,85$ ) з усередненим показником вмісту гумусу. С. Трускавецький [45], який проводив дослідження ґрунтового покриття на полях Житомирського Полісся з використанням багатоспектрального космічного сканування супутником SPOT, встановив, що зв'язок між вмістом гумусу у ґрунті та спектральною яскравістю є значним у зеленому каналі ( $R = -0,88$ ), червоному каналі ( $R = -0,88$ ), та у ближньому інфрачервоному каналі ( $R = -0,90$ ) [10,11].

За проаналізованими науковими джерелами, виявлено, що найбільші різниці значення коефіцієнта яскравості між ґрунтами з високою концентрацією гумусу і з низькою концентрацією спостерігаються в червоній (0,68-0,70 мкм), ближній інфрачервоній (0,4-1,2) та зеленій (0,48-0,86) зоні спектра.

У науковій літературі досліджено, що коефіцієнти енергетичної яскравості ґрунту в деякій степені залежать від низки факторів. У порядку значимості для аерокосмічного моніторингу, їх розміщують таким чином: поверхнева вологість ґрунтового покриву, шорсткість ґрунту, вміст кольорових компонентів (сполук заліза). У свою чергу поверхнева вологість ґрунту залежить від пори року дослідження та показників погоди [7,8].

Оскільки для даного дослідження використовувалися космічні знімки з мінімальним відсотком хмарності та за весняний і осінній періоди, поверхневу вологість ґрунту можна приймати як нульову, тобто таку, яка не значно вплине на отримані обчислення. Щодо показника шорсткості ґрунту та наявності в ґрунті сполук заліза, то, згідно з даними щорічного обстеження «Інституту охорони ґрунтів», землі Закарпатської області характеризуються показником, який не перевищує дозволону норму. Тому під час подальшого дослідження вище наведені фактори можна звести до мінімуму і прийняти їх за 1 [10].

Таким чином, з урахуванням конкретної ґрунтово-екологічної ситуації в кожній ландшафтній зоні необхідно провести обчислення математичних статистичних моделей для визначення вмісту гумусу в ґрунті.

На сьогодні відомо чимало методів моделювання вмісту гумусу у верхньому повітряно-сухому шарі ґрунту за допомогою даних аерокосмічного знімання з використанням парної і множинної, лінійної і нелінійної регресії [29,31,51]. При цьому для визначення точних координат досліджуваних земельних ділянок, використовують GPS-приймачі з фіксуванням місця відбору зразків ґрунту. Кількість таких полів повинна

бути статистично значимою, для того, щоб на їх основі робити конкретні та об'єктивні висновки [22,32].

У дисертаційній роботі, як дані наземного моніторингу, розглянуто територію Закарпатської області. Використано дані 22 моніторингових ділянок, які рівномірно розміщені по всіх трьох ландшафтних зонах та дані агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення Свалявського та Мукачівського районів, що належать до передгірської та рівнинної ландшафтних зон (див. розділ 2 та додаток Б).

Для визначення показників спектральної енергетичної яскравості пікселів було використано мультиспектральні космічних знімків супутника Landsat 4-5 TM, 7 ETM+, 8 OLI. Супутникові знімки відбиралися за весняний та осінній періоди, тому що для правильності дослідження необхідні зображення саме відкритого, не покритого рослинністю ґрунтового покриву. Вважається, що для адекватного відображення отриманих результатів потрібно порівнювати дані, які отримані після сніготанення з даними, які отримані після проведення усіх сільськогосподарських робіт.

Для проведення моніторингу, відбиралися космічні знімки з мінімальним відсотком хмарності, оскільки супутники вибраної нами серії надають інформативні зображення лише за повної відсутності хмарності на території дослідження.

Характерним є також відсутність будь-якої рослинності на досліджуваних полях. Таким чином, використовуючи значення нормованого вегетаційного індексу  $NDVI$ , були визначені поля, де рослинність майже відсутня (індекс  $NDVI < 0$ ). Як свідчать результати обчислень, повністю усунути вплив рослинності на всіх досліджуваних ділянках було неможливо. Мінімальні значення показника  $NDVI$  вищі за 0. Тому було визначено інший критичний показник  $NDVI < 0,14$ , при переважній більшості  $NDVI < 0,12$ .

Для дослідження та оцінювання кількісного вмісту гумусу в ґрунті за аерокосмічними та наземними даними використовувались статистичні

лінійні регресійні залежності виду (2.2, підр. 2.4.), що в процесі адаптації набувають вигляду [11,52]:

$$B_n = aG_{act} + b \quad (3.21)$$

де  $B$  – енергетична яскравість ґрунту у відповідному спектральному каналі,  $n$  – спектральний канал: червоний, синій, зелений, інфрачервоний;  $a$  та  $b$  – числові параметри моделі;  $G_{act}$  – відсотковий показник гумусу.

Завдання щодо визначення статистичної залежності, яка якнайкраще описує експериментальні дані, пов'язане з обчисленням низки деяких чинників. У загальному випадку залежність можна описати так:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) + e \quad (3.22)$$

де  $f$  – функція, яка вимагає визначення,  $e$  – похибка апроксимації.

Вибраний клас функцій повинен характеризуватись невеликим змінням значень аргументів, які дорівнюють невеликим змінням значень функції. Сама функція повинна визначатися з умов мінімуму похибки  $e$  методом найменших квадратів [44]. Для оцінки адекватності статистичної регресійної моделі експериментальних даних використовуються такі статистичні характеристики, як коефіцієнт кореляції моделі ( $R$ ) та довірчі інтервали ( $r_1, r_2$ ). Коефіцієнт кореляції ( $R$ ) визначає частку дисперсії показника ( $G_{pn}$ ), визначену регресією. Як відомо, чим ближче значення  $R$  до 1, тим вище ступінь адекватності моделі експериментальних даних. Необхідною умовою високої якості моделі є значення коефіцієнта кореляції  $R$  більше 0,4. Таким чином, чим ближче значення  $R$  до 1, тим точніше регресійна модель описує експериментальні дані [41]. При цьому потрібно враховувати, що рівняння регресії є лише статистичним описом експериментальних даних, а не фізичним законом, що строго встановлює взаємозв'язки факторів та показників. Дане рівняння застосовується для розрахунку значень показників у заданому діапазоні зміни факторів. Головною причиною неточності прогнозу є не стільки невизначеність виду статистичної залежності, скільки значна варіація показників за рахунок відсутності факторних показників моделі. У нашому випадку, при

постійності інших факторів, зменшення розміру ґрунтових частинок, поверхня змінює показники спектральної яскравості ґрунту, відбиваючи більше падаючої сонячної радіації. При збільшенні розмірів частинок ґрунту від 0,022 до 2,65 мм, поглинання сонячного випромінювання збільшується на 14 % (при одній і тій самій кількості гумусу в поверхневому шарі). Концентрація вологи в ґрунті також зменшує коефіцієнт відбиття рівномірно по всьому спектру сонячної радіації. Тому для виключення вмісту вологи в ґрунті потрібно вибирати такі супутникові знімки, які зроблені в період, коли не було дощів та снігів. Більш високий вміст вологи визначає помилкове збільшення оцінки вмісту гумусу, особливо в западинах, де її вміст вищий навіть в сухий період часу [5,29 ,30].

Таким чином, для оцінювання вмісту гумусу в ґрунті за даними аерокосмічних та наземних досліджень, досліджувані поля повинні характеризуватися такими основними показниками, як: повітряно-сухий стан ґрунту, відсутність кірки, розмір частинок ґрунту (шорсткість) не повинна перевищувати 2 см, повна або часткова відсутність зеленої або сухої рослинності або її решток, відсутність забарвлених часток в ґрунті (сполук заліза) [11,13,14].

Для оцінювання кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті по результатам опрацювання мультиспектральних знімків використовується методика, що базується на дослідженні динаміки вмісту гумусу, складу ґрунтів та інших характеристик ґрунту на основі спектральних характеристик відкритого ґрунту, тому основний об'єкт дослідження це ґрунти [15,16,17,19].

Оцінювання вмісту гумусу в ґрунті за даними аерокосмічних та наземних досліджень в умовах різно-висотних ландшафтних зон області передбачає такі етапи [19]:

– отримання статистичних даних, які характеризують показники родючості ґрунтів області та попередній аналіз кожного поля. У даному випадку використовувалися дані про кількість вмісту гумусу в ґрунтах ( $G_{act}$ )

у розрізі моніторингових ділянок (МД), агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, районів та ландшафтних зон за 2010-2013 рр. [27];

– скачування наявних космічних знімків за відповідний період дослідження, з мінімальним відсотком хмарності. Для дослідження було отримано 15 мультиспектральних космічних знімків супутника Landsat 4-5 ТМ (7 сцен), 7 ЕТМ+ (3 сцени), 8 ОЛІ (5 сцен), на територію Закарпатської області, з відсотком хмарності від 0 до 27 %, за весняний період (березень, квітень) та осінній період (вересень, жовтень, листопад) 2010-2013 рр., що повністю задовольняє процес дослідження. Супутникові знімки скачувались з офіційного сайту <http://glovis.usgs.gov>;

– процес попередньої обробки знімків. Було проведено формування відповідного мультиспектрального зображення, радіометрична та атмосферна корекція знімків, тих супутників, які потребували даної обробки [6,12]. Попередня обробка та подальші розрахунки отриманих супутникових знімків проводились у спеціалізованій програмі Erdas Imagine 2013;

розрахунок вегетаційного індексу  $NDVI$  згідно з показниками яскравостей відповідних спектральних каналів (2.1). Відповідно до моделі супутника проводились розрахунки вегетаційного індексу  $NDVI$ , оскільки кількість та порядковий номер спектральних каналів у супутників Landsat 4-5 ТМ, Landsat 7 ЕТМ+ та Landsat 8 ОЛІ відрізняються/ Усереднені значення вегетаційного індексу  $NDVI$  розраховувалися за даними кількох пікселів, які входили у вибірку у результаті утворення полігону, тому що площа ділянки дорівнює  $2500 \text{ м}^2$ ;

– отримання усереднених значень спектральних яскравостей у вибраних каналах згідно з ділянками відбору зразків ґрунту. Згідно з координатами ділянок проводився підбір кількості пікселів таким чином, щоб утворена в результаті формування виділеного полігону площа ( $S_p$ ) наближалась до площі досліджуваної ділянки, тобто  $2500 \text{ м}^2$ , та виписувались усереднені значення енергетичної спектральної яскравості вибраних каналів.



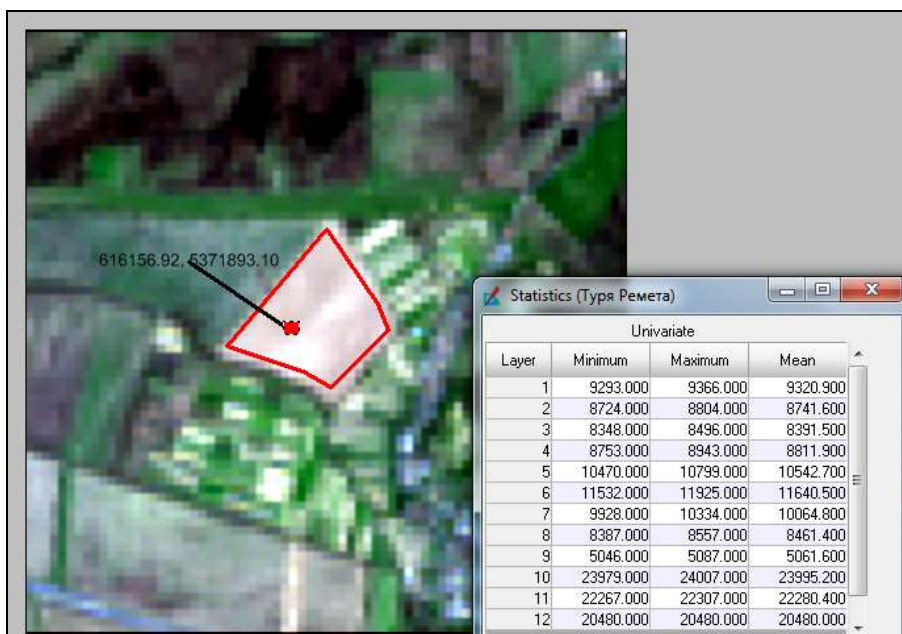


Рис. 3.10. Процес визначення усереднених значень спектральних яскравостей пікселів, згідно з оцифрованою площею, у вибраних каналах згідно з координатами МД Тур'я Ремета. Знімок за 08.03.2013 Landsat 8 OLI

Таблиця 3.10

**Значення спектральних яскравостей за 08.03.2013, 5 % хмарності,  
Landsat 8 OLI**

Номер та назва МД	G <sub>act</sub> *, %	Усереднені значення спектральної яскравості каналів						Sp*** м <sup>2</sup>	NDVI***
		Blue	Green	Red	NIR	SWIR1	SWIR2		
20. В. Добронь	0,55	50,10	39,79	47,12	40,00	9,36	3,04	2651	-0,08
21. Хуст	0,55	48,40	42,01	48,10	36,09	11,79	3,35	2483	-0,14
7. Виноградів	1,58	45,31	36,51	33,71	28,51	8,61	2,42	2450	-0,08
19. Соломоново	1,86	49,53	40,16	38,54	40,84	12,86	2,90	2467	0,03
18. Середнє	2,07	50,00	40,25	38,09	32,90	13,38	2,36	2491	-0,07
3. Бовтрадь	2,07	45,41	34,39	33,21	36,14	11,74	2,54	2553	0,04
11. Довге	2,17	43,70	34,57	32,98	37,64	10,83	2,54	2451	0,07
1. Астей	2,24	45,95	35,64	32,74	34,85	11,90	2,71	2446	0,03
6. В. Копаня	2,38	46,22	36,76	34,18	36,40	10,62	2,45	2499	0,03
4. Ужок	2,55	45,96	36,45	32,22	38,02	9,25	2,10	2414	0,08
2. Мужієво	2,58	43,31	33,67	29,65	31,82	8,97	3,06	2415	0,04
12. Вучкове	2,62	37,95	28,15	26,11	29,44	7,89	3,04	2427	0,06
15. Тур'я Ремета	2,69	39,33	27,64	26,49	30,65	8,70	1,83	2465	0,07
17. Поляна	3,06	40,65	28,95	25,78	30,61	8,39	3,08	2485	0,09
14. Ракошино	3,17	46,78	36,78	34,45	34,63	11,49	2,62	2420	0,00
22. Гать	3,65	44,71	35,63	31,53	35,01	9,60	2,36	2460	0,05
16. Голубине	3,93	44,98	35,64	31,17	35,73	10,36	2,35	2498	0,07
9. В. Грабівниця	3,96	40,27	31,21	25,16	31,68	9,25	1,87	2487	0,11
5. Волосянка	4,2	40,78	28,68	25,03	33,90	9,03	2,69	2489	0,15
10. Кушниця	4,38	39,36	27,81	23,59	30,47	10,74	1,84	2409	0,13
8. В. Ворота	4,55	40,15	28,71	25,06	32,12	9,20	2,61	2487	0,12
13. Подобовець	4,79	40,27	30,56	24,78	36,04	8,04	3,60	2496	0,19

G<sub>act</sub>\* – фактичний показник гумусу;

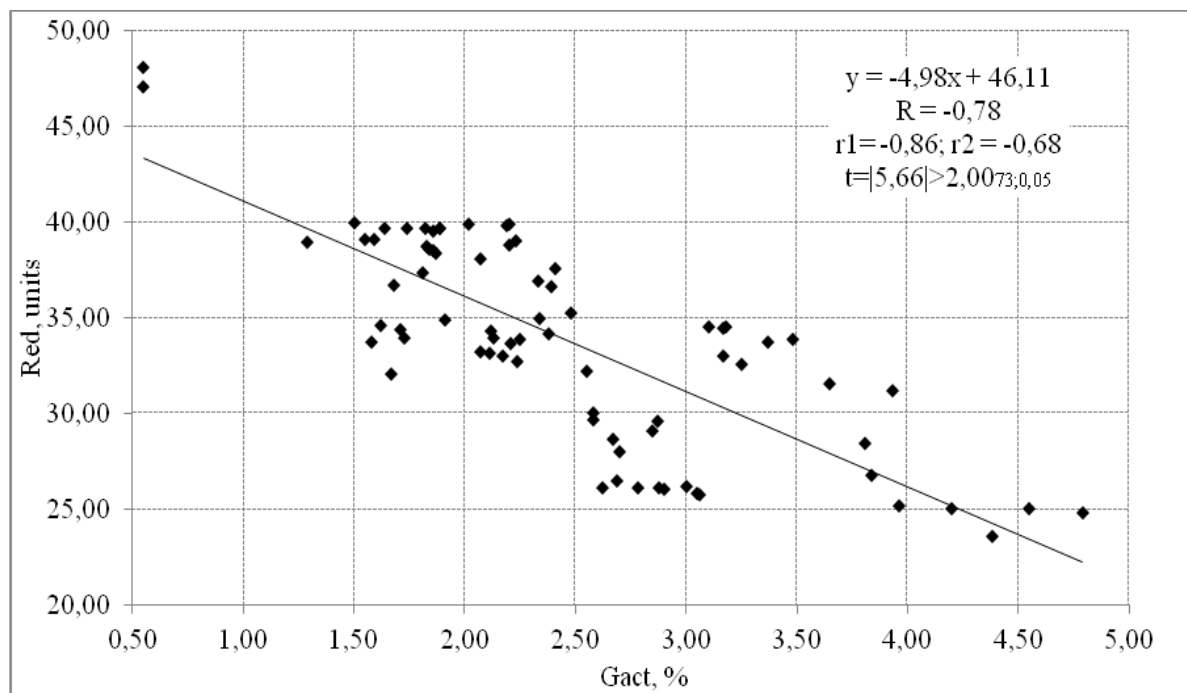
Sp\*\*\* – утворена площа за кількістю взятих пікселів;

NDVI\*\*\* – вегетаційний індекс рослинності.

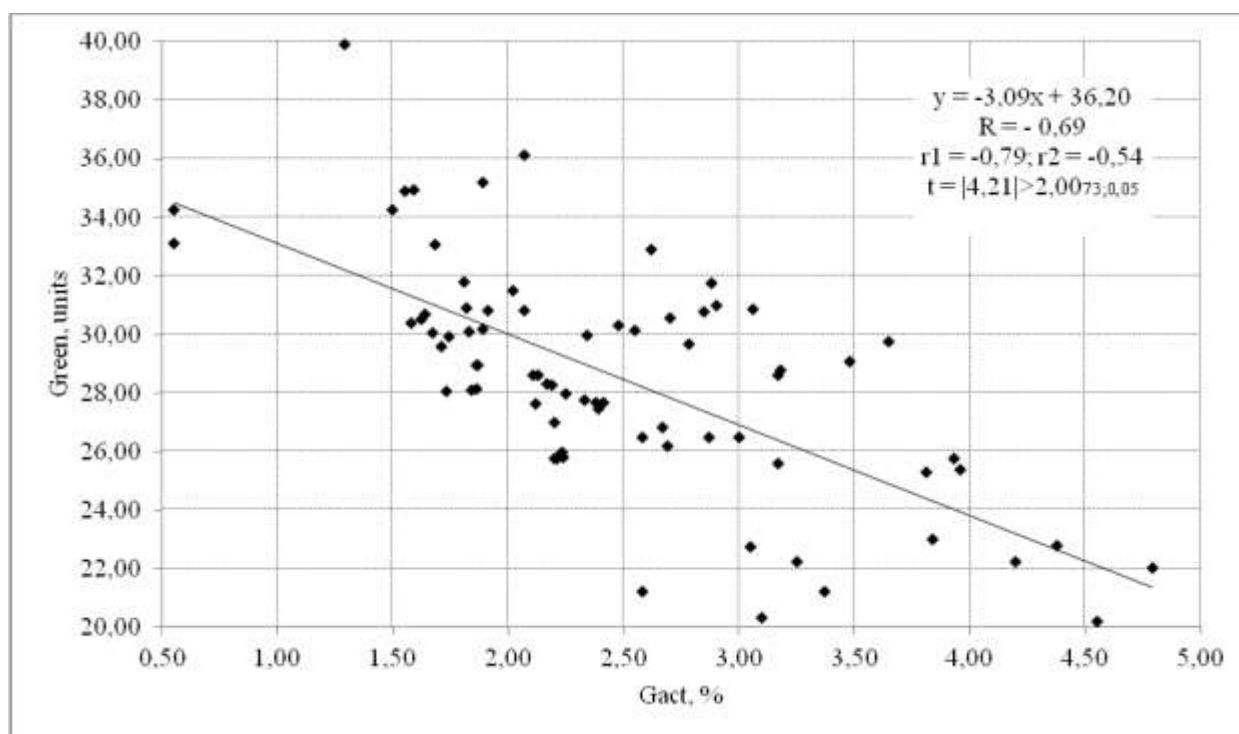
Вибирались усереднені значення спектральних каналів з 2 по 7 (рис. 3.10), тобто Blue, Green, Red, NIR, SWIR1, SWIR2 та записувались у відповідні таблиці. Таким чином, було сформовано 15 таблиць «баз даних» значень спектральних яскравостей пікселів відповідних каналів та подано у додатку В. Приклад однієї з таких таблиць:

– встановлення лінійної статистичної залежності між показниками фактичного вмісту гумусу в ґрунтах  $G_{act}$  та усередненими показниками спектральної яскравості по вибраних каналах у визначеній вибірці пікселів (3.21), знаходження коефіцієнтів кореляції  $R$  та детермінації  $R^2$  (2.4), обчислення довірчих інтервалів (2.5), значимості коефіцієнта кореляції (2.7) при довірчій ймовірності 0,95 та рівні значимості 0,05;

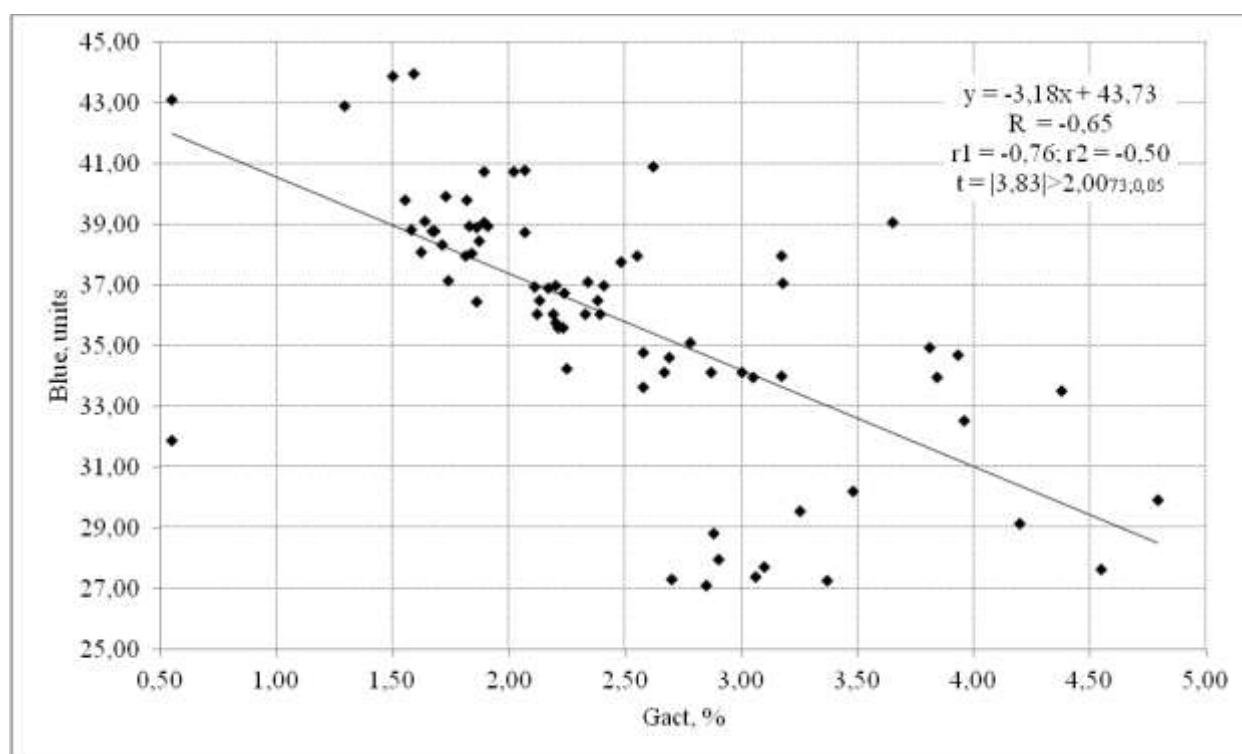
– побудова графіків залежності між усередненими показниками спектральної яскравості вибраних каналів у вибраній вибірці пікселів і показниками фактичного вмісту гумусу в ґрунтах  $G_{act}$  (рис. 3.11. а, б, в);



а)



б)



в)

Рис. 3.11. Лінійні статистичні залежності між *Gact* та спектральними яскравостями в: а) Red (08.03.2013), б) Green, в) Blue (03.11.2013) Landsat 8 OLI

– визначення найбільш тісних лінійних залежностей, що характеризуються більш високими коефіцієнтами кореляції  $R$  та допустими довірчими інтервалами, а також значимістю коефіцієнта кореляції. Обчислення показника вмісту гумусу  $G_{pn}$  на основі оберненого рівняння лінійної регресії (3.23).

– обчислені значення вмісту гумусу подано у додатку В. Приклад: таблиця 3.10:

$$G_{pn} = B_n \left( \frac{1}{a} \right) - \left( \frac{b}{a} \right) \quad (3.23)$$

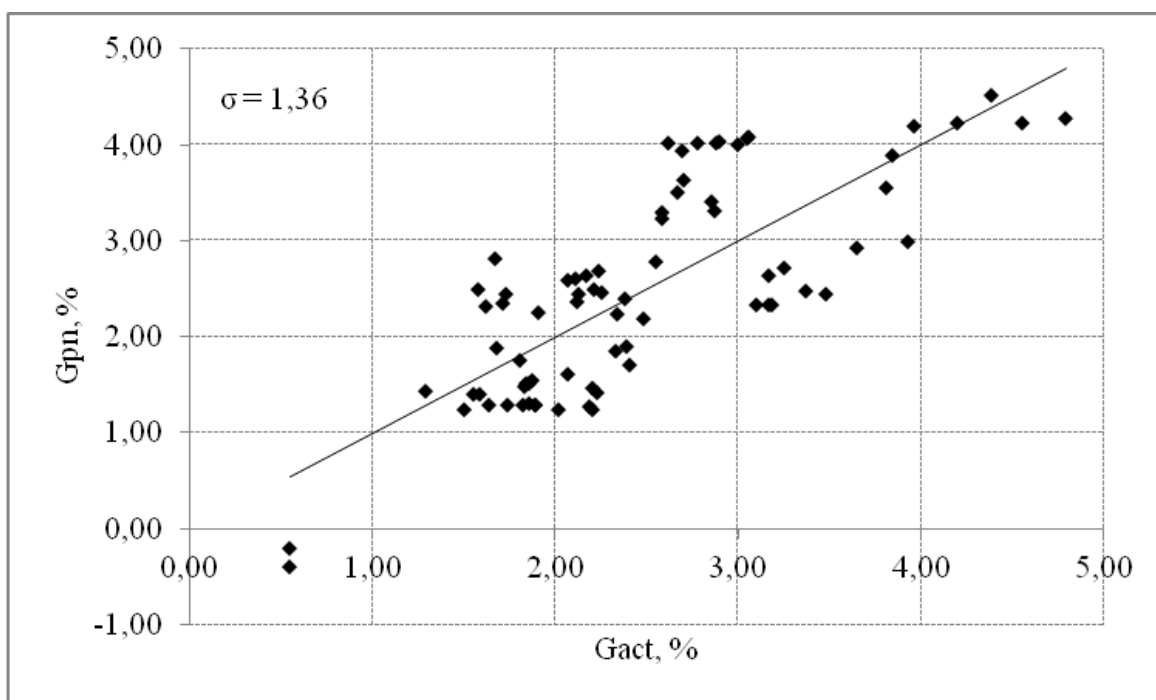


Рис. 3.12. Графічне зображення середнього квадратичного відхилення  $\sigma$  побудованого показника вмісту гумусу  $G_{pn}$  від фактичного  $G_{act}$  за даними червоного каналу (08.03.2013).

– проведення оцінки точності отриманих результатів та обчислення середнього квадратичного відхилення  $\sigma$  побудованого показника вмісту гумусу  $G_{pn}$  від фактичного  $G_{act}$  згідно з формулою (3.24), (рис. 3.12). Результати обчислень по вибірці подано у додатку В:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (G_{act} - G_{pn})^2}{n - 2}} \quad (3.24)$$

Таблиця 3.11

**Обчислені значення показника вмісту гумусу 08.03.2013,  
5 % хмарності, Landsat 8 OLI**

Номер та назва МД	G <sub>act</sub> <sup>*</sup> , %	G <sub>pn</sub> <sup>**</sup> , %					
		Blue	Green	Red	NIR	SWIR1	SWIR2
20. В. Добронь	0,55	0,04	1,27	-0,20	-0,26	5,16	-5,35
21. Хуст	0,55	0,81	0,61	-0,40	1,93	-1,83	74,44
7. Виноградів	1,58	2,23	2,24	2,49	6,18	7,31	-164,41
19. Соломоново	1,86	0,30	1,16	1,52	-0,73	-4,91	-40,01
18. Середнє	2,07	0,08	1,13	1,61	3,72	-6,38	-179,05
3. Бовтрадь	2,07	2,18	2,87	2,59	1,91	-1,70	-132,71
11. Довге	2,17	2,96	2,82	2,63	1,06	0,93	-132,44
1. Астей	2,24	1,93	2,50	2,68	2,63	-2,13	-88,91
6. В. Копаня	2,38	1,81	2,17	2,39	1,76	1,53	-156,75
4. Ужок	2,55	1,93	2,26	2,79	0,85	5,47	-247,16
2. Мужієво	2,58	3,14	3,08	3,30	4,33	6,27	0,29
12. Вучкове	2,62	5,59	4,72	4,01	5,66	9,36	-5,49
15. Тур'я Ремета	2,69	4,96	4,87	3,94	4,98	7,05	-317,02
17. Поляна	3,06	4,35	4,48	4,08	5,01	7,94	6,07
14. Ракошино	3,17	1,55	2,16	2,34	2,75	-0,97	-112,82
22. Гать	3,65	2,50	2,50	2,92	2,54	4,45	-179,46
16. Голубине	3,93	2,37	2,50	3,00	2,14	2,29	-182,28
9. В. Грабівниця	3,96	4,53	3,81	4,20	4,41	5,48	-306,40
5. Волосянка	4,2	4,29	4,56	4,23	3,16	6,11	-93,88
10. Кушниця	4,38	4,94	4,82	4,52	5,08	1,18	-313,79
8. В. Ворота	4,55	4,58	4,55	4,22	4,16	5,61	-115,24
13. Подобовець	4,79	4,53	4,00	4,28	1,96	8,94	139,73

G<sub>act</sub><sup>\*</sup> – фактичний показник гумусу;

G<sub>pn</sub><sup>\*\*</sup> – обчислений показник гумусу

Ключовий момент побудови показника вмісту гумусу зображений на рис. 3.13.

Згідно з таблицями, що подані в додатку В, сформовано зведену таблицю (табл. 3.12) всіх отриманих коефіцієнтів кореляції, довірчих інтервалів, значимостей коефіцієнтів кореляції та середнього квадратичного відхилення статистичної регресійної кореляційної залежності за досліджуваний період відповідно до спектральних яскравостей каналів космічних знімків та наземних досліджень.

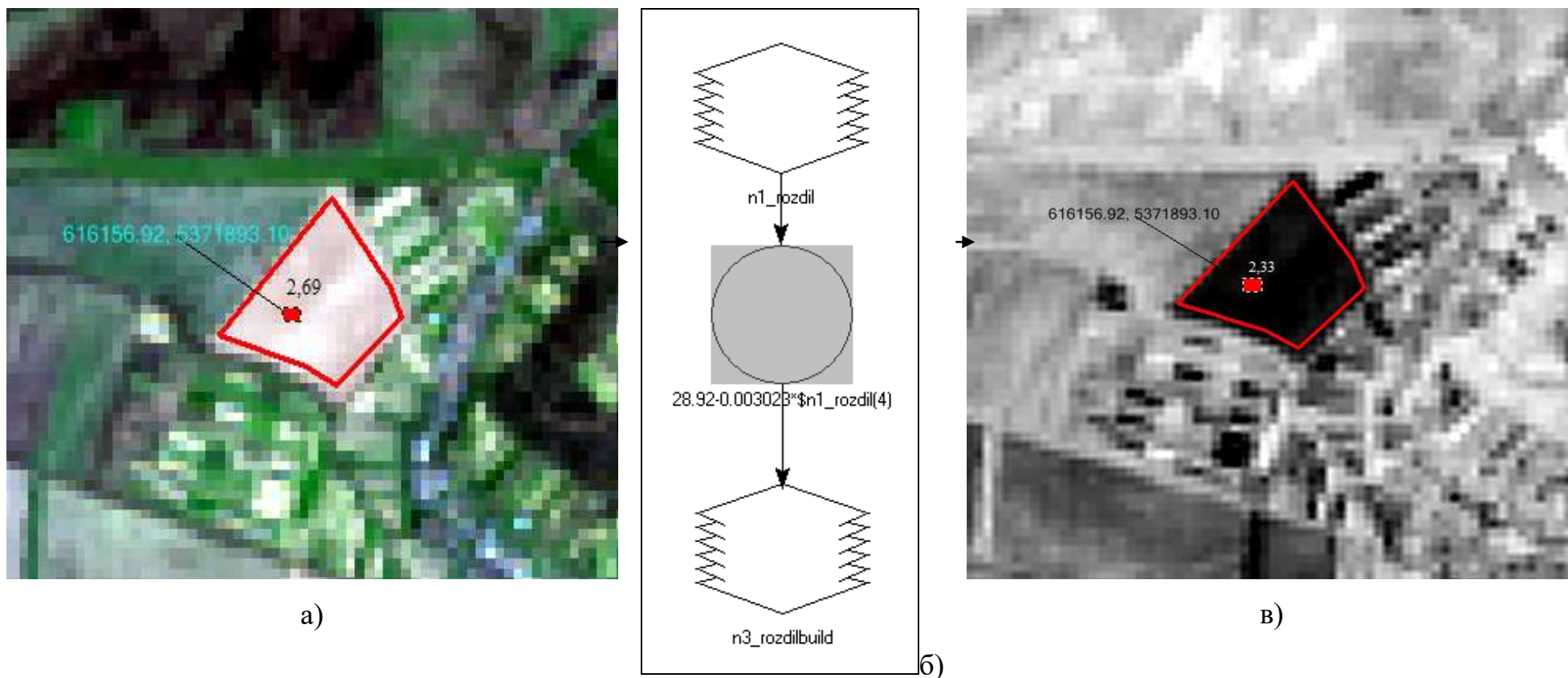


Рис. 3.13. Приклад обчислення показника вмісту гумусу для МД Тур'я Ремета: а) фрагмент зображення згідно з координатами з фактичним показником вмісту гумусу  $G_{act} = 2,69$ ; б) загальна схема в Model maker; в) зображення з обчисленим показником вмісту гумусу  $G_{pn} = 2,33$ . Знімок за 24.03.2013, Landsat 8 OLI

Таблиця 3.12

**Коефіцієнти кореляції (R) між фактичним показником вмісту гумусу в ґрунті та спектральними яскравостями пікселів, довірчі інтервали ( $r_1, r_2$ ), значимість коефіцієнта кореляції (t) та середнє квадратичне ( $\sigma$ ) відхилення Gact від Grp згідно з датою дослідження**

Дата	Blue				Green				Red			
	R	r1, r2	t (20;0,05)	$\sigma$	R	r1, r2	t (20;0,05)	$\sigma$	R	r1, r2	t (20;0,05)	$\sigma$
20.03.10	-0,62	-0,83;-0,27	3,54 >2,00	1,61	-0,61	-0,82;-0,25	3,44 >2,00	1,65	-0,63	-0,83;-0,29	3,67 >2,00	1,55
04.10.10	-0,55	-0,79;-0,16	2,92 >2,00	1,93	-0,72	-0,88;-0,43	4,65 >2,00	1,21	-0,81	-0,92;-0,60	6,96 >2,00	0,90
12.10.10	-0,53	-0,78;-0,14	2,79 >2,00	2,03	-0,62	-0,83;-0,27	3,57 >2,00	1,59	-0,81	-0,92;-0,59	6,21 >2,00	0,91
21.11.10	-0,56	-0,79;-0,18	3,01 >2,00	1,88	-0,56	-0,79;-0,18	3,03 >2,00	1,87	-0,73	-0,88;-0,45	4,85 >2,00	1,17
21.03.11	-0,05	-0,46;0,38	0,20 <2,00	26,32	-0,21	-0,58;0,23	0,95 <2,00	5,64	-0,52	-0,77;-0,13	2,73 >2,00	1,96
21.09.11	-0,68	-0,86;-0,37	4,19 >2,00	1,28	-0,72	-0,88;-0,43	4,66 >2,00	1,15	-0,72	-0,88;-0,43	4,67 >2,00	1,15
07.10.11	-0,62	-0,82;-0,26	3,50 >2,00	1,53	-0,44	-0,73;-0,02	2,20 >2,00	2,44	-0,76	-0,90;-0,51	5,30 >2,00	1,01
08.11.11	-0,70	-0,87;-0,40	4,40 >2,00	1,22	-0,57	-0,80;-0,20	3,13 >2,00	1,72	-0,86	-0,94;-0,68	7,39 >2,00	0,73
23.03.12	-0,33	-0,66;0,10	2,53 >2,00	3,27	-0,39	-0,70;0,04	1,05 <2,00	2,72	-0,45	-0,73;-0,04	0,26 <2,00	2,26
18.11.12	-0,14	-0,53;0,30	0,64 <2,00	8,02	-0,20	-0,58;0,24	0,93 <2,00	5,52	-0,29	-0,64;0,15	1,37 <2,00	3,77
08.03.13	-0,56	-0,70;-0,38	3,04 >2,00	1,26	-0,57	-0,71;-0,39	3,11 >2,00	1,23	-0,78	-0,86;-0,68	5,66 >2,00	0,68
24.03.13	-0,65	-0,76;-0,50	3,83 >2,00	1,00	-0,63	-0,75;-0,46	3,59 >2,00	1,07	-0,72	-0,81;-0,58	4,28 >2,00	0,84
09.04.13	-0,36	-0,54;-0,15	1,73 >2,00	2,21	-0,48	-0,64;-0,28	2,43 >2,00	1,58	-0,70	-0,80;-0,56	4,34 >2,00	0,88
02.10.13	-0,63	-0,75;-0,48	3,67 >2,00	1,05	-0,49	-0,64;-0,29	2,51 >2,00	1,53	-0,68	-0,78;-0,53	4,12 >2,00	0,93
03.11.13	-0,65	-0,76;-0,50	3,83 >2,00	1,00	-0,69	-0,79;-0,54	4,21 >2,00	0,91	-0,74	-0,83;-0,62	4,95 >2,00	0,78

Закінчення таблиці 3.12

Дата	NIR				SWIR1				SWIR2			
	R	r1, r2	t (20;0,05)	$\sigma$	R	r1, r2	t (20;0,05)	$\sigma$	R	r1, r2	t (20;0,05)	$\sigma$
20.03.10	-0,29	-0,63; 0,15	1,34 <2,00	4,19	-0,07	-0,48;0,36	0,34 <2,00	16,8	+0,18	-0,26;0,56	0,84 <2,00	6,76
04.10.10	-0,70	-0,87;-0,40	4,43 >2,00	1,27	-0,32	-0,65;0,12	1,50 <2,00	3,76	-0,30	-0,64;0,14	1,42 <2,00	3,97
12.10.10	-0,53	-0,78;-0,13	2,76 >2,00	2,05	-0,03	-0,45;0,40	0,13 <2,0	42,2	-0,13	-0,53;0,30	0,61 <2,00	9,36
21.11.10	-0,66	-0,85;-0,34	3,98 >2,00	1,43	-0,13	-0,52;0,31	0,59 <2,00	9,62	-0,02	-0,44;0,40	0,10 <2,00	59,3
21.03.11	+0,01	-0,41;0,43	0,06 <2,00	93,9	-0,19	-0,57;0,25	0,87 <2,00	6,15	-0,15	-0,54;0,29	0,69 <2,00	7,82
21.09.11	-0,44	-0,73;-0,02	2,18 >2,00	2,46	-0,17	-0,55;0,27	0,78 <2,00	6,86	-0,06	-0,37;0,47	0,26 <2,00	20,6
07.10.11	-0,14	-0,53;0,30	0,63 <2,00	8,52	-0,07	-0,48;0,36	0,30 <2,00	17,6	-0,16	-0,55;0,28	0,74 <2,00	7,20
08.11.11	-0,35	-0,68;0,08	1,70 <2,00	3,16	-0,34	-0,66;0,10	1,60 <2,00	3,35	+0,06	-0,37;0,47	0,26 <2,00	20,4
23.03.12	-0,33	-0,66;0,11	1,45 <2,00	3,33	-0,19	-0,56;0,26	0,19 <2,00	6,06	-0,44	-0,72;-0,02	1,29 >2,00	2,37
18.11.12	-0,24	-0,60;0,20	1,12 <2,00	4,60	-0,26	-0,61;0,18	1,20 <2,00	4,28	-0,25	-0,61;0,19	1,16 <2,00	4,44
08.03.13	-0,36	-0,54;-0,15	1,74 <2,00	2,20	-0,17	-0,39;0,06	0,79 <2,00	4,87	0,01	-0,22;0,24	0,05 <2,00	81,91
24.03.13	-0,28	-0,47;-0,05	1,28 <2,00	2,99	-0,06	-0,28;0,17	0,25 <2,00	15,12	-0,32	-0,51;-0,10	1,50 <2,00	2,56
09.04.13	-0,57	-0,71;-0,40	3,13 >2,00	1,23	-0,38	-0,56;-0,17	1,83 <2,00	2,09	-0,50	-0,65;-0,30	2,56 >2,00	1,50
02.10.13	-0,24	-0,44;-0,01	1,10 <2,00	3,48	-0,32	-0,51;-0,10	1,50 <2,00	2,56	-0,44	-0,60;-0,23	2,16 >2,00	1,77
03.11.13	-0,32	-0,51;-0,10	1,53 <2,00	2,51	+0,02	-0,21;0,24	0,07 <2,00	52,45	-0,07	-0,29;0,16	0,33 <2,00	17,75



За результатами проведеного статистичного лінійного зв'язку між спектральними яскравостями пікселів на ділянках дослідження та відповідними показниками вмісту гумусу в ґрунті встановлено, що найтісніша обернена лінійна залежність спостерігається у червоному (Red) спектральному каналі видимого діапазону з такими отриманими у результаті математичної обробки усередненими по вибірці показниками: коефіцієнт кореляції  $R = -0,65$ , довірчі інтервали  $r_1 = -0,85$ ;  $r_2 = -0,34$ , значимість коефіцієнта кореляції  $t = |4,13| > 2,00_{73;0,05}$ , при довірчій ймовірності  $p = 0,95$  та рівні значимості  $\alpha = 0,05$ , середнє квадратичне відхилення розрахункового показника вмісту гумусу ( $G_{pn}$ ) від фактичного ( $G_{act}$ )  $\sigma = 1,53$ . Лінійна залежність виявлена між даними у голубому (Blue):  $R = -0,51$ ,  $r_1 = -0,77$ ;  $r_2 = -0,14$ ,  $t = |2,93| > 2,00_{73;0,05}$ ,  $\sigma = 3,89$  та зеленому (Green):  $R = -0,51$ ,  $r_1 = -0,77$ ;  $r_2 = -0,14$ ,  $t = |2,83| > 2,00_{73;0,05}$ ,  $\sigma = 2,49$  при  $p = 0,95$  та  $\alpha = 0,05$  спектральних каналах. Щодо інфрачервоного діапазону, який включає три спектральні канали, такі як ближній інфрачервоний (NIR):  $R = -0,29$ ,  $r_1 = -0,63$ ;  $r_2 = 0,15$ ,  $t = |1,72| < 2,00_{73;0,05}$ ,  $\sigma = 9,75$  та два короткохвильових інфрачервоних канали (SWIR 1):  $R = -0,18$ ,  $r_1 = -0,56$ ;  $r_2 = 0,26$ ,  $t = |0,89| < 2,00_{73;0,05}$ ,  $\sigma = 11,99$  та (SWIR 2):  $R = -0,19$ ,  $r_1 = -0,57$ ;  $r_2 = 0,25$ ,  $t = |1,05| < 2,00_{73;0,05}$ ,  $\sigma = 10,89$  при  $p = 0,95$  та  $\alpha = 0,05$  то в цих каналах залежність є слабкою, про що свідчать обчислені показники (табл. 3.12).

Для удосконалення підходу до визначення кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті за даними спектрофотометрії ландшафтних зон було застосовано нові моделі залежності вмісту гумусу від яскравостей каналів та спектральних індексів видимого та інфрачервоного діапазону електромагнітного випромінювання (додаток В). Основним критерієм оцінки точності виступало середнє квадратичне відхилення (3.24) обчисленого показника вмісту гумусу ( $G_{pn}$ ) від фактичного ( $G_{act}$ ), перевірка значимості кореляції між ними здійснювалась на рівні значимості  $\alpha = 0,05$  ( $p = 0,95$ ).

Було перевірено 13 різних нових моделей залежності вмісту гумусу від яскравостей каналів та спектральних індексів:

1.  $G_{pn} = a \frac{Blue}{Re d} + b \frac{NIR}{Re d} + c \frac{SWIR1}{Re d} + d \frac{SWIR2}{Re d} + u;$
2.  $G_{pn} = a \frac{Green}{Re d} + b \frac{NIR}{Re d} + c;$
3.  $G_{pn} = a Re d + b \frac{Green}{Re d} + c;$
4.  $G_{pn} = a Re d + b \frac{Green}{Re d} + c \frac{NIR}{Re d} + d;$
5.  $G_{pn} = a \frac{Green}{Re d} + b \frac{Green}{Blue} + c;$
6.  $G_{pn} = G_0 Blue^a Green^b Re d^c NIR^d SWIR1^u SWIR2^f;$
7.  $G_{pn} = G_0 Green^a Re d^b;$
8.  $G_{pn} = a \frac{Green}{Re d} + b;$
9.  $G_{pn} = a \frac{Blue}{Green} + b;$
10.  $G_{pn} = a \frac{Blue}{Re d} + b;$
11.  $G_{pn} = a \frac{NIR}{Re d} + b;$
12.  $G_{pn} = a \frac{SWIR1}{Re d} + b;$
13.  $G_{pn} = a Green + b NIR + c.$

У результаті математичної обробки показників (додаток В) виявлено, що найкраще використовувати для визначення та оцінки кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті за даними наземних та супутникових досліджень степеневу залежність на основі моделі 6 (рис.3.14), оскільки усереднене по вибірці середнє квадратичне відхилення (3.24) обчисленого показника вмісту гумусу ( $G_{pn}$ ) від фактичного ( $G_{act}$ ) становить  $\sigma = 0,76$ ,

водночас як при застосуванні інших моделей цей показник є більшим (табл.3.13).

Запропонована модель 6 використовує шість спектральних каналів Landsat, але при меншій наявній кількості каналів можливим є застосування інших моделей з найменшими середніми квадратичними відхиленнями. Наприклад, модель 3, що використовує тільки канали Green та Red ( $\sigma=0,80$ ), (рис. 3.15), модель 4, що використовує канали Green, Red та NIR ( $\sigma=0,80$ ), (рис. 3.16) та степеневу модель 7, що базується також на каналах Green та Red ( $\sigma=0,79$ ).

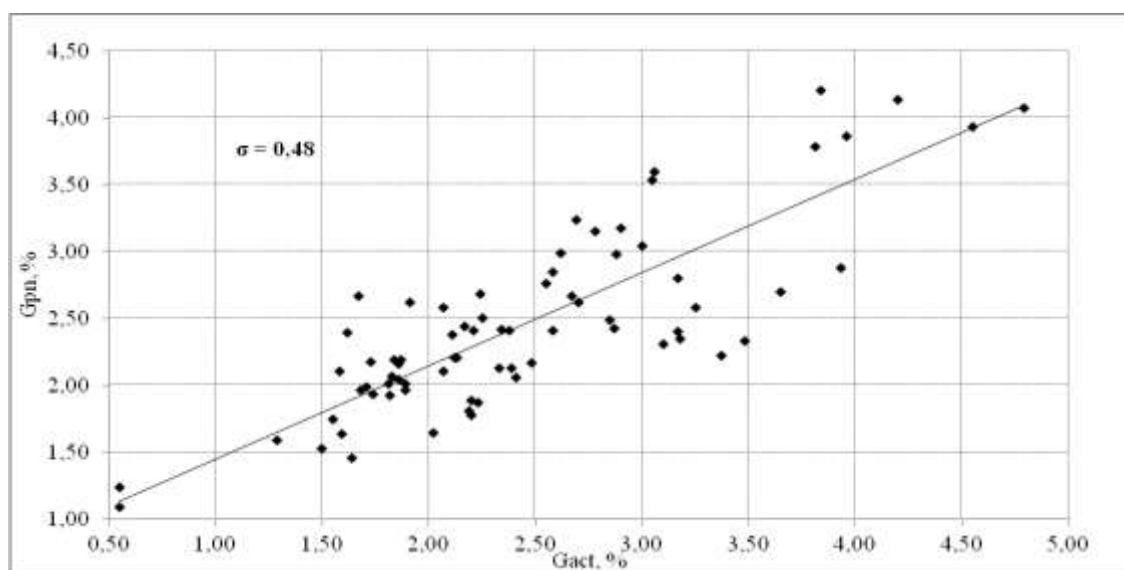


Рис. 3.14. Середнє квадратичне відхилення ( $G_{prn}$ ) від ( $G_{act}$ ). Модель 6

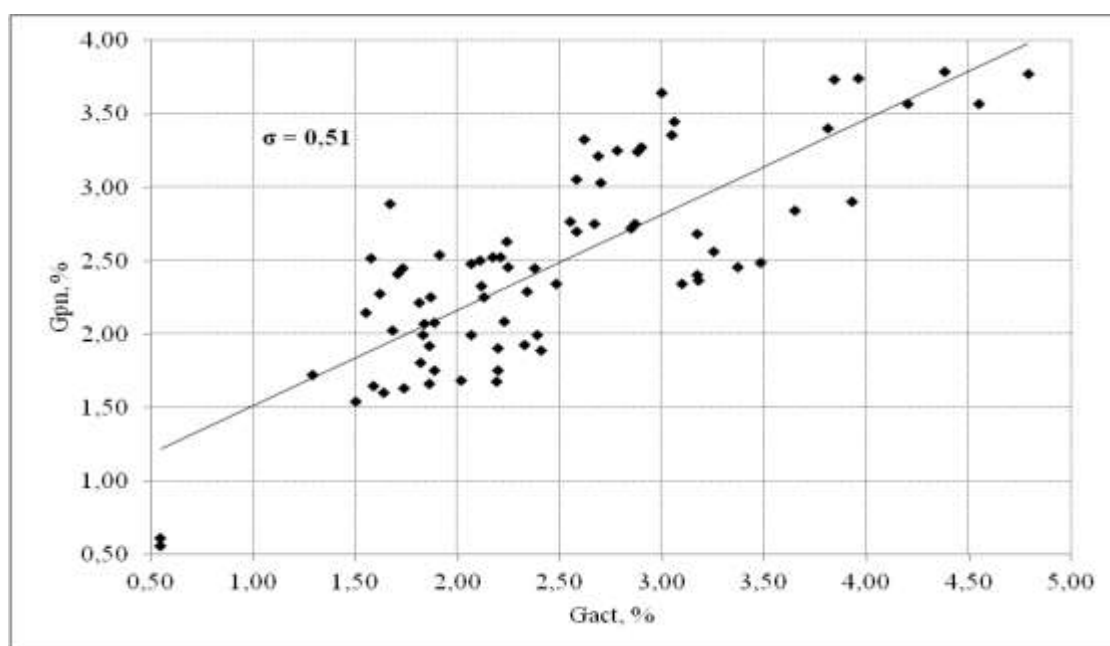


Рис. 3.15. Середнє квадратичне відхилення ( $G_{prn}$ ) від ( $G_{act}$ ). Модель 3

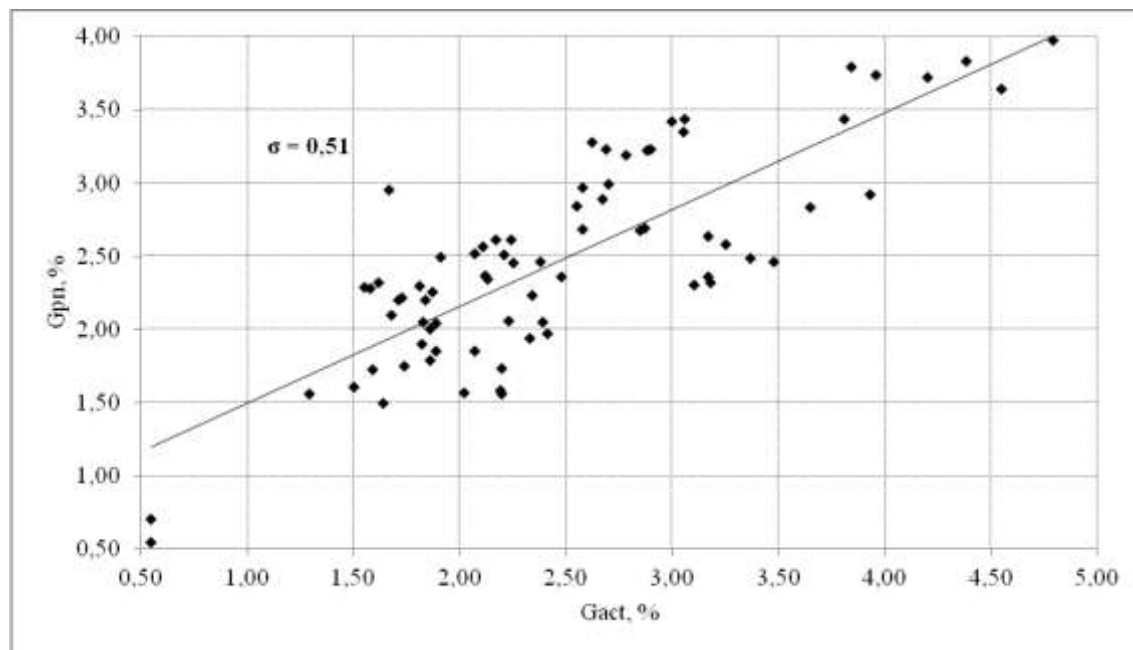


Рис. 3.16. Середнє квадратичне відхилення ( $G_{pn}$ ) від ( $G_{act}$ ). Модель 4

Таблиця 3.13

**Середні квадратичні відхилення  $\sigma$  обчисленого показника вмісту гумусу ( $G_{pn}$ ) від фактичного ( $G_{act}$ ), згідно із запропонованими моделями та датою дослідження**

Номер моделі Дата дослідження	Номер моделі												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20.03.2010	0,85	1,26	0,93	0,94	1,17	0,81	0,92	1,24	1,25	1,21	1,23	1,22	1,02
04.10.2010	0,87	1,15	0,73	0,72	1,01	0,86	0,87	1,12	1,11	1,00	1,25	1,19	0,8
12.10.2010	0,74	1,15	0,75	0,77	1,03	0,71	0,83	1,14	1,15	1,01	1,21	0,81	0,95
21.11.2010	1,07	1,15	0,86	0,88	1,12	0,81	0,89	1,13	1,27	1,14	1,25	1,13	0,90
21.03.2011	1,00	1,02	0,99	0,98	1,09	1,03	0,77	1,07	1,19	1,13	1,09	1,20	1,20
21.09.2011	0,91	1,11	0,82	0,83	1,15	0,80	0,78	1,20	1,18	1,18	1,12	0,95	0,84
07.10.2011	0,88	0,99	0,79	0,80	0,92	0,78	0,87	1,03	1,20	0,98	1,00	1,05	1,09
08.11.2011	0,67	0,87	0,63	0,65	0,67	0,56	0,64	0,97	1,20	1,04	0,97	1,00	0,98
23.03.2012	1,06	1,17	1,05	1,08	0,85	0,99	1,17	1,14	1,06	1,03	1,15	1,14	1,07
18.11.2012	1,19	1,18	1,13	1,15	0,95	1,16	0,78	1,15	1,12	1,11	1,15	1,15	1,14
08.03.2013	0,48	0,62	0,51	0,51	0,48	0,48	0,51	0,72	0,75	0,49	0,63	0,70	0,71
24.03.2013	0,60	0,72	0,60	0,59	0,68	0,51	0,61	0,82	0,78	0,69	0,71	0,66	0,67
09.04.2013	0,65	0,71	0,60	0,58	0,64	0,53	0,58	0,74	0,80	0,64	0,74	0,77	0,70
02.10.2013	0,49	0,69	0,64	0,62	0,78	0,59	0,65	0,78	0,86	0,79	0,71	0,84	0,75
03.11.2013	0,63	0,62	1,12	0,55	0,75	0,50	0,57	0,75	0,84	0,77	0,67	0,67	0,62
Середнє $\sigma$	0,82	1,00	0,80	0,80	0,91	0,76	0,79	1,03	1,08	0,98	1,03	1,00	0,92

Для подальшого удосконалення підходу запропоновані моделі було класифіковано згідно із фізичними законами, таким чином, щоб перевірити гіпотезу, що на спектральну яскравість ґрунту впливає як наявність рослинності, що визначається на основі вегетаційного індексу  $NDVI$  (проте у даному дослідженні використовувалось просте відношення яскравостей  $NIR/Red$ ), так і наявність зайвої вологості, яка визначається на основі спектральних індексів із використанням співвідношення ближнього та короткохвильового інфрачервоного каналу, зеленого та ближнього інфрачервоного каналу, а також зеленого та першого короткохвильового інфрачервоного каналу. У результаті встановлення того факту, що найтісніше вміст гумусу корелює з інтенсивністю відбитого та поглинутого випромінювання у червоній та інфрачервоній зоні, було враховано ці два канали у загальну модель, яка слідує із моделей 1-5, 8-13 [53].

Таким чином загальна модель набуває виду:

$$a. G_{pn} = a \text{Re } d + bNIR + c \frac{NIR}{\text{Re } d} + d \frac{Green}{NIR} + u \frac{Green}{SWIR1} + f \frac{NIR}{SWIR1} + g. \quad (3.25)$$

У вигляді загальної початкової степеневі моделі, яка описує спектральні особливості, що пов'язані з відомими та невідомими фізичними властивостями, які впливають на спектральну яскравість ґрунту було розглянуто запропоновану модель (6).

Далі для визначення адекватності моделей лінійних комбінацій яскравостей та спектральних індексів, а також степеневих моделей було розглянуто їх спрощені часткові випадки, коли частина коефіцієнтів дорівнює нулю. Основними критеріями вибору оптимальної моделі виступають середнє квадратичне відхилення обчисленого показника вмісту гумусу ( $G_{pn}$ ) від фактичного ( $G_{act}$ ), а також критерій Фішера (F-критерій). Останній використовується для порівняння двох моделей, одна з яких є частковим випадком другої. Для цього розраховується F-статистика [53]:

$$F = \frac{(RSS_1 - RSS_2)/(m_2 - m_1)}{RSS_2/(N - m_2)} \quad (3.26)$$

де модель 1 – спрощена, 2 – повна,  $RSS$  – залишкова сума квадратів,  $m$  – кількість параметрів, що підбираються у моделі,  $N$  – кількість вимірювань. Далі, за допомогою функції FРАСП (Microsoft Excel) обчислюється р-значення. Якщо р-значення менше за рівень значущості  $\alpha = 0.3\%$  (рівень  $3\sigma$  для нормального розподілу), нульова гіпотеза (про рівність коефіцієнтів нулю) відхиляється, і ці коефіцієнти вважаються значущими. Якщо  $p > \alpha$ , то нульова гіпотеза приймається і оптимальною моделлю далі вважається спрощена модель. Таким чином йде максимальне спрощення моделі, поки в ній не залишаться тільки значущі параметри.

Модель 14 було перевірено в декількох спрощеннях, щоб визначити наскільки значущий той чи інший параметр моделі (табл.3.14.). Величини р-значення отримано шляхом порівняння моделі з тією моделлю, з якої вона була безпосередньо отримана спрощенням (за лініями на рис. 3.17).

Таблиця 3.14.

**Визначення адекватності моделей лінійних комбінацій  
яскравостей та спектральних індексів**

№	Модель	$\sigma, \%$	$N - m$	р-значення, %
a.2.1	$G_{pn} = a \text{Re } d + b \text{NIR} + c \frac{\text{NIR}}{\text{Re } d} + d \frac{\text{Green}}{\text{NIR}} + u \frac{\text{Green}}{\text{SWIR1}} + f \frac{\text{NIR}}{\text{SWIR1}} + g$	0,468	68	-
a.2.2	$G_{pn} = a \text{Re } d + b \frac{\text{Green}}{\text{NIR}} + c \frac{\text{NIR}}{\text{Re } d} + d \frac{\text{NIR}}{\text{SWIR}} + u \frac{\text{Green}}{\text{SWIR}} + f$	0,483	69	2,202
a.2.3	$G_{pn} = a \text{Re } d + b \text{NIR} + c \frac{\text{Green}}{\text{NIR}} + d \frac{\text{NIR}}{\text{SWIR}} + u \frac{\text{Green}}{\text{SWIR}} + f$	0,503	69	<b>0,106</b>
a.2.4	$G_{pn} = a \text{NIR} + b \frac{\text{Green}}{\text{NIR}} + c \frac{\text{NIR}}{\text{Re } d} + d \frac{\text{NIR}}{\text{SWIR}} + u \frac{\text{Green}}{\text{SWIR}} + f$	0,470	69	21,150
a.2.5	$G_{pn} = a \text{Re } d + b \text{NIR} + c \frac{\text{NIR}}{\text{Re } d} + d \frac{\text{Green}}{\text{SWIR1}} + u \frac{\text{NIR}}{\text{SWIR1}} + f$	0,470	69	21,150

a.2.6	$G_{pn} = a \operatorname{Re} d + b \operatorname{NIR} + c \frac{\operatorname{NIR}}{\operatorname{Re} d} + d \frac{\operatorname{Green}}{\operatorname{SWIR1}} + u$	0,486	70	2,867
a.2.7	$G_{pn} = a \operatorname{Re} d + b \operatorname{NIR} + c \frac{\operatorname{NIR}}{\operatorname{Re} d} + d \frac{\operatorname{Green}}{\operatorname{NIR}} + u \frac{\operatorname{NIR}}{\operatorname{SWIR1}} + f$	0,468	69	32,086
a.2.8	$G_{pn} = a \frac{\operatorname{NIR}}{\operatorname{Re} d} + b \frac{\operatorname{Green}}{\operatorname{NIR}} + c \frac{\operatorname{Green}}{\operatorname{SWIR1}} + d \frac{\operatorname{NIR}}{\operatorname{SWIR1}} + u$	0,566	70	<b>0,001</b>
a.2.9	$G_{pn} = a \operatorname{Re} d + b \frac{\operatorname{Green}}{\operatorname{NIR}} + c \frac{\operatorname{Green}}{\operatorname{SWIR1}} + d \frac{\operatorname{NIR}}{\operatorname{SWIR1}} + u$	0,526	70	<b>0,014</b>
a.2.10	$G_{pn} = a \operatorname{Re} d + b \operatorname{NIR} + c \frac{\operatorname{NIR}}{\operatorname{Re} d} + d$	0,493	71	8,463
a.2.11	$G_{pn} = a \operatorname{NIR} + b \frac{\operatorname{NIR}}{\operatorname{Re} d} + c$	0,496	72	17,478
a.2.12	$G_{pn} = a \operatorname{Re} d + b \frac{\operatorname{NIR}}{\operatorname{Re} d} + c$	0,512	72	1,195
a.2.13	$G_{pn} = a \operatorname{Re} d + b \operatorname{NIR} + c$	0,524	72	<b>0,196</b>

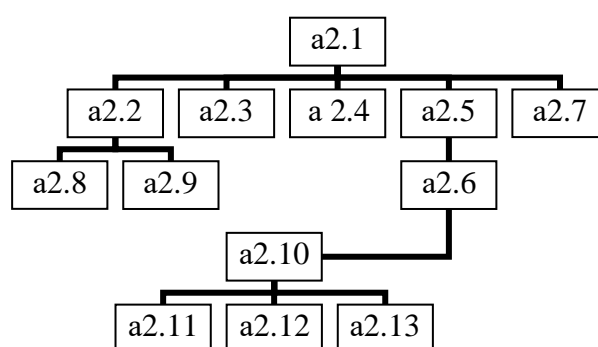


Рис. 3.17. Схема послідовності спрощення формул, а2.1-а2.13 – номер моделі.

У результаті виявлено, що у процесі спрощення моделі а.2.2. до моделі а.2.8., вилучення червоного та ближнього інфрачервоного каналів є значимим ( $p = 0.001\%$ ). Аналогічно у моделі а.2.9., вилучення спектрального індексу з відношенням ближнього інфрачервоного каналу до червоного є значимим

( $p = 0.014\%$ ). Така тенденція для цього спектрального індексу прослідковується і в процесі спрощення моделі а.2.1 до моделі а.2.3. ( $p = 0.106\%$ ) та моделі а.2.10. до моделі а.2.13. ( $p = 0.196\%$ ). Таким чином, можна стверджувати, що значущими показниками у даній моделі є:

- 1) одна зі спектральних яскравостей (*Red* або *NIR*);
- 2) спектральний індекс *NIR/Red*.

Оптимальними моделями можна назвати моделі а.2.11. та а.2.12. При цьому модель а.2.11., яка використовує інфрачервоний канал, має більше значення  $p$ , і тому будемо вважати її найкращою. Цікаво, що при застосуванні цього каналу у встановленні звичайних лінійних залежностей, середній коефіцієнт кореляції становить всього лише  $R - 0,36$ , це пояснюється можливою зашумленістю цього каналу за рахунок впливу рослинності. У той же час використання у моделі а.2.11. спектрального індексу *NIR/Red* робить корегування за рослинність, що приводить до значного зменшення середнього квадратичного відхилення. (рис. 18):

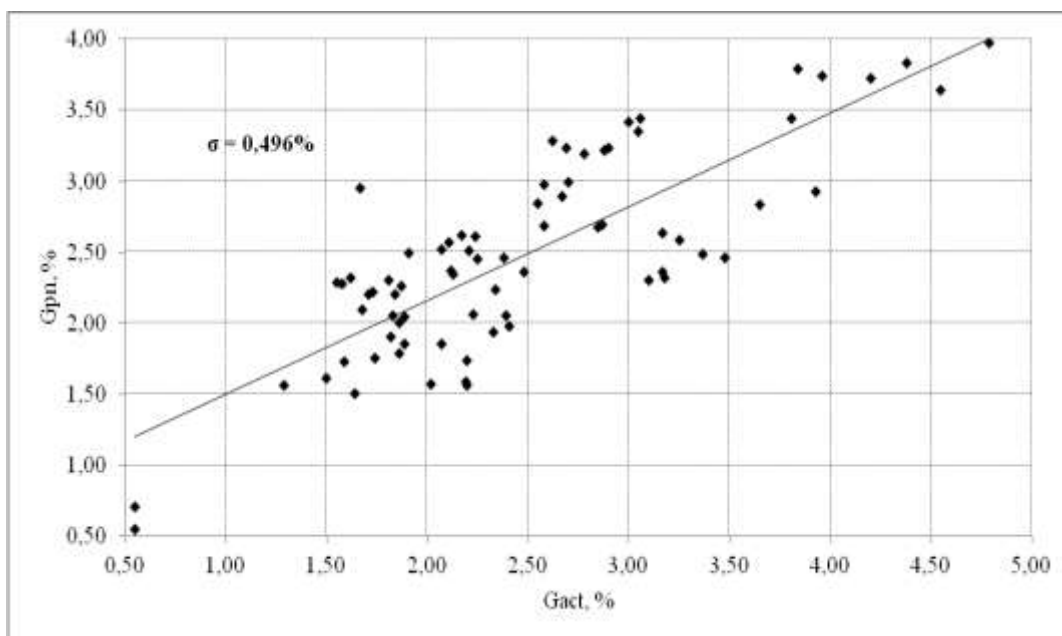


Рис. 3.18. Середнє квадратичне відхилення ( $G_{pn}$ ) від ( $G_{act}$ ). Модель а.2.11.



При дослідженні степеневих моделей (модель 6 далі позначено як а.3.1) для визначення та оцінювання кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті за даними дистанційного зондування Землі та наземними дослідженнями отримано такі результати (табл.3.15, рис.3.19):

Таблиця 3.15

**Визначення адекватності степеневих моделей**

№	Модель	$\sigma, \%$	$N - m$	р-значення, %
а.3.1	$G_{pn} = G_0 \text{Blue}^a \text{Green}^b \text{Red}^c \text{NIR}^d \text{SWIR1}^u \text{SWIR2}^f$	0,465	68	-
а.3.2	$G_{pn} = G_0 \text{Blue}^a \text{Green}^b \text{Re} d^c \text{NIR}^d$	0,469	70	4,536
а.3.3	$G_{pn} = G_0 \text{Green}^a \text{Re} d^b \text{NIR}^c$	0,495	71	3,774
а.3.4	$G_{pn} = G_0 \text{Green}^a \text{Red}^b$	0,508	72	1,538
а.3.5	$G_{pn} = G_0 \text{Green}^a \text{NIR}^b$	0,710	72	<b>0,001</b>
а.3.6	$G_{pn} = G_0 \text{Re} d^a \text{NIR}^b$	0,508	72	1,538
а.3.7	$G_{pn} = G_0 \text{Re} d^a$	0,541	73	4,536

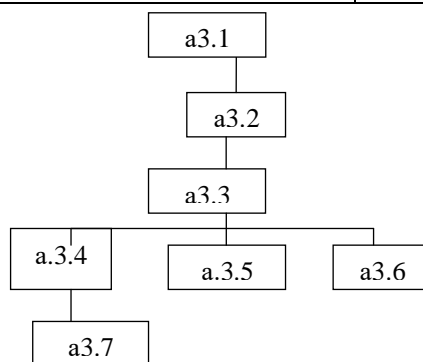


Рис. 3.19. Схема послідовності спрощення формул, а.3.1-а.3.7 – номер моделі.

Виявлено, що найкраще застосовувати для визначення та оцінювання кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті, степеневу модель а.3.7., яка використовує яскравість у червоному спектральному каналі.

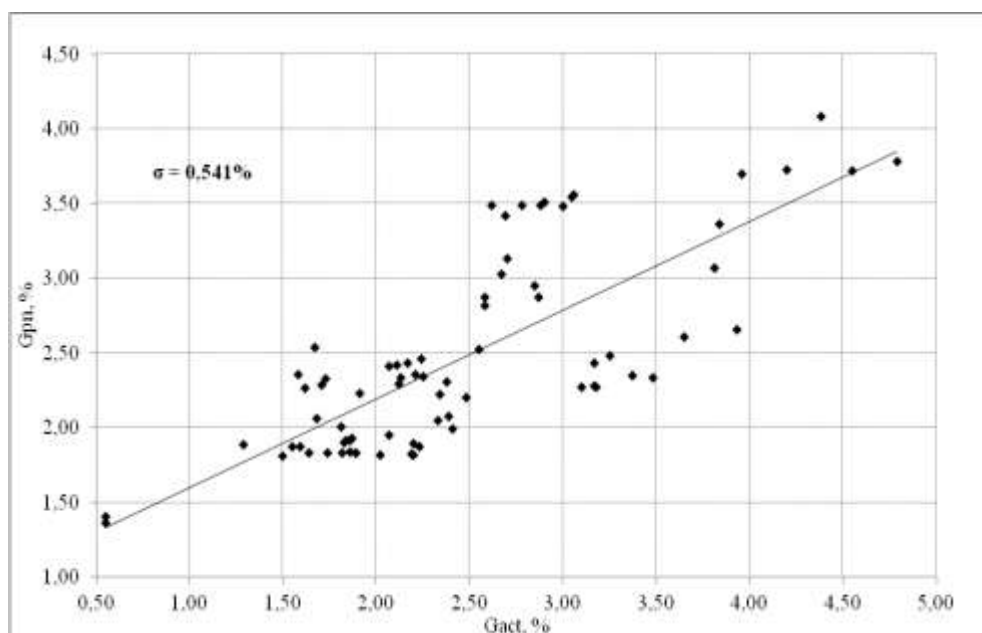


Рис. 3.20. Середнє квадратичне відхилення ( $G_{pn}$ ) від ( $G_{act}$ ).

Модель а.3.7.

Проаналізувавши усі моделі є доцільним знаходження найоптимальнішої шляхом порівняння усереднених середніх квадратичних відхилень  $\sigma$  запропонованих моделей. Отже, усереднене середнє квадратичне відхилення обчисленого показника вмісту гумусу ( $G_{pn}$ ) від фактичного ( $G_{act}$ ) згідно моделі, що обчислюється згідно формули 3.21 на сторінці 141 з використанням червоного каналу становить  $\sigma = 1,531\%$ , з використанням ближнього інфрачервоного каналу  $\sigma = 9,752\%$ , згідно моделі а.2.11  $\sigma = 0,496\%$ , згідно степеневій моделі а.3.7  $\sigma = 0,541\%$ . Це свідчить про ефективність застосування запропонованих моделей згідно другого та третього підходів запропонованої методики.

Таким чином, вперше, для визначення та оцінювання кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті на землях сільськогосподарського призначення різних ландшафтних зон Закарпаття, застосовано методику, що складається з трьох різних підходів, що базуються на застосуванні даних дистанційного зондування Землі та наземних досліджень. Виявлено, що найкраще використовувати моделі, що побудовані на застосуванні даних спектральної енергетичної яскравості у червоному та інфрачервоному

діапазонах спектру, а середнє квадратичне відхилення обчисленого показника вмісту гумусу від фактичного є в цих моделях мінімальним.

Такий підхід дає змогу оперативно та достовірно отримувати інформацію про кількісні показники вмісту гумусу в ґрунті для прийняття раціональних управлінських рішень щодо застосування доцільних агротехнічних заходів для запобігання зниження родючості ґрунтів відповідно до різних ландшафтних зон Закарпаття.

### **Висновки до розділу 3**

1. Застосовано та удосконалено методичні підходи до ідентифікації типів ґрунтів на основі обробки космічних зображень та проведення математичних обчислень за даними спектральних каналів. На відміну від багатьох інших способів автоматизованого дешифрування ґрунтового покриву, використання ґрунтових індексів дозволяє поєднати процеси контурного і генетичного дешифрування. Особливу цінність становить те, що під час розрахунку індексів отримуємо градієнтне зображення. По ньому можна як проводити чіткі межі ґрунтових типів, так і визначати ймовірність приналежності того чи іншого пікселя зображення певному ґрунту. Важливою перевагою ґрунтових індексів є те, що вони є кількісними показниками, тому на їх основі можна провести стандартизацію автоматизованого дешифрування ґрунтового покриву.

2. Удосконалено процеси визначення гранулометричного складу ґрунту на основі спектральних яскравостей космічних зображень. Незважаючи на високу детальність результатів застосування неконтрольованої класифікації, кращим є застосування кількісного оцінювання, що ґрунтується на побудові лінійних регресійних залежностей між яскравістю каналів та відсотковим показником гранулометричних фракцій. При виділенні 5 градацій типів ґрунтів за гранулометричним складом точність визначення шляхом розрахунку по знімку становить 87 %, а точність неконтрольованої

класифікації – 79 %. Це свідчить про можливість використання спектральних яскравостей космічних знімків для визначення ґрунту за гранулометричним складом.

3. Удосконалено процес визначення та оцінювання показника вологості ґрунту на основі обробки космічних зображень, математичних обчислень даних спектральних яскравостей каналів та наземних досліджень. Застосовано та проаналізовано різні види індексів, що включають видимий та інфрачервоний діапазон. Запропоновано нормалізований водний індекс  $NWI$ , що розраховується за даними мультиспектральної космічної зйомки на основі нормованої різниці спектрального відбиття в короткохвильовій інфрачервоній смузі спектра  $Swir\ 1$  (1560–1650 мкм) та  $Swir\ 2$  (2,100–2,300 мкм) та встановлено лінійну регресійну залежність між відсотковим вмістом природної вологи в ґрунті та  $NWI_{swir1-swir2}$ . Показано ефективність його використання для оцінки зволоженості земного покриття при вирішенні агротехнічних проблем у Закарпатській області.

4. У результаті застосування запропонованої методики щодо визначення та оцінювання кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті за даними дистанційного зондування Землі та наземних досліджень зроблено такі висновки: підтверджено, що існує обернена лінійна залежність між фактичним показником вмісту гумусу в ґрунті та спектральною яскравістю ґрунту, що відображається на космічних знімках, застосовуючи запропоновану методику, визначено кількісні показники вмісту гумусу в ґрунті на основі статистичних лінійних регресійних залежностей між фактичними показниками вмісту гумусу та даними яскравостей вибраних спектральних каналів, запропоновано нові моделі залежності вмісту гумусу від яскравостей каналів та спектральних індексів видимого та інфрачервоного діапазону електромагнітного випромінювання, виявлено, що червоний та ближній інфрачервоний канали є значущими, запропоновано для визначення та оцінювання показників вмісту гумусу модель, що використовує ближній інфрачервоний канал та спектральний індекс  $NIR/Red$ .

Під час дослідження степеневих моделей встановлено, що найкраще застосовувати модель, яка використовує червоний спектральний канал. Знайдено найоптимальнішу модель а.2.11. шляхом порівняння середніх квадратичних відхилень запропонованих моделей.

### Список використаних джерел до розділу 3

1. Аковецкий В. И. Дешифрирование снимков / В. И. Аковецкий. - М.: Недра, 1983. – 375 с.
2. Андроников В. Л. Аэрокосмические методы изучения почв / В. Л. Андроников // М.: Колос, 1979. – 280 с.
3. Ачасов В. А. Использование материалов космической и наземной цифровой фотосъемок для определения содержания гумуса в почвах / В. А. Ачасов, Д. И. Бидолах // Почвоведение. – 2008. – № 3. – С. 280–286.
4. Бабков В. Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов / В. Ф. Бабков // М.: Высшая школа, 1964. – 567 с.
5. Бубнова Т. В. Влияние гумуса на отражательную способность почв / Т. В. Бубнова // Почва – удобрение – плодородие: Мат. междунар. науч.-производств. Конф. - Минск, 1999. - С. 8-10.
6. Бурштинська Х. В. Врахування впливу атмосфери під час опрацювання космічних зображень / Х. В. Бурштинська, І. В. Долинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання. — 2012. — Вип. 76. — С. 70-73.
7. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг гумусного состояния почв / Б. В. Виноградов // Почвоведение. - 1988. - № 4. - С. 38 - 48.
8. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг динамики почвенного покрова / Б. В. Виноградов // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М., 1990. - 247 с.
9. Галян В. Г. Грунти Закарпатської області / В. Г. Галян. – Ужгород: Вид-во «Карпати», 1969. – 72 с.

10. Гебрин Л. В. Застосування даних дистанційних аерокосмічних методів для узагальненої оцінки стану ґрунтів регіону / Л. В. Гебрин, О. І. Сахацький // Геоінформатика, 2015. – Вип. № 3 (55). – С. 68-76.

11. Гебрин Л. В. Информационное обеспечение мониторинга состояния почв на основании мультиспектральных данных / Л. В. Гебрин, В. И. Зацерковный // Информатизация и связь. – 2016. – Вып. № 1. – С. 62 – 68.

12. Гебрин Л. В. Атмосферна корекція космічних знімків для підвищення точності інформації / Л. В. Гебрин // Матер. XV міжнар. наук.- практ. конф. «Політ. Сучасні проблеми науки» 8-9 квітня 2015. – К., 2015. – С. 24–25.

13. Гебрин Л. В. Визначення вмісту гумусу в ґрунтах Закарпатської області за вимірюванням яскравості зображень у червоному та інфрачервоному діапазоні спектра / Л. В. Гебрин, В. М. Гладілін // Містобудування та територіальне планування. – 2015. - Вип. №55. – С. 54 - 60.

14. Гебрин Л. В. Використання даних дистанційного зондування землі та наземних досліджень для оцінювання стану ґрунтового покриву Закарпатської області / Л. В. Гебрин, Ю. Ю Бандурович // Вісник геодезії та картографії. – 2015. – Вип. № 2. – С. 30 - 35.

15. Гебрин Л. В. Використання матеріалів дистанційного зондування та геоінформаційних систем для забезпечення ефективного агрохімічного моніторингу земель / Л. В. Гебрин, О. О. Железняк // Проблеми і перспективи сталого розвитку та просторового планування території: Всеукр. інтернет конф. 18 березня. 2015 р.: матер. конф. – Полтава, 2015. – С. 27-30.

16. Гебрин Л. В. Застосування аерокосмічних методів для вивчення динаміки гумусового шару ґрунтів / Л. В. Гебрин // Матер. XII міжн. наук.-техн. конф. «Авіа - 2015» секція 25 «Дистанційні аерокосмічні дослідження» 28-29 квіт. 2015 р.: матер. конф. – К., 2015. – С. 17-18.

17. Гебрин Л. В. Застосування аерокосмічних методів для моніторингу стану родючості на рівні району / Л. В. Гебрин // Містобудування та територіальне планування. - 2015. - Вип. № 56. – С. 130-137.

18. Гебрин Л. В. Использование методов дистанционного зондирования земель для мониторинга плодородия почв / Л.В. Гебрин // Всеукраїнська науково-практична конференція «Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості» 16–17 вересня 2015 р.: матер. конф. – Одеса, 2015. – С. 18 – 19.

19. Гебрин-Байди Л. В. Використання космічної спектрофотометрії для дистанційного визначення фізико-хімічних властивостей ґрунтів ландшафтних зон Закарпаття / Л. В. Гебрин-Байди, О. О. Железняк, В. Ю. Беленок та ін. // Вісник астрономічної школи. - 2016. – № 2, Т. 12. – С. 57-67.

20. Гебрин-Байди Л. В. Застосування різницевого водних індексів для оцінювання вологості ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення / Л. В. Гебрин-Байди // Матер. XVII міжнар. наук.- практик. конф. «Політ. Сучасні проблеми науки» 6-8 квітня 2017. - К., 2017. – С. 6-7.

21. Гебрин-Байди Л. В. Дешифрування космічних знімків для визначення гранулометричного складу ґрунту / Л. В. Гебрин-Байди // Матер. XVI міжнар. наук.- практик. конф. «Політ. Сучасні проблеми науки» 6-8 квітня 2016, К., 2016. – С. 6 – 7.

22. Гмурман В. Е. Теория вероятности и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высш.шк., 2003. – 479 с.

23. Дейвис Ш. М. Дистанционное зондирование: количественный подход / Ш. М. Дейвис, Д. А. Ландгриб, Т. Л. Филипс и др. Под ред. Ф. Свейна и Ш. Дейвис: Пер. с англ. М.: Недра, 1983, 567 с.

24. Добровольский Г. В. Принципы и задачи почвенного мониторинга / Г. В. Добровольский, Д. С. Орлов, Л. А. Гришина // Почвоведение. – 1983. – № 11. – С. 8 – 16.

25. Доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2014 рік / [Електронний ресурс] // Відомості

Закарпатської обласної державної адміністрації, департаменту екології та природних ресурсів. Режим доступу: <http://ecozakarp.at.gov.ua>.

26. Дробыш С. В. Отражательная способность почв разной степени смывтости / С. В. Дробыш, Т. В. Бубнова, Т. Н. Азаренок // Почвоведение и агрохимия. -2010. - № 1 (44). - С 49 - 57.

27. Звіт про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2013 році; за ред. Ю. Ю. Бандуровича. – Ужгород.: «Карпати», 2014. – 91с.

28. Інтерпретація комбінації каналів даних Landsat 8 OLI [Режим доступу]: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html> (дата звернення: березень 2015 р.) – Назва з екрану.

29. Караванова Е. Н. Оценка содержания гумуса в почвах по их спектральной отражательной способности / Е. Н. Караванова, Д. С. Орлов // Агрохимия. – 1996, - №1. - С. 3 - 9.

30. Карманов И. И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатель их свойств / И. И. Карманов // М.: Колос, 1974. – 351 с.

31. Козодеров В. В. Аэрокосмическое зондирование почвенно-растительного покрова: модели, алгоритмическое и программное обеспечение, наземная валидация / В. В. Козодеров, Е. В. Дмитриев // Исследования Земли из Космоса. - М.:– 2010. – № 1. – С. 69 – 86.

32. Корн Г. О. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. О. Корн, Т. О. Корн. - М.: Высш.шк., 1977. – 831 с.

33. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков / И. А. Лабутина. - М.: Аспект Пресс, 2004 - 184 с.

34. Муратова Н. Р. Опыт оценки весенних запасов почвенной влаги на основе спутниковой информации и наземных обследований / Н. Р. Муратова, А. Г. Терехова // Сб. науч. стат. Всероссийской конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» под ред. О. Ю. Лавровой, Е. А. Лупяна. – М.: Полиграф сервис, 2004. – С. 191-196.



35. Орлов Д. С. Новые проблемы спектральной отражательной способности почв и ландшафтов / Д. С. Орлов // Почвоведение. - 1982. - № 1. - С. 117 - 119.

36. Орлов Д. С. Спектральная отражательная способность почв и их компонентов / Д. С. Орлов, Н. И. Суханова, М. С. Розанова. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001, 175 с.

37. Розанов Б. Г. Генетическая морфология почв. / Б. Г. Розанов. – М.: Изд-ва МГУ. - 1975. – 289 с.

38. Савин И. Ю. Автоматизированная инвентаризация почв на основе материалов дистанционных съемок: возможности и перспективы / И. Ю. Савин // Региональные проблемы экологии, географии и картографии почв. - М.: Изд-во МГУ, 1998. - С. 91 - 101.

39. Савин И. Ю. Дешифрирование почвенного покрова лесостепи Центрально-Черноземного района по среднемасштабным космическим снимкам: автореф. дис.к.г.н. / И. Ю. Савин. – М., 1990. – 27 с.

40. Савин И. Ю. Компьютерная инвентаризация почвенного покрова / И. Ю. Савин // Почвоведение. - 1999. - № 7. - С. 889 – 904.

41. Сахацький О. І. Досвід використання супутникових даних для оцінки стану ґрунтів з метою розв'язання природоресурсних задач / О. І. Сахацький // Доповіді Національної академії наук України. – 2008. – № 3. – С. 109 – 115.

42. Сахацький О. І. Методологія використання матеріалів багатоспектральної космічної зйомки для вирішення гідрогеологічних задач: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. геол. наук: спец. 05.07.12 «Дистанційні аерокосмічні дослідження» / О. І. Сахацький. – К., 2009. – 40 с.

43. Статистична інформація щодо показників природної вологості ґрунтів Лабораторія моніторингу вод та ґрунтів Закарпатської гідрогеолого-меліоративної партії Виноградівського МУВГ.: –Виноградів.: «Карпати», 2014. – 91 с.

44. Трифонова Т. А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях / Т. А. Трифонова,

Н. В. Мищенко, А. Н. Краснощеков. - М.: Академический Проект, 2005 – 352 с.

45. Трускавецький С. Р. Використання багатоспектрального космічного сканування та геоінформаційних систем у дослідженні ґрунтового покриву Полісся України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.18 «Ґрунтознавство» / С. Р. Трускавецький. – Х., 2006. – 24 с.

46. Украинский П. О. Оценка земель сельскохозяйственного назначения по показателям плодородия для дистанционного мониторинга (на примере Белгородской области): автореф. дис. на соискание учен. Степени канд. географ. наук: спец. 25.00.26 «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель» / П. О. Украинский. – Б., 2011. – 24 с.

47. Федченко П. П. Спектральная отражательная способность некоторых почв / П. П. Федченко К. Я. Кондратьев // Л.: Гидрометеиздат, 1981. - С. 113 – 231.

48. Фридланд В. М. Структура почвенного покрова / В. М. Фридланд. – Москва: Мысль, 1972. - 424 с.

49. Шатохин А. В. Сопряженное изучение черноземов Донбасса наземными и дистанционными методами / А. В. Шатохин, М. А. Лындин // Почвоведение. – 2001. – № 9. – С. 1037 – 1044.

50. Gao B. C. NDWI - A Normalized Difference Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. / B. C. Gao // Remote Sensing of Environment, 1996, NYC, 58, - P. 257 - 266.

51. Gebrin L. Spectral characteristics of the soil surfaces / L. Gebrin // Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів з міжнародною участю «Проблеми та перспективи розвитку авіації та космонавтики» 28 - 29 жовтня 2015. - Київ, 2015. – С .83 – 84.

52. Gebrin L. V. Comprehensive technique for constitution estimation based on satellite observation methods. / L. V. Gebrin, O. O. Zeleznyak, Y. I. Velikodsky, Y. Y. Bandurovich // Proceedings of the National Aviation University, 2015. - № 3 (64) – P. 91 – 97.

53. Gebryn-Baydi L. V. Application of remote sensing methods to evaluation of soil fertility indicators of Zakarpattia lands / L. V. Gebryn-Baydi // Geodesy, cartography and aerial photography. – 2017. – № 85. – PP.47 – 58.

54. Griffin M. K. Examples of EO-1 Hyperion Data Analysis / M. K. Griffin, S. M. Hsu, H. K. Burke, S. M. Orloff, C. A. Upham // Lincoln Laboratory journal, USA, vol. 15, № 2, 2005, P. 271 – 298.

55. Huete A. R. Normalization of multidirectional red and near-red reflectance with the SAVI / A. R. Huete, G. Hua, J. Qi [et al.] // Remote Sens. Environ.– 1992. – V. 40. – P. 1 - 20.

56. Introduction to Remote Sensing Fifth Edition / J. B. Campbell, R. H. Wynne // Canad., 2011, 667 pp.

57. Jensen J. R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective / J. R. Jensen//Upper Saddle River: Prentice-Hal, 2005. – 526 pp.

58. Manchandra M. L. Soil survey and mapping using remote sensing [text] / M. L. Manchandra, M. Kudrat, A. K. Tiwari // Tropical Ecology, 2002. - V. 43 - № 1.- P. 61 - 74

59. Markham B. L. Spectral characterization of the LANDSAT Thematic Mapper sensors [text] / B. L. Markham, J. L. Barker // International Journal of Remote Sensing, 1985. - № 6. - P. 697 - 716.

60. Remote: sensing of soil surface characteristics from a multiscale classification approach [text] / G. Gorbane, D. Raclbt, F. Jacob, J. Albergelj, P. Andrieux // CATENA, 2008. - №.75. - Is.3. – P. 308 - 318.

61. Richards J. A. Remote Sensing Digital; Image Analysis / J. A. Richards, X. Jia// Berlin: Springer-Verlag, 2006. - 439 pp.

62. Schmugge T. Soil moisture sensing with micro ware technigues, Proc. 14- th Int. Symp / T. Schmugge // Remote Sensing Environ. - San Jose, 1980. - V.1. - P. 487 - 505.

63. South S. Optimal classification methods for mapping agricultural tillage practices / S. South, J. Qi, D. P. Lusch // Remote Sensing of Environment, 2004. – № 91. – P. 90 - 97.

## РОЗДІЛ 4

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗАКАРПАТТЯ

#### **4.1. Сучасне використання земель сільськогосподарського призначення ландшафтних зон Закарпаття**

Сучасний стан розвитку світової та національної економіки засвідчує, що потенціал агропромислового комплексу України може гарантувати не лише продовольчу безпеку, але й зробити Україну одним з найважливіших учасників глобального продовольчого ринку. Досягнення цієї мети вимагає посилення організаційних зусиль держави, виробників й наукової спільноти [4,8,13].

Україна має сприятливі природні умови для розвитку сільського господарства. Площа нашої країни становить 60 млн 335 тис. га, а це майже 95 % рівнини, що свідчить про високі прерогативи у веденні сільського господарства. Гірські системи Карпат становлять 5 % від усієї площі, а ліси займають 16 % [4,5].

Землі країни утворюють єдиний земельний фонд, що включає: землі сільськогосподарського призначення, землі населених пунктів, землі промисловості, транспорту заповідників та іншого несільськогосподарського призначення, лісового фонду, водного фонду та землі держзапасу [9]. Під час аналізу даних Головного управління «Державного земельного агентства України» станом на 2014 рік, площа сільськогосподарських земель в Україні зменшилася на 13 000 га і становила на 1 січня 2015 року 42 731,5 тис. га проти 42 744,5 тис. га на початок минулого року. При цьому питома вага площі сільськогосподарських земель в загальній площі України не змінилася і становить 70,8 %. Найбільше скорочення площ пройшло за такими категоріями: перелogi (зменшення на 11,8 тис. га до 239,4 тис. га), пасовища (на 5,8 тис. га до 5441 тис. га) та сіножаті (зменшення на 1,5 тис. га до 2407,3

тис. га). Ліси та інші лісовкриті площі збільшилися на 5,9 тис. га – до 10 630,3 тис. га. На них припадає 17,6 % від загальної площі країни. Площа забудованих земель збільшилася на 7,8 тис. га до 2550,4 тис. га, у тому числі під житловою забудовою – на 4,2 до 487,7 тис. га. Землі промисловості збільшилися на 0,7 тис. га до 224,1 тис. га. Скоротилася площа земель комерційного використання (на 0,2 тис. га до 54,9 тис. га), змішаного використання (на 0,4 тис. га, до 29,3 тис. га) та на 0,6 тис. га зменшилися площі земель, які використовувалися для відпочинку, та інших відкритих земель [10,11,15].

Земельні ресурси Закарпаття є одним із найбільш унікальних за своїми властивостями активів України. Із 1275,3 тис. га земельного фонду області 469,3 тис. га (36,8 %) займають землі сільськогосподарського призначення, у тому числі: сільгоспугіддя – 450,9 тис. га, рілля – 199,7 тис. га. Під лісами та лісовкритими площами знаходиться 723,9 тис. га (56,8 %), забудовані землі займають 48,0 тис. га (3,7 %), болота – 0,8 тис. га (0,1 %), відкриті землі без рослинного покриву – 14,9 тис. га (1,2 %) та води – 18,4 тис. га (1,4 %) [10]. У структурі земельного фонду області землі сільськогосподарських підприємств займають 3,6 % території, землі у власності і користуванні громадян – 30,5 %, землі лісогосподарських підприємств – 40,2 %, землі запасу та землі, не надані у користування – 16,1 %, землі інших землекористувачів – 9,6 % [16].

Характерною особливістю аграрного сектора Закарпатського регіону є висока питома вага підсобного господарства в загальному обсязі продукції рослинництва і тваринництва. Агрокліматичні ресурси регіону достатні для обробітку більшості сільськогосподарських культур помірних широт. Рівнинні райони спеціалізуються на м'ясомолочному тваринництві, свиноводстві, птахівництві, обробітку зерна, картоплі, овочів і цукрового буряка, передгірні – на м'ясомолочному скотарстві, льонарстві, обробітку зерна і картоплі, гірські – на м'ясомолочному скотарстві і вівчарстві [11,15].

Таблиця 4.1

## Урожайність основних сільськогосподарських культур Закарпаття

Назва культури \ роки	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
зернові культури	29,9	25,8	37,0	32,8	37,6	36,1	36,9	37,3
пшениця озима	27,7	19,1	32,9	21,4	30,8	31,0	31,6	31,4
пшениця яра	15,7	13,5	26,8	18,2	22,0	24,8	24,9	24,4
жито озиме	22,9	17,0	30,2	22,5	7,9	35,0	34,6	34,8
ячмінь озимий	31,1	18,6	28,9	21,7	27,2	29,8	29,6	29,8
ячмінь ярий	20,8	12,2	28,1	19,2	22,7	24,7	24,9	24,3
кукурудза на зерно	40,1	37,6	46,3	45,4	47,8	43,9	43,3	43,8
овес	18,3	14,3	23,1	17,5	18,4	22,7	22,9	21,8
зернобобові	16,4	17,5	18,8	15,5	15,9	15,7	16,7	16,4
картопля	113,8	139,3	156,1	141,0	165,5	168,7	169,8	170,4
овочі	126,1	115,4	174,2	186,9	192,2	203,0	205,1	207,2

Залежно від ландшафтної зони територія Закарпаття характеризується різною урожайністю основних сільськогосподарських культур. У районах, які розміщені на низовинній ландшафтній зоні, урожайність є більшою, ніж у районах, що знаходяться у передгірській та гірській ландшафтній зоні.

Таблиця 4.2

## Урожайність зернових культур у господарствах усіх категорій по районах з 1995 по 2014 рр., ц/га

Райони\роки	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
По області	29,9	25,8	37,0	32,8	37,6	36,1	37,1	36,8
Берегівський	26,7	19,0	32,3	23,8	34,8	33,2	34,2	33,4
Великоберезнянський	18,1	22,2	26,6	33,8	33,2	32,1	30,7	31,9
Виноградівський	35,2	27,1	37,2	39,7	39,2	38,4	40,1	39,4
Воловецький	17,6	5,0	26,7	16,6	17,5	18,9	18,4	19,1
Іршавський	30,0	26,8	38,7	43,4	43,8	37,2	37,4	36,9
Міжгірський	24,4	17,0	17,0	12,7	19,7	18,5	16,1	17,9
Мукачівський	28,3	27,2	39,6	35,7	39,1	37,8	40,1	39,8
Перечинський	20,8	21,2	24,6	25,3	35,7	35,8	37,0	36,7
Рахівський	17,3	16,5	29,0	28,3	25,0	25,7	25,4	26,8
Свалявський	25,3	22,5	38,6	34,3	36,2	37,1	39,2	38,9
Тячівський	29,7	31,0	41,1	33,7	40,0	39,0	40,8	40,6
Ужгородський	33,2	29,7	40,9	29,1	34,7	34,9	33,9	33,3
Хустський	24,0	30,6	30,2	33,6	38,9	33,0	35,5	34,2

Таким чином, середній показник урожайності зернових культур у таких районах, як: Берегівський, Ужгородський, Мукачівський та Виноградівський, що належать до низовинної ландшафтної зони, становить 31,28 ц/га. Середня

урожайність зернових у таких районах передгірської ландшафтної зони, як: Перечинський, Свалявський, Іршавський, Хустський становить 31,10 ц/га, а показник таких гірських районів, як: Великоберезнянський, Воловецький, Рахівський, Тячівський та Міжгірський становить 23,20 ц/га (рис. 4.1).

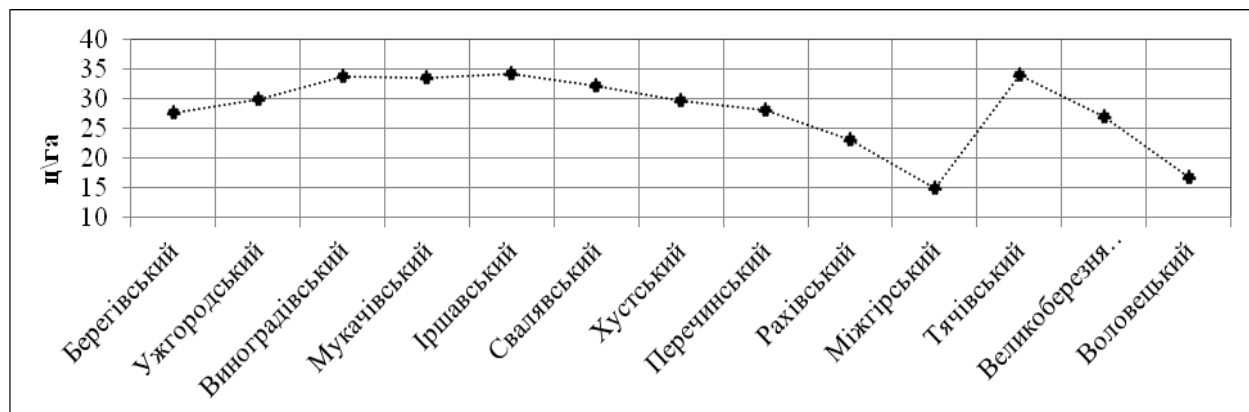


Рис. 4.1. Середня урожайність зернових культур по районах (1995-2014 рр.)

Проаналізувавши дані урожайності пшениці ярої та озимої, можна сказати, що в гірських районах ці культури майже не вирощують, а якщо і вирощують, то отримують дуже малі урожаї (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Урожайність пшениці ярої та озимої у господарствах усіх категорій по районах з 1995 по 2014 рр., ц/га**

Райони/роки	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
По області	27,2	18,5	32,3	21,2	30,1	30,6	32,1	31,3
Берегівський	24,0	13,2	29,6	16,4	27,7	28,0	30,5	29,7
Великоберезнянський	16,9	11,0	0	0	0	0	0	0
Виноградівський	34,3	19,6	27,3	23,4	31,4	29,5	32,0	31,9
Воловецький	18,1	4,6	0	0	0	0	0	0
Іршавський	28,5	15,6	22,8	19,2	27,9	27,2	30,0	29,4
Міжгірський	0	0	0	0	0	0	0	0
Мукачівський	23,8	20,7	36,2	26,	32,5	32,9	34,1	33,8
Перечинський	20,8	12,6	16,1	18,7	26,7	27,9	28,2	28,9
Рахівський	15,0	0	0	0	0	0	0	0
Свалявський	21,9	8,4	0	0	0	0	0	0
Тячівський	18,9	14,7	14,0	0	0	0	0	0
Ужгородський	29,5	22,3	38,6	21,1	30,0	32,9	32,7	33,1
Хустський	22,0	13,2	26,3	18,3	26,0	26,7	28,0	27,8

Середній показник урожайності пшениці ярої та озимої у районах низовинної ландшафтної зони (Берегівський, Ужгородський, Мукачівський,

Виноградівський) становить 28,40 ц/га; передгірської ландшафтної зони, (Перечинський, Свалявський, Іршавський, Хустський) становить 18,72 ц/га; гірської ландшафтної зони (Великобрезнянський, Воловецький, Рахівський, Тячівський, Міжгірський) становить 2,83 ц/га (рис. 4.2).

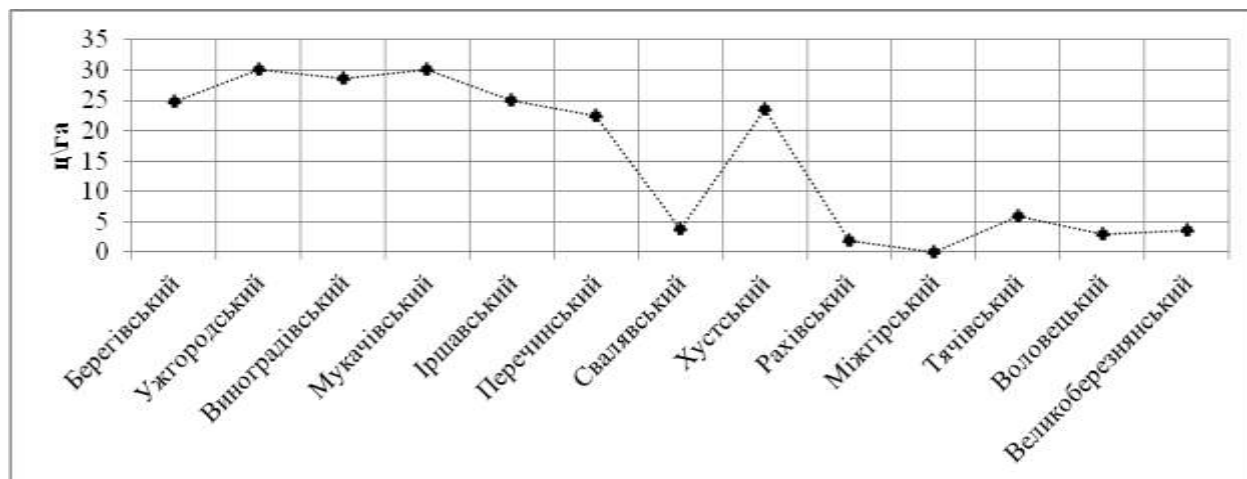


Рис. 4.2. Середня урожайність пшениці ярої, озимої в районах (1995-2014 рр.)

Вирощування овочів є провідною ланкою у галузі рослинництва сільського господарства Закарпатської області. Таким чином, середній показник урожайності овочів з 1995 по 2014 рр. відповідно до ландшафтної зони становить: для гірських районів – 140,10 ц/га, для передгірських – 164,07 ц/га та для низовинних – 181,28 ц/га (табл. 4.4, рис. 4.3).

Таблиця 4.4

**Урожайність овочів у господарствах усіх категорій по районах з 1995 по 2014 рр., ц/га**

Райони\роки	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
По області	126,1	115,4	174,2	186,9	192,2	203,0	211,8	212,6
Берегівський	107,4	97,9	146,8	142,8	177,5	183,0	202,5	203,8
Великобрезнянський	102,6	172,3	162,0	135,5	129,5	126,3	125,3	125,2
Виноградівський	122,5	102,4	227,3	227,3	236,6	237,4	235,6	236,9
Воловецький	114,2	106,9	105,9	175,1	163,7	184,7	155,0	168,9
Іршавський	121,4	112,2	179,0	234,0	217,2	226,1	232,2	231,9
Міжгірський	100,4	155,4	135,2	151,8	138,0	150,7	137,1	138,9
Мукачівський	121,2	164,5	219,1	203,6	202,8	228,1	232,8	231,9
Перечинський	114,1	166,3	136,8	129,1	118,8	157,2	161,2	162,8
Рахівський	97,5	113,6	126,0	152,8	149,2	170,1	162,2	165,4
Свалявський	97,4	122,5	136,9	169,7	142,1	160,5	185,2	170,8
Тячівський	111,9	117,6	113,5	127,9	144,0	160,2	165,4	166,0
Ужгородський	135,4	123,8	155,4	152,6	154,9	180,2	203,2	203,6
Хустський	108,0	112,1	179,3	180,3	196,0	187,3	201,0	200,7



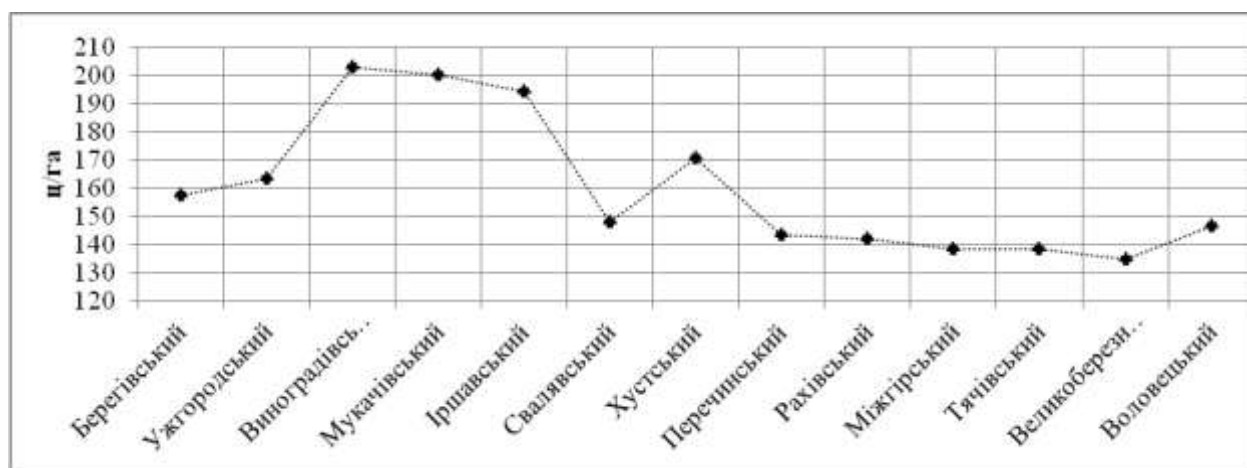


Рис. 4.3. Середня урожайність овочів по районах (1995-2014 рр.)

Під час аналізу даних щодо урожайності картоплі досліджено, що передгірські та гірські райони отримують майже однакові урожаї, а в районах низовинної зони взагалі одні з найвищих показників урожайності по країні, що свідчить про доцільність вирощування цієї сільськогосподарської культури у всіх ландшафтних зонах. Це означає, що на картоплю не впливає особливості зони розташування районів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Урожайність картоплі у господарствах усіх категорій по районах з 1995 по 2014 рр., ц/га**

Райони\роки	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
По області	113,8	139,3	156,1	141,0	165,5	168,7	170,0	170,9
Берегівський	130,7	137,5	164,5	125,4	154,4	160,9	163,5	163,5
Великоберезнянський	112,5	188,4	140,4	148,7	151,7	175,6	180,2	179,9
Виноградівський	104,5	119,8	162,5	177,4	177,2	183,3	183,6	184,7
Воловецький	118,1	123,8	160,9	143,8	145,2	160,1	161,5	162,1
Іршавський	121,3	124,8	185,0	109,8	179,3	165,5	165,9	165,4
Міжгірський	122,7	140,5	144,0	151,4	155,0	160,7	153,1	152,9
Мукачівський	135,1	123,5	183,9	184,1	188,6	189,7	190,8	189,5
Перечинський	97,0	189,3	165,8	129,7	163,0	149,9	156,2	158,5
Рахівський	101,5	120,1	100,0	131,8	143,2	181,4	174,5	175,9
Свалявський	133,9	147,0	160,3	144,5	163,2	170,4	173,1	174,9
Тячівський	103,3	149,9	150,0	128,4	147,6	146,8	144,8	145,9
Ужгородський	101,4	132,0	161,0	115,7	183,0	180,1	190,1	193,7
Хустський	97,6	132,1	140,0	115,5	150,3	143,3	146,2	147,1

Таким чином, середній показник урожайності картоплі з 1995 по 2014 рр., згідно з ландшафтною зоною становить: для гірських районів –

146,96 ц/га, для передгірських – 148,93 ц/га та для низовинних – 160,49 ц/га (рис.4.4).

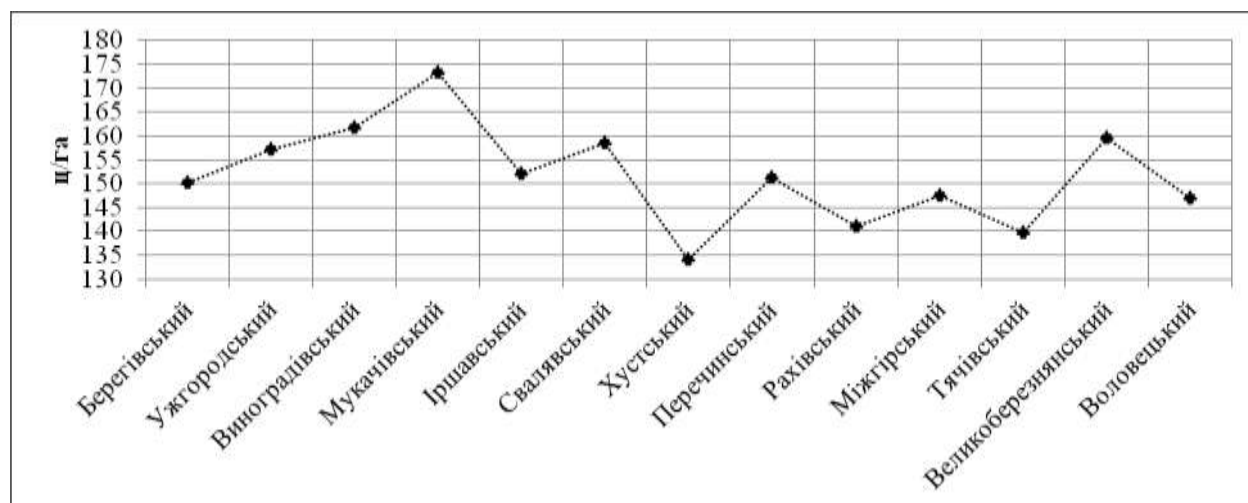


Рис. 4.4. Середня урожайність картоплі по районах (1995-2014 рр.)

Аналіз статистичної інформації свідчить, що Закарпатська область характеризується досить високими урожаєм кукурудзи на зерно. Така тенденція простежується майже в усіх районах області, окрім Воловецького, де урожайність є нульовою (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Урожайність кукурудзи на зерно у господарствах усіх категорій  
по районах з 1995 по 2014 рр., ц/га**

Райони\роки	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
По області	40,1	37,6	46,3	45,3	47,8	43,9	44,9	45,3
Берегівський	40,1	34,4	45,5	35,8	48,2	42,2	42,3	41,9
Великоберезнянський	38,6	36,9	30,8	42,4	40	39,1	36,7	38,7
Виноградівський	40,4	38,4	48,9	53,2	50,2	49,9	50,3	49,5
Воловецький	0	0	0	0	0	0	0	0
Іршавський	37,3	37,8	54,5	57,4	57,7	45,7	44,3	45,8
Міжгірський	0	0	0	42,0	40,0	28,9	35,3	36,9
Мукачівський	40,0	34,9	45,7	46,6	46,8	43,2	46,6	47,9
Перечинський	30,9	27,9	28,1	27,7	40,1	40,0	40,4	41,5
Рахівський	34,8	32,0	44,0	44,4	40,2	42,1	42,5	43,1
Свалявський	27,7	25,6	41,0	37,8	40,7	41,1	42,1	41,9
Тячівський	39,5	37,1	44,2	34,4	41,4	41,6	43,0	42,8
Ужгородський	42,5	46,6	50,2	44,4	46,3	43,1	41,0	41,8
Хустський	38,5	38,9	34,3	40,7	44,1	36,7	39,8	40,6

Отже, середній показник урожайності кукурудзи на зерно з 1995 по 2014 рр. згідно із ландшафтною зоною становить: для гірських районів – 27,48 ц/га, для передгірських – 39,64 ц/га та для низовинних – 44,34 ц/га (рис. 4.5).

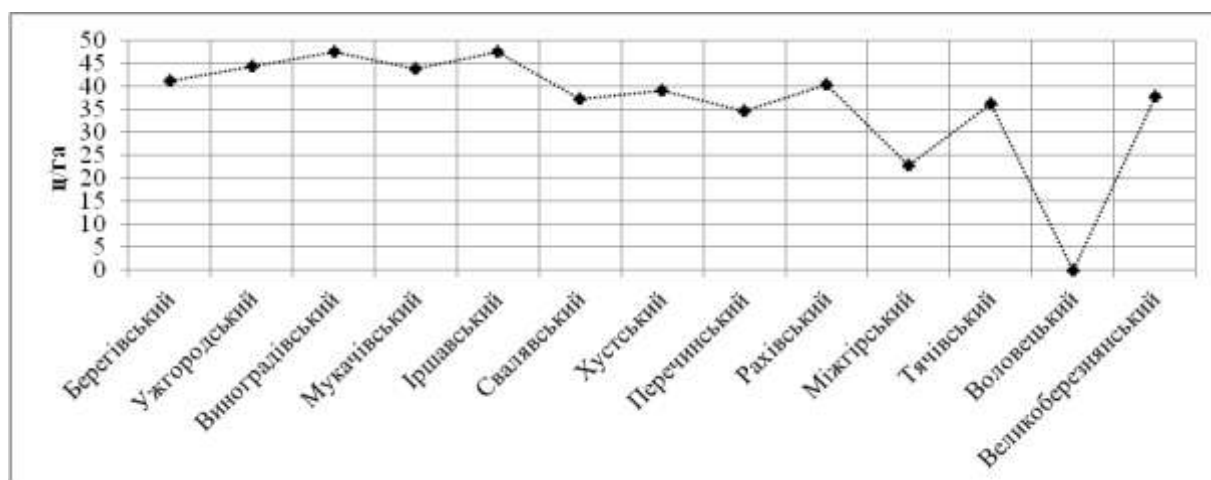


Рис. 4.5. Середня урожайність кукурудзи на зерно по районах (1995-2014 рр.)

Провівши аналіз статистичної інформації по урожайності основних сільськогосподарських культур, що вирощуються на території Закарпатської області встановлено:

1. Урожайність сільськогосподарських культур в районах, що знаходяться на низовинній ландшафтній зоні є значно вищою, ніж урожайність гірських районів. У свою чергу передгірські райони мають середні показники урожайності. Така тенденція свідчить про залежність показника урожайності різних сільськогосподарських культур від різновисотності ландшафтної зони розташування району (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

#### Середня урожайність основних сільськогосподарських культур Закарпаття

Назва культури	Середня урожайність (1995 - 2014) згідно з ландшафтною зоною, ц/га		
	Низовинна	Передгірська	Гірська
зернові культури	31,28	31,10	23,20
пшениця озима, яра	28,40	18,72	2,83
кукурудза на зерно	44,34	39,64	27,48
картопля	160,49	148,93	146,96
овочі	181,28	164,07	140,10

2. Доцільним є вирощування таких сільськогосподарських культур, як: картопля, овочі та кукурудза на зерно, оскільки саме ці культури дають найбільші урожаї, що, в свою чергу, є більш прибутковим для ведення сільського господарства.

3. Ефективність використання земельних ресурсів регіону потрібно розглядати на значному інтервалі часу, оскільки оптимізація земель сільськогосподарського призначення залежить від виду сільськогосподарських культур і здійснення раціональної та циклічної сівозміни.

#### **4.2. Суть ефективності використання земель сільськогосподарського призначення**

У науковій та прикладній літературі існують різні визначення терміну родючість, одним із практичних термінів визначення родючості є саме здатність ґрунтів задовольняти потребу вирощуваних рослин у воді, а також у поживних речовинах. Першочерговими і визначальними чинниками, що характеризують родючість ґрунтів, є необхідна умова освітленості і відповідний тепловий режим. Вище згадані чинники, що визначають родючість ґрунту, можуть бути прямими, що безпосередньо впливають на ріст і розвиток рослин, і непрямими. У свою чергу прямі умови визначаються у необхідних запасах доступної вологи, відповідній аерації, реакції середовища, кількості та формі всіх доступних елементів живлення та їх конкретного співвідношення. У той час як непрямі умови базуються на кількості мікроорганізмів, глибині залягання обмежуючих коренезаселений шар ґрунту щільних горизонтів, а також у характері обробки ґрунту. Основою є саме взаємопов'язаність прямих і непрямих чинників, що має вплив на врожайність рослин [12].

Кожен окремий чинник життя рослини, може бути недостатнім (мінімальним) для росту, оптимальним (коли спостерігається найбільший урожай

рослин) і надлишковим, максимальним (коли спостерігається зменшення врожайності рослин). Надлишковість та нестача будь-якого чинника є шкідливим у процесі життєдіяльності рослини. (наприклад, елемента живлення). Найбільш сприятливі умови для життя рослин і одержання високого врожаю створює оптимальний вплив фактора [1,2]. Однак фактори, що визначають розвиток рослин, діють не ізольовано, а в сукупності. Оптимальна родючість відповідає оптимальним співвідношенням факторів.

У різних ґрунтово-кліматичних зонах умови, що визначають ґрунтову родючість, різні. Обмежуваними умовами в зоні тундри будуть низькі температури і надмірне зволоження ґрунтів, в лісовій зоні – надмірне зволоження і кислотність ґрунтів, в лісостеповій та степовій зонах – нестача води і нерідко надмірний вміст в ґрунтах натрію та хлору. На піщаних ґрунтах позначається дефіцит вологи та елементів живлення, а на важкосуглинистих – низька аерація і велика щільність ґрунтів [12].

Таким чином, родючість обмежується різними умовами, пов'язаними з факторами ґрунтоутворення.

Розрізняють природну, потенційну, штучну і ефективну, або дійсну, родючість ґрунтів [3].

Природна родючість – властивість ґрунту, що утворилася під природною рослинністю при природному перебігу ґрунтоутворювального процесу. Вона порівняно мало змінюється в часі і є величиною стабільною для певного типу ґрунтів. Водночас різні за походженням ґрунти характеризуються неоднаковою родючістю, а один і той самий ґрунт має різну родючість для рослин, що відрізняються за біологічними властивостями.

Потенційна родючість визначається валовим (загальним) запасом елементів живлення в ґрунті, що знаходяться як в доступній, так і недоступній формах. Штучна родючість створюється під час використання обробки ґрунтів, внесення добрив, вирощування культур різних рослин, а також осушення й зрошення.

Природна потенційна і штучна родючості нерозривно пов'язані між собою, оскільки забезпечення рослин вологою і поживними елементами залежить від властивостей природного ґрунту, а також від зміни властивостей ґрунту під впливом окультурення.

Ефективна родючість, вимірювана величиною врожаю, є дійсним вираженням природної та штучної родючості і значною мірою залежить від рівня розвитку науки і техніки [1,6].

На сьогодні під родючістю ґрунтів розуміють такі їх властивості, які забезпечують життя рослин. Для сільськогосподарських культур властивості різних типів ґрунтів можуть сприяти або пригнічувати інтенсивності засіяних культур. Залежно від повноти засвоєння рослинами елементів харчування, родючість ґрунтів поділяється на: ефективну і потенціальну.

Потенційна родючість визначається загальними запасами поживних речовин у ґрунтів.

Ефективна (економічна) родючість ґрунтів реалізується в урожайності рослин (кількості зібраного врожаю з одиниці площі) і залежить від природно-кліматичних умов і ефективності використання наявних економічних ресурсів [2].

Рівень урожайності визначається не лише природною родючістю ґрунтів, а також залежить від рівня затрат на вирощування сільськогосподарських культур [14]. Залежно від технології обробки земель сільськогосподарського призначення економічна родючість поділяється на:

- мінімальну;
- критичну;
- прибуткову.

Мінімальний стан родючості при екстенсивній системі землеробства спостерігається тоді, коли для вирощування культур не використовують добрив і величина врожаю залежить від атмосферних і космічних факторів.

Критичний стан економічної родючості залежить від соціально-економічних умов і відповідає величині урожайності, починаючи з якої

виросування вибраної сільськогосподарської культури на даному ґрунті стає збитковим, тобто затрати на вирощування продукції (собівартості) стають більшими за ціну на ринку (більші за ринкову ціну).

Якщо немає можливості підвищити економічну родючість, то такі ґрунти не використовуються для сільськогосподарського виробництва і виводяться з обігу земель сільськогосподарського призначення.

Прибутковий стан економічної родючості передбачає одержання прибутку під час вирощування на даному типі ґрунту різних сільськогосподарських культур. Величина прибутку сільськогосподарського виробництва істотно залежить від різних ресурсів: трудових, природних та фінансових для проведення агротехнічних заходів [3,7].

Статистичні залежності зростання ефективної економічної родючості (збільшення урожайності) від затрат на виробництво для різних ґрунтів залежить від особливостей вибраного регіону України [14].

Виявлення таких нелінійних залежностей для ґрунтів регіону є розв'язанням важливого науково-практичного завдання для проведення оцінювання земель та встановлення їх ринкової вартості. На основі інформації про параметри нелінійних залежностей економічної родючості від затрат можемо прогнозувати урожайність сільськогосподарських культур у регіоні і проводити оцінку ефективності використання земельних ресурсів.

#### **4.3. Створення та застосування нелінійних математичних моделей ефективності використання земель сільськогосподарського призначення**

Для визначення ефективності використання земельних ресурсів Закарпатського регіону необхідно знайти максимальний прибуток, що одержаний від вирощування сільськогосподарських культур при обмеженні площі орних земель:

$$\begin{aligned} & \max P(Q, z) \\ & \text{при} \\ & S \leq S_0 \end{aligned} \quad (4.1)$$

де  $\max P$  – прибуток,  $Q$  – кількість зібраного урожаю вирощуваної сільськогосподарської продукції,  $z$  – затрати на вирощування сільськогосподарської продукції,  $S$  – вибрані площі земель сільськогосподарського призначення області.

Максимізуючи прибуток  $P_{\max}(Q, z)$ , який залежить від величини вирощеного врожаю  $Q$  і затрат на вирощування  $z$ , при обмежених посівних площах регіону  $S$  кількість вирощеної сільськогосподарської продукції  $Q_j$  визначатиметься:

$$Q_{i,j} = \rho_{i,j} S_{i,j} \quad (4.2)$$

де  $\rho_{i,j}$  - економічна родючість  $i$ -ої ділянки  $j$ -ої культури, що вирощується на цій ділянці,  $S_{i,j}$  - площа  $i$ -ої ділянки, що засіяна  $j$ -ою культурою.

Ефективність використання земель визначається економічною родючістю ґрунтів. Для кількісного описання ефективної родючості ґрунтів розроблені математичні моделі залежності економічної родючості від затрат на вирощування [2,17].

Під час розгляду лінійних моделей, які використовуються для визначення прибутку, що приносить вибрана земельна ділянка, зв'язок між економічною родючістю  $\rho_{i,j}$  та затратами на вирощування  $z_{i,j}$  виражається такою залежністю:

$$\rho_{i,j} = a_{i,j} z_{i,j} \quad (4.3)$$

де  $a_{i,j}$  - адаптований показник лінійної залежності.

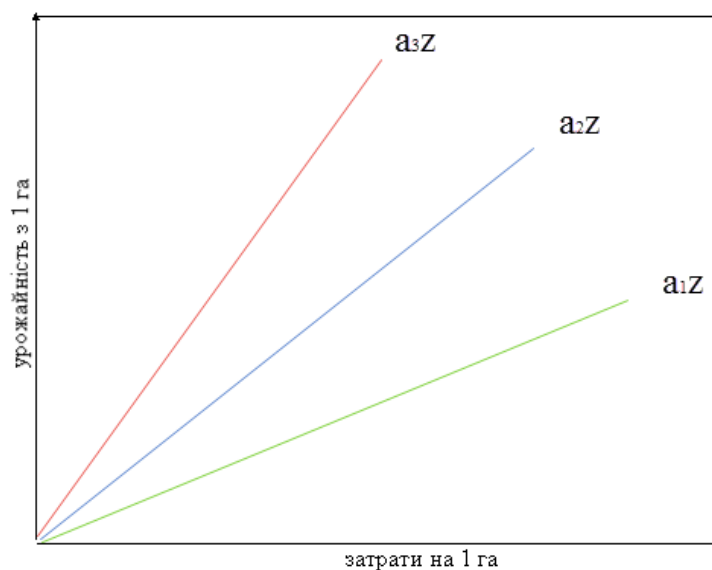
Тобто передбачаємо, що врожайність зростатиме пропорційно затратам на вирощування різних сільськогосподарських культур згідно з визначеною ландшафтною зоною.

Проте модель з лінійною функцією (4.3) має свої особливості. При максимізації виробництва продукції з заданими обмеженнями по площі



земельної ділянки все виробництво буде зосереджено на одному гектарі землі, де продуктивність найкраща з точки зору вибраного критерію. У такому разі буде вибрана земля з продуктивністю, що характеризується найбільшою величиною коефіцієнта  $a_{i,j}$ . Для різних культур характерними є як визначена родючість, так і відповідні затрати.

Економічна родючість (4.3) визначається затратами на вирощування сільськогосподарських культур і залежить від нахилу прямої лінії, яким описується величина  $a_{i,j}$ .



$a_{1z}$ ,  $a_{2z}$ ,  $a_{3z}$  – функції врожайності сільськогосподарських культур залежно від родючості земель.

Рис. 4.6. Лінійні функції віддачі землі

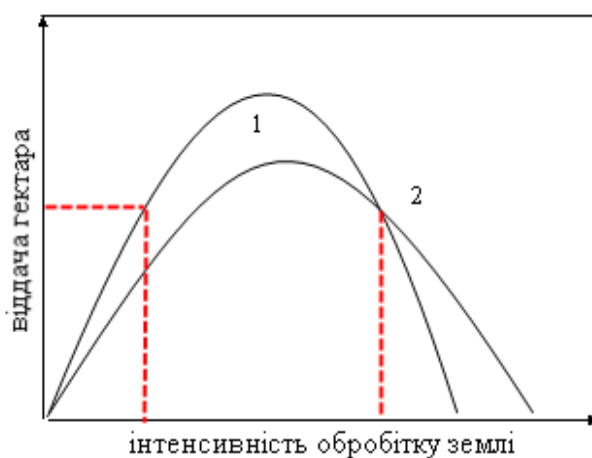


Рис. 4.7. Функції середньої граничної віддачі землі: 1 - гранична віддача;  
2 - середня віддача

Зрозуміло, що найбільш ефективне використання будуть мати ті землі, які мають найбільше значення коефіцієнта  $a_{i,j}$ .

Істотним недоліком лінійних моделей, що характеризують зростання родючості є те, що віддача одного гектара землі не може збільшуватись до безкінечності, оскільки існує економічний закон зменшення використання ефективності майбутніх витрат. У зв'язку з тим, що лінійні моделі обмежені у застосуванні, для оцінки ефективності використання землі застосовують нелінійні моделі, які передбачають існування стану насичення та максимальної родючості при визначених витратах на вирощування сільськогосподарської продукції [7,6].

Багаторічні економіко-статистичні дані використання земель сільськогосподарського призначення свідчать про те, що економічна родючість ґрунтів Закарпаття нелінійно залежить від затрат на виробництво сільськогосподарської продукції. Спочатку збільшення затрат справді приводить до істотного зростання економічної родючості, але потім цей процес сповільнюється, досягаючи максимуму. Подальші збільшення витрат стають не ефективними, оскільки призводять до зменшення економічної родючості ґрунтів вибраної ландшафтної зони.

Виявлена статистична залежність економічної родючості від затрат може бути наближено описана такою функцією [6]:

$$\rho_{i,j} = A_{i,j} z_{i,j}^2 e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} \quad (4.4)$$

де  $A_{i,j}$  та  $\beta_{i,j}$  – адаптовані параметри нелінійної математичної моделі, які визначаються методом найменших квадратів для кожної ландшафтної зони та засіяних культур,  $z_{i,j}$  – затрати на вирощування [6].

Важливо дослідити залежність (4.4) на екстремум з метою одержання оптимального використання затрат на вирощування різних сільськогосподарських культур в ландшафтних зонах Закарпаття.

Для знаходження екстремальних точок візьмемо першу похідну від рівняння (4.4) і прирівняємо її до нуля, вважаючи  $A_{i,j} > 0$  та  $\beta_{i,j} > 0$  є постійними величинами:

$$\frac{\partial \rho_{i,j}}{\partial z_{i,j}} = A_{i,j} 2z e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} - A_{i,j} z_{i,j}^2 \beta_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} = 0 \quad (4.5)$$

$$A_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} (2z_{i,j} - \beta_{i,j} z_{i,j}^2) = 0 \quad (4.6)$$

Розв'язання:

$$\begin{aligned} 2z_{i,j} - \beta_{i,j} z_{i,j}^2 &= 0 \\ z_{i,j} (2 - \beta_{i,j} z_{i,j}) &= 0 \end{aligned}$$

Точки екстремуму:

- 1)  $z_{i,j} = 0$
- 2)  $z_{i,j} = \frac{2}{\beta_{i,j}}$

Для того щоб знайти мінімум чи максимум в знайдених екстремальних точках потрібно взяти другу похідну від рівняння (4.4) та підставити у вираз значення критичних точок.

Якщо друга похідна у критичній точці менше нуля, то маємо максимум, якщо більше нуля то маємо мінімум.

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \rho_{i,j}}{\partial z_{i,j}^2} &= A_{i,j} (-\beta_{i,j}) e^{\beta_{i,j} z_{i,j}} (2z_{i,j} - \beta_{i,j} z_{i,j}^2) + A_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} (2 - 2\beta_{i,j} z_{i,j}) = A_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} (-2\beta_{i,j} z_{i,j} + \\ &+ \beta_{i,j}^2 z_{i,j}^2 + 2 - 2\beta_{i,j} z_{i,j}) = A_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} (\beta_{i,j}^2 z_{i,j}^2 - 4\beta_{i,j} z_{i,j} + 2) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Підставимо у формулу (4.5) значення критичних точок:

- 1)  $z_{i,j} = 0$   
 $A_{i,j} e^0 [2] > 0$  – друга похідна у цій критичній точці більше нуля, отже,

маємо мінімум;

- 2)  $z_{i,j} = \frac{2}{\beta_{i,j}}$

$$A_{i,j} e^{-2} \left[ \beta_{i,j}^2 \frac{4}{\beta_{i,j}^2} - 4\beta_{i,j} \frac{2}{\beta_{i,j}} + 2 \right] = A_{i,j} e^{-2} [-2] < 0 \quad \text{– друга похідна у критичній}$$

точці менше нуля, отже, маємо максимум.

Знайдемо максимальну економічну родючість для даної культури у вибраній ландшафтній зоні. Для цього потрібно підставити у рівняння (4.4) знайдену величину  $z_{i,j} = \frac{2}{\beta_{i,j}}$  при якій функція економічної родючості досягає

максимального значення:

$$\rho_{i,j} = A_{i,j} \frac{4}{\beta_{i,j}^2} e^{-\beta_{i,j} \frac{2}{\beta_{i,j}}} = A_{i,j} \frac{4}{\beta_{i,j}^2} e^{-2} = 4 \frac{A_{i,j}}{\beta_{i,j}^2 e^2} = \frac{4A_{i,j}}{\beta_{i,j}^2 e^2} \quad (4.8)$$

Виявлення існування максимальної економічної родючості ґрунтів для різних сільськогосподарських культур має велику наукову і практичну цінність.

Знайдені величини максимальної економічної родючості дозволяють ефективно використовувати наявні матеріальні, трудові та фінансові ресурси.

Після досягнення точки максимуму врожайності  $(\rho_{i,j})_{\max} = \frac{4A_{i,j}}{\beta_{i,j}^2 e^2}$  немає сенсу для даної ландшафтної зони збільшувати затрати на вирощування вибраної сільськогосподарської культури. Загальна віддача гектара сільськогосподарських угідь при цьому буде спадати. Тобто економічна родючість ґрунтів зменшуватиметься. Порог насичення обумовлений технологіями обробітку землі і не впливає на загальну статистичну закономірність залежності врожаю від затрат, а лише може зміщувати параметри оптимальних значень врожайності і величини затрат.

З математичної точки зору це означає, що коефіцієнти  $A_{i,j}$  та  $\beta_{i,j}$  для різних агротехнічних технологій будуть мати різне значення. Тоді схематично можемо представити зміну економічної родючості на рисунку 4.8 так:

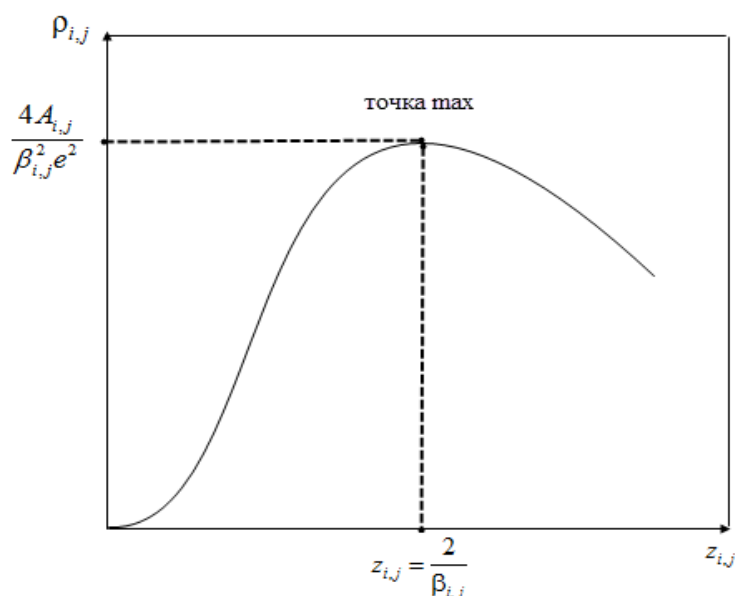


Рис. 4.8. Залежність економічної родючості сільськогосподарських культур  $\rho_{i,j}$  від затрат на вирощування  $z_{i,j}$  адаптованої апроксимації для різних ландшафтних зон та с\г культур, відповідні коефіцієнти  $A_{i,j}$  та  $\beta_{i,j}$

Проаналізувавши статистичну інформацію по ефективності використання земель сільськогосподарського призначення з 1995 по 2014 рр. (підр. 4.1) встановили, що для побудови нелінійних математичних моделей доцільним буде взяти дані по трьох характерних районах та трьох відповідних культурах, які узагальнено описують стан ефективності використання земель сільськогосподарського призначення залежно від ландшафтної зони області (три райони на зону):

$i$  – сільськогосподарська культура:

$i_1$  – зернові культури;

$i_2$  – овочі;

$i_3$  – картопля;

$j$  – райони області відповідно до ландшафтної зони (низовинна, передгірська, гірська):

Низовинна ландшафтна зона:

$j_1$  – Березівський район;

$j_2$  – Мукачівський район;

$j_3$  – Ужгородський район;

}  $j_1$

Передгірська ландшафтна зона:

$j_4$  – Свалявський район;  
 $j_5$  – Перечинський район;  
 $j_6$  – Іршавський район;

}  $j_2$

Гірська ландшафтна зона:

$j_7$  – Великоберезнянський район;  
 $j_8$  – Воловецький район;  
 $j_9$  – Міжгірський район.

}  $j_3$

Для визначення параметрів нелінійної математичної моделі  $A_{i,j}$ ,  $\beta_{i,j}$  використаємо статистичні дані залежності економічної родючості від затрат на вирощування сільськогосподарських культур (див. додаток Г) у вибраних ландшафтних зонах Закарпаття. Для цього застосуємо метод найменших квадратів (див. додаток Д) та спеціалізоване програмне забезпечення Matlab. Результати розрахунків визначених параметрів нелінійної математичної моделі подано у табл. 4.8. та додатку Е [6].

Таблиця 4.8

**Параметри нелінійної математичної моделі залежності економічної родючості від затрат на вирощування сільськогосподарських культур**

Вибрані культури, Ландшафтні зони	Низовина		Передгір'я		Гори	
	$A_{i,j} \cdot 10^{-3}$	$\beta_{i,j} \cdot 10^{-2}$	$A_{i,j} \cdot 10^{-3}$	$\beta_{i,j} \cdot 10^{-2}$	$A_{i,j} \cdot 10^{-3}$	$\beta_{i,j} \cdot 10^{-2}$
Зернові	4,71	2,59	1,47	1,57	1,53	1,87
Овочі	0,29	0,27	0,25	0,27	18,92	2,59
Картопля	8,37	1,57	12,67	2,01	2,88	0,97

Для подальшого аналізу ефективності використання земель сільськогосподарського призначення Закарпаття для кожної культури та вибраної ландшафтної зони будуємо графіки економічної родючості (рис. 4.9, 4.10, 4.11).

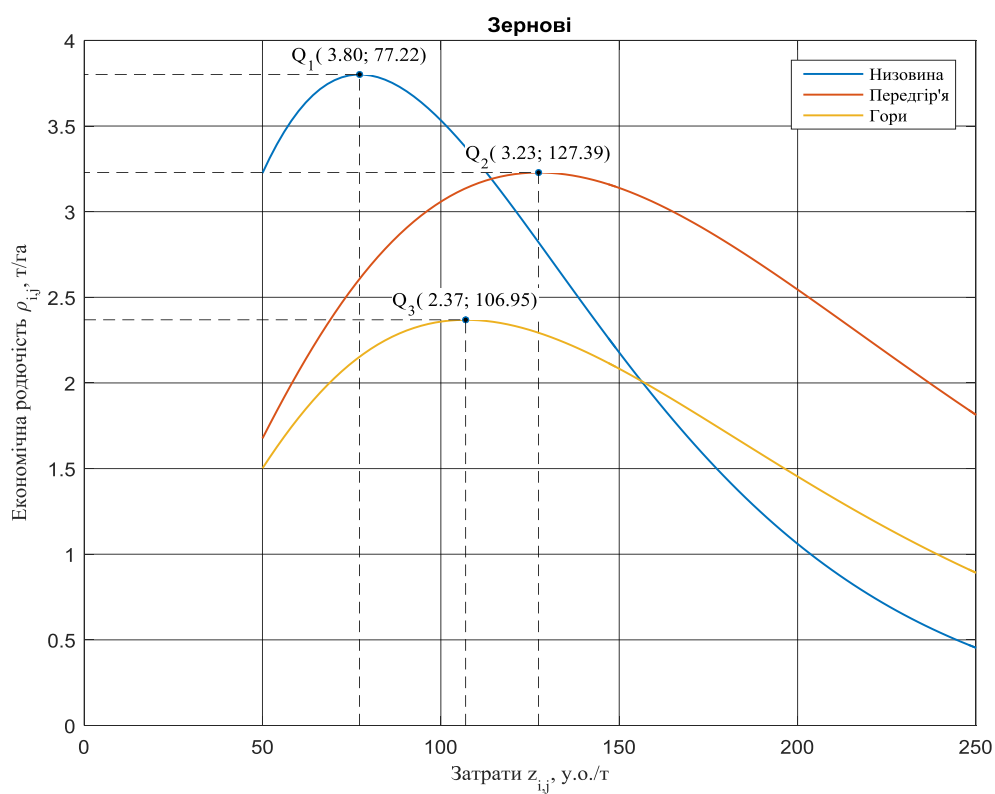


Рис. 4.9. Залежність економічної родючості зернових культур від затрат на вирощування згідно з ландшафтними зонами

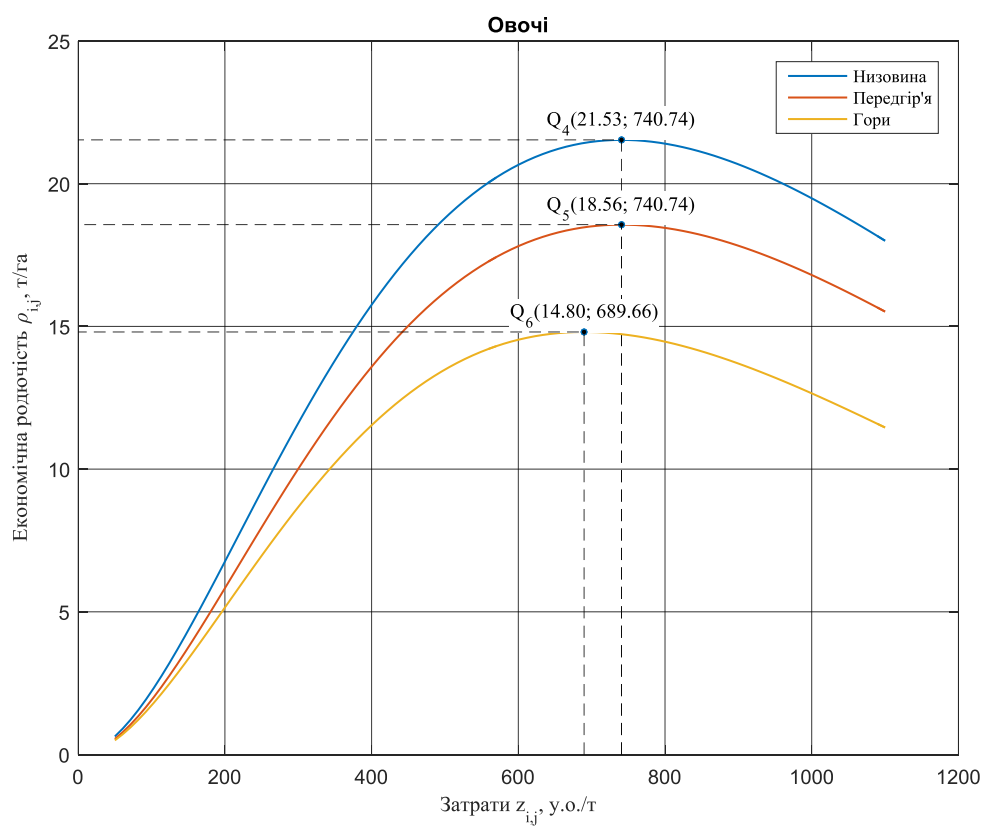


Рис. 4.10. Залежність економічної родючості овочевих культур від затрат на вирощування згідно з ландшафтними зонами

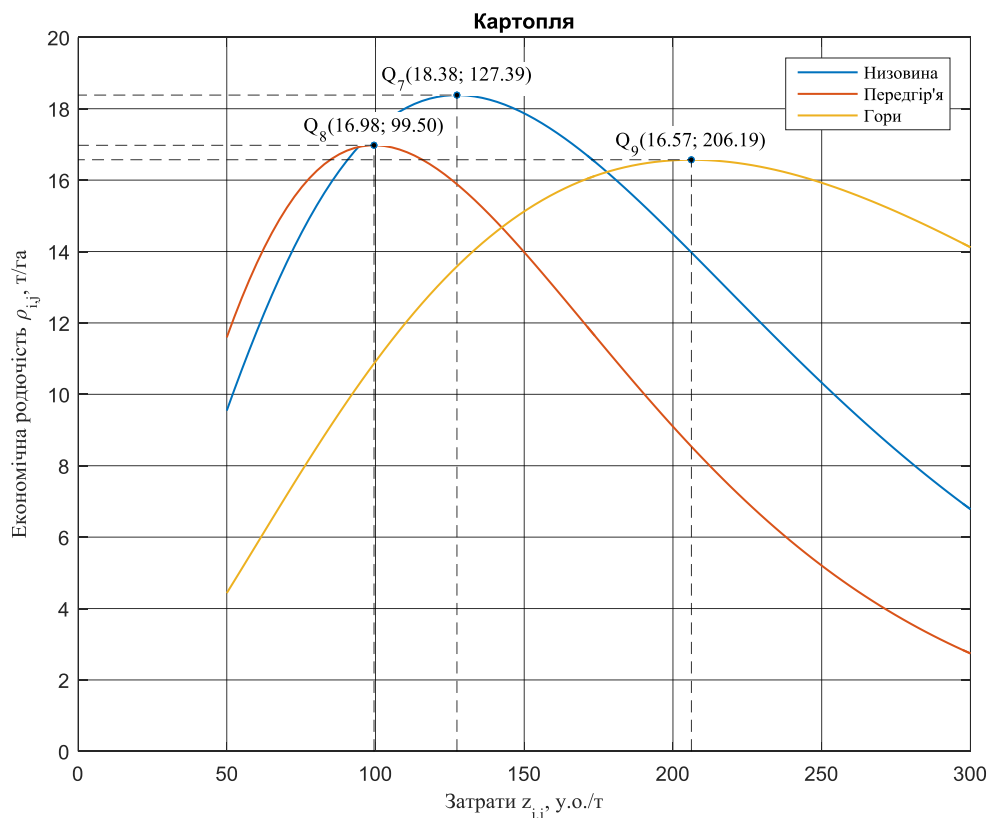


Рис. 4.11. Залежність економічної родючості картоплі від затрат на вирощування згідно з ландшафтними зонами

Детально проаналізувавши показники вирощування зернових культур у районах Закарпаття та побудувавши відповідні графіки залежності економічної родючості від затрат на вирощування, встановили, що найефективніше вирощувати зернові культури у низовинній ландшафтній зоні. Оскільки при менших затратах можливо збільшити економічну родючість ґрунтів та значно підвищити врожайність, при цьому знайдені критичні затрати, що забезпечують максимальну економічну родючість (точка  $Q_1$ , див. рис. 4.9). Найменша економічна родючість по вирощуванню зернових культур прослідкована у гірській ландшафтній зоні, попри те, що затрати на вирощування є такими як і на низовинній ландшафтній зоні. Таким чином, отримаємо меншу економічну родючість, що означає і зменшення віддачі з одного гектара землі (точка  $Q_3$ , див. рис. 4.9). У свою чергу, аналіз передгірської зони, засвідчив, що саме ця зона займає проміжне



положення згідно з побудованим графіком (див. рис. 4.9). Передгірська зона характеризується такою особливістю, що на певному інтервалі затрат економічна родючість в точці насичення (поблизу точки  $Q_2$ ) змінюється на незначну величину. У зв'язку з цим ефективність використання земель сільськогосподарського призначення в цій ландшафтній зоні пов'язана зі знаходженням інтервалу раціональних затрат.

Дослідження затрат на вирощування овочевих культур у різних ландшафтних зонах Закарпаття показано на рис. 4.10. З даного графіка випливає, що найбільш рентабельним є вирощування овочів саме на низовинній ландшафтній зоні (точка  $Q_4$ ). З іншого боку, найбільш затратною для вирощування є гірська частина області, де економічна родючість не значно зростає при збільшенні затрат (точка  $Q_6$ ).

Як випливає з рис. 4.10, залежності економічної родючості від затрат для різних зон є подібними і відрізняються лише точками максимуму (точки  $Q_4$ ,  $Q_5$ ,  $Q_6$ ).

Вирощування овочевих культур є процес конкурентоспроможний та дає значний прибуток для агропромислового комплексу області.

Проведені дослідження щодо вирощування картоплі у різних ландшафтних зонах Закарпаття дозволили знайти цікаві статистичні закономірності. Виявлено, що найбільш ефективним є вирощування картоплі у передгірській ландшафтній зоні (точка  $Q_8$ ). Згідно зі статистичними даними та розробленою нелінійною математичною моделлю, при менших затратах на вирощування картоплі економічна родючість є вищою ніж на низовинній та гірській частині області (точки  $Q_7$ ,  $Q_9$ ). Це означає, що вирощування картоплі є дуже економічно вигідним саме у передгірській ландшафтній зоні. Слід зазначити, що максимальна економічна родючість може досягнути максимуму на низовинній зоні, але тоді потрібно значно збільшити затрати на вирощування (точка  $Q_7$ ). Потребує значних затрат на вирощування картоплі і гірська зона. Тому як для досягнення однакової економічної

родючості необхідно значно збільшити затрати на вирощування (рис. 4.11, точка  $Q_9$ ).

Отже, дослідження статистичних закономірностей дозволило виявити максимальну економічну родючість ґрунтів для різних ландшафтних зон Закарпаття. Запропоновано нелінійну математичну модель залежності економічної родючості від затрат на вирощування, що знайшла своє застосування в різних установах та підприємствах, які вивчають стан земель сільськогосподарського призначення у Закарпатті (див. Додаток Є) [7].

Всі знайдені параметри характеризують економічну родючість ґрунтів у середньому по ландшафтних зонах, допускаючи певні відхилення, що залежать від методів управління у галузі сільського господарства та наявності відповідних економічних ресурсів. При використанні земель сільськогосподарського призначення Закарпаття необхідно враховувати нелінійну залежність економічної родючості від затрат задля отримання максимального прибутку від вирощування сільськогосподарських культур у вибраних ландшафтних зонах області.

#### **Висновки до розділу 4**

1. Вперше встановлено, що економічна родючість ґрунтів Закарпаття для різних ландшафтних зон нелінійно залежить від затрат на вирощування сільськогосподарських культур. Виявлено існування стану насичення родючості ґрунтів залежно від затрат на вирощування основних сільськогосподарських культур.

2. Вперше запропоновано нелінійну математичну модель залежності економічної родючості від затрат та знайдено величину оптимальних затрат, за яких урожайність сільськогосподарських культур у різних ландшафтних зонах Закарпаття досягає максимальних значень.

3. Здійснено класифікацію земель сільськогосподарського призначення Закарпаття залежно від ландшафтних зон розташування та показників родючості ґрунтів.

### Список використаних джерел до Розділу 4

1. Волков С. Н. Экономика землеустройства. – Колос, 1996. - 239 с.
2. Волков С. Н. Экономическая эффективность землеустройства. – М., 1991. – 125 с.
3. Вьюн В. Г. Организационно-экономический механизм рационального природопользования в сельськохозяйственном производстве / В. Г. Вьюн. - Днепропетровск. - Пороги.: 1994. – 251 с.
4. Гебрин Л. В. Ефективність використання земельно-ресурсного потенціалу в Україні / Л.В. Гебрин // Актуальні проблеми астрономії та космонавтики: Міжнар. наук. конф. «Астрономічна школа молодих вчених» 15 - 17 трав. 2012 р.: матер. конф. – К., 2012. – С. 14 - 16.
5. Гебрин Л. В. Застосування аерокосмічних методів для визначення ефективності використання земельних ресурсів Закарпаття / Л. В. Гебрин, О. О. Железняк // Наукоємні технології. - 2014. – Вип. № 4. – С. 518-521.
6. Гебрин-Байди Л. В. Нелінійна математична модель економічної родючості ґрунтів ландшафтних зон Закарпаття / Л. В. Гебрин-Байди, О.О. Железняк, А. О. Терещенко // Вісник астрономічної школи. - 2016. – №1, т. 12. – С. 190-195.
7. Гебрин-Байди Л. В. Розробка нелінійної математичної моделі для оцінювання ефективності використання земель ландшафтних зон Закарпаття: [електронний ресурс]. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. №4 (68). Режим доступу до статті: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/368>.
8. Голуб А. А. Экономика природных ресурсов // А. А. Голуб, Е. Б. Струков. - М.: Аспект Пресс. – 1998. – 319 с.
9. Гуцуляк Г. Д. Еколого-економічні основи сталого розвитку Карпатського регіону України: монографія / Г. Д. Гуцуляк. – Чернівці: Вид-во «Прут», 2005. – 236 с.
10. Дорогунцов С. І. Оцінка земельно-ресурсного потенціалу України і проблеми забезпечення його ефективного використання / С. І. Дорогунцов,

О. С. Новоторов, Т. С. Ніколаєнко // Наукова доповідь. НАН України, РВПС України. К.: 1999. – 82 с.

11. Звіт про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2013 році; за ред. Ю. Ю. Бандуровича. – Ужгород.: «Карпати», 2014. – 91с.

12. Інформаційно-аналітичний звіт «Моніторинг довкілля в Закарпатській області» за 2013 рік / [Електронний ресурс] // Відомості Закарпатської обласної державної адміністрації, департаменту екології та природних ресурсів. Режим доступу: <http://ecozakarp.at.gov.ua>.

13. Медведєв В. В. Родючість ґрунтів (моніторинг та управління) / В. В. Медведєв. - К.: Урожай, 2001. – 246 с.

14. Новаковський Л. Я. Соціально-економічні проблеми сучасного землекористування / Л. Я. Новаковський, М. А. Олещенко. – Київ, Урожай, 2009. – 273 с.

15. Панченко О. Б. Урожайність сільськогосподарських культур залежно від систем обробітку ґрунту / О. Б. Панченко // Агробіологія. – 2015. – № 2. – С. 66 - 69.

16. Регіональна програма розвитку земельних відносин на Закарпатті на 2016 рік / [Електронний ресурс] // Відомості Головного управління держгеокадастру у Закарпатській області. Режим доступу: <http://zemreszak.gov.ua>.

17. Фандалюк А. В. Результати агрохімічних досліджень ґрунтів Закарпаття / А. В. Фандалюк, М. П. Сотмарі // Екологічні аспекти охорони родючості ґрунтів і навколишнього середовища. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю (Ч.2). – Бережани: НВДЦ «Нововведення». – 2006. – С. 244 - 250.

18. Харченко О. В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур / О. В. Харченко. - Суми: ВТД «Університетська книга». - 2003. - 283 с.

## ВИСНОВКИ

У дисертації подано теоретичне узагальнення та запропоновано розв'язання науково-прикладного завдання оцінювання показників родючості земель сільськогосподарського призначення з використанням аерокосмічних методів на основі побудови статистичних лінійних регресійних залежностей і розроблення нелінійних математичних моделей ефективності використання земель сільськогосподарського призначення.

Основні результати дисертації дозволяють зробити такі висновки:

1. Здійснено класифікацію земель сільськогосподарського призначення Закарпаття залежно від ландшафтних зон розташування та показників родючості ґрунтів на основі космічного та наземного спостереження. Встановлено, що економічна родючість ґрунтів Закарпаття для різних ландшафтних зон нелінійно залежить від затрат на вирощування основних сільськогосподарських культур. Виявлено існування стану насичення родючості ґрунтів залежно від затрат на вирощування основних сільськогосподарських культур.

2. Запропоновано та застосовано нелінійну математичну модель залежності економічної родючості від затрат, пов'язаних з проведення агротехнічних заходів для покращення економічної родючості ґрунтів. Знайдено величину оптимальних затрат, за яких урожайність сільськогосподарських культур у різних ландшафтних зонах Закарпаття досягає максимальних значень.

3. Виявлено, що для визначення кількісних показників вмісту гумусу в ґрунті за даними супутникових та наземних спостережень застосування моделей з використанням ближнього інфрачервоного каналу, спектрального індексу *NIR/Red* та степеневих моделей з червоним спектральним каналом найкраще відповідають статистичним даним наземних спостережень. Знайдено із запропонованих моделей оптимальну, в якій середній квадрат відхилень мінімальний.

4. Удосконалено процес оцінювання вологості верхнього шару ґрунтового покриву на основі математичної обробки значень індексів. Запропоновано водні індекси, що розраховуються на основі нормованої різниці спектрального відбиття в середній інфрачервоній зоні SWIR 1 (1560–1650 мкм) та SWIR 2 (2100–2300 мкм) електромагнітного спектра для оцінювання вологості ґрунтів на землях різних ландшафтних зон Закарпаття при вирішенні агротехнічних проблем у сільськогосподарському господарстві.

5. Встановлено та досліджено статистичну регресійну лінійну залежність між відносною кількістю та загальним станом рослинності за даними вегетаційного індексу і показниками родючості ґрунтів в умовах різних ландшафтних зон Закарпаття, яка дозволяє оцінювати та кількісно прогнозувати врожайність сільськогосподарських культур. На основі виявленої регресійної статистичної залежності отримано щомісячну локальну та опосередковано інформації про стан рослинності різних ландшафтних зон області, яка допомагає вибрати раціональні агротехнічні заходи щодо покращення економічної родючості ґрунтів.

## **Додатки**

**Додаток А**  
**Фізико-технічні характеристики супутника Landsat 8 OLI**  
**Спектральні дані**

Спектральний канал	Довжина хвилі	Розрізненість (розмір 1 пікселя)
<b>Діапазони OLI</b>		
Канал 1 – Аерозолі	0.433 – 0.453 мкм	30 м
Канал 2 – Синій	0.450 – 0.515 мкм	30 м
Канал 3 – Зелений	0.525 – 0.600 мкм	30 м
Канал 4 – Червоний	0.630 – 0.680 мкм	30 м
Канал 5 – Ближній ІЧ	0.845 – 0.885 мкм	30 м
Канал 6 – Ближній ІЧ	1.560 – 1.660 мкм	30 м
Канал 7 – Ближній ІЧ	2.100 – 2.300 мкм	30 м
Канал 8 – Панхроматичний	0.500 – 0.680 мкм	15 м
Канал 9 – Хмари	1.360 – 1.390 мкм	30 м
<b>Діапазони TIRS</b>		
Канал 10 – Дальній ІЧ	10.30 – 11.30 мкм	100 м
Канал 11 – Дальній ІК	11.50 – 12.50 мкм	100 м



## Додаток Б

### Паспорти моніторингових ділянок

Результати досліджень у мережі спостережень на моніторинговій ділянці УА № 14, с. Ракошино, Закарпаття

**ПАСПОРТ**

МОНІТОРИНГОВОЇ ДІЛЯНКИ № УА 0000000000

Країна: Україна UA

Область: Закарпатська 0000000000

Район: Мукачевський 0000000000

Населений пункт: с. Ракошино 0000000000


Порядковий номер моніторингової ділянки № 14

Географічні координати: 48°28'49" N, 22°36'09" E, h168m

Тип ґрунту: агролісний слабкої освітленості слабкої важко суглинковий і легко глинистий (178a)

Початок спостережень: 1979 р.

Схема розташування моніторингової ділянки



Паспортна ділянка № 14 об'єдн. УА № 14, с. Ракошино, Закарпаття

		Питома		
		2011	2012	2013
<b>Питома агролісний ґрунт (a)</b>				
Заказ	1.1	17a	17a	17a
	1.2	20	20	20
	1.3	20	20	20
Агролісн. ґрунт	2.1	1,3	1,3	1,3
	2.2			
Високий агролісний	3.1	1,0	1,0	1,0
	3.2	1,0	1,0	1,0
	3.3	1,0	1,0	1,0
	3.4	1,0	1,0	1,0
	3.5	1,0	1,0	1,0
	3.6	1,0	1,0	1,0
	3.7	1,0	1,0	1,0
	3.8	1,0	1,0	1,0
	3.9	1,0	1,0	1,0
	3.10	1,0	1,0	1,0
Агролісний	4.1	2,85	2,28	2,17
	4.2			
	4.3			
	4.4			
Місцеві сполучення	5.1	0,5	0,5	0,5
	5.2	0,5	0,5	0,5
	5.3	0,5	0,5	0,5
	5.4	0,5	0,5	0,5
	5.5	0,5	0,5	0,5
	5.6	0,5	0,5	0,5
	5.7	0,5	0,5	0,5
	5.8	0,5	0,5	0,5
	5.9	0,5	0,5	0,5
	5.10	0,5	0,5	0,5
Високий агролісний	6.1	0,2	0,2	0,2
	6.2	0,2	0,2	0,2
	6.3	0,2	0,2	0,2
	6.4	0,2	0,2	0,2
Високий агролісний	7.1	0,0	0,0	0,0
	7.2	0,0	0,0	0,0
	7.3	0,0	0,0	0,0
	7.4	0,0	0,0	0,0
	7.5	0,0	0,0	0,0
	7.6	0,0	0,0	0,0
	7.7	0,0	0,0	0,0
	7.8	0,0	0,0	0,0
	7.9	0,0	0,0	0,0
	7.10	0,0	0,0	0,0
Високий агролісний	8.1	0,0000	0,0196	0,0174
	8.2	0,0002	0,0004	0,0002
	8.3	0,0	0,0000	0,0019
	8.4	0,0000	0,0105	0,0001
8.5	0,0	0,0004	0,0000	
<b>Питома</b>		<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
№ 4 178 9.1 Агролісн.				

Моніторинг	9.1	Фосфор			
	9.2	Калій			
	9.3	Суперфосф.			
	9.4	Важкі			
	9.5	Гли			
Кислотн.	10.1	Урожай, ц/га	тільки	тільки	тільки
	10.2	Урожай, ц/га			
	10.3	Питома активність ґрунту-127, балів	<2,0	<2,0	<2,0
	10.4	Питома активність ґрунту-90, балів			
	10.5	Хімічні сполучення			
Розміри агролісний (агролісн.)	11.1	Самшит, м/га	0,0	0,04	
	11.2	Мли, м/га	0,0	0,12	
	11.3	Мли, м/га			
	11.4	Мли, м/га			
	11.5	Рух, м/га			
	11.6	Циц, м/га	0,0	0,20	
	11.7	Кобальт, м/га		0,23	
	11.8	Вор, м/га			
	11.9	Мли, м/га			
	11.10	Мли, м/га		0,23	
	11.11	Мли, м/га			
	11.12	Мли, м/га			
	11.13	Мли, м/га			
	11.14	Мли, м/га			
	11.15	Мли, м/га			
Кислотн. (агролісн.)	12.1	Урожай, ц/га	тільки	тільки	тільки
	12.2	Урожай, ц/га			
	12.3	Питома активність ґрунту-127, балів	<2,0	<2,0	<2,0
	12.4	Питома активність ґрунту-90, балів			
	12.5	Хімічні сполучення			
	12.6	Самшит, м/га	1,42	0,27	
	12.7	Мли, м/га	0,0	0,0	
	12.8	Мли, м/га	0,0	0,0	
	12.9	Мли, м/га	0,0	0,0	
	12.10	Мли, м/га			
	12.11	Мли, м/га			
	12.12	Мли, м/га			
	12.13	Мли, м/га			
	12.14	Мли, м/га			
	12.15	Мли, м/га			
<b>Питома</b>		<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	
№ 4 178 9.1 Агролісн.					

Протокол аналізу ДМД UA № 15, с. Тур'-Ремети, Закарпаття

Показники		2011	2012	2013
Друкони агрохімікатами (грунт, росл.)	1.1	1820	1820	1820
	1.2	20	20	20
	1.3	20	20	20
	1.4			
Азотний азот	2.1			
	2.2	1,39	1,39	1,39
	2.3			
	2.4			
Фосфорний азот	3.1	1,20	2,65	4,56
	3.2	1,94	5,1	4,03
	3.3		0,1	0,7
	3.4	11,88	11,24	
	3.5			
	3.6			
	3.7			
	3.8			
	3.9			
Калієвий азот	4.1	1,46	1,46	1,69
	4.2			
	4.3	122,2	92,6	70,8
	4.4	46,2	74,8	31,2
Кислотні елементи	5.1	0,1	1,4	1,23
	5.2	25,5	28,7	25,24
	5.3	0,0	0,20	0,26
	5.4			0,13
	5.5	0,0	0,0	0,11
	5.6			
	5.7	0,0	0,0	1,28
	5.8			
	5.9			
	5.10			
Мінерні елементи (в мг/кг)	6.1	2,2	6,4	4,23
	6.2	3,0	3,8	4,26
	6.3	0,1	0,1	0,11
	6.4	3,8	2,7	3,14
Відсоток органічних речовин (грунт)	7.1	6,0	5,8	6,8
	7.2	30,0	20,0	24,0
	7.3			
	8.1	0,00605	0,00905	0,00748
	8.2	0,00384	0,0	0,00034
	8.3	0,00105	0,0	0,00032
	8.4	0,00055	0,00402	0,00061
	8.5	0,00286	0,0	0,00041

Протокол аналізу ДМД UA № 15, с. Тур'-Ремети, Закарпаття

Показники

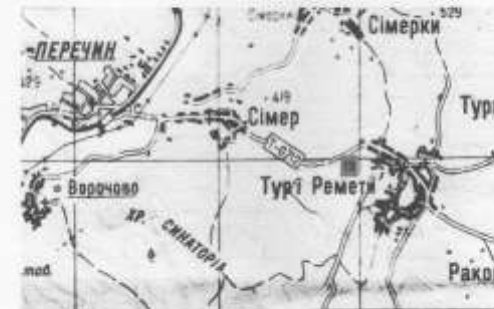
		2011	2012	2013
Агрохімічний аналіз	9.1			
	9.2			
	9.3			
	9.4			
	9.5			
	9.6			
	9.7			
	9.8			
	9.9			
	Культурні рослин	10	Урожай, ц/га	3900
11		Розквітання		
Рослинні органічні елементи	11.1	Питома вага вологи рослин (77, біолог)	12,0	12,0
	11.2	Питома вага вологи рослин (90, біолог)		
	12	Вміст органічних		
	12.1	Силіція, мг/кг	6,0	6,22
	12.2	Калій, мг/кг	6,0	6,6
	12.3	Мідь, мг/кг	6,0	4,27
	12.4	Молібден, мг/кг		
	12.5	Ртуть, мг/кг		
	12.6	Цинк, мг/кг	6,0	6,7
	12.7	Кобальт, мг/кг		
	12.8	Бор, мг/кг		
	12.9	Молибден, мг/кг		
	12.10	Марганець, мг/кг		6,32
	12.11	Вміст органічних елементів		
	13.1	ДМТ (вміст органічних), мг/кг	6,0	6,0033
	13.2	ДМФ, мг/кг	6,0	6,0014
	13.3	ДМВ, мг/кг	6,0	6,0066
	Культурні рослин	14	Питома вага рослин	
15		Урожай, ц/га		
16		Розквітання		
16.1		Питома вага вологи рослин (77, біолог)		
16.2		Питома вага вологи рослин (90, біолог)		
17		Вміст органічних		
17.1		Силіція, мг/кг		
17.2		Калій, мг/кг		
17.3		Мідь, мг/кг		
17.4		Молібден, мг/кг		
17.5	Ртуть, мг/кг			
17.6	Цинк, мг/кг			
17.7	Кобальт, мг/кг			
17.8	Бор, мг/кг			
17.9	Молибден, мг/кг			
17.10	Марганець, мг/кг			
18	Вміст органічних елементів			

Результати досліджень у мережі спостережень на моніторинговій ділянці UA № 15, с. Тур'-Ремети, Закарпаття

РАСВОРТ

МОНІТОРИНГОВА ДІЛЯНКА № UA 0000000000  
 Країна: Україна UA  
 Область: Закарпатська 000000000  
 Район: Переміський 000000000  
 Населений пункт: с. Тур'-Ремети 000000000  
 Порядковий номер моніторингової ділянки: № 13  
 Географічні координати: 48°42'272" N; 22°56'860" E; h192m  
 Тип ґрунту: буроземно-щодолітє (залежить від середньорічної температури) (182a)  
 Початок спостережень: 1979 р

Схема розташування моніторингової ділянки



Продовження звіту «МД 1/А М-08, с. В. Ворота, Закарпаття»

Питомика		2011	2012	2013		
<b>Грунтові агрохімічні групи (аг)</b>						
Земля	1.1	Площасть сільськогосподарської землі, га	1914	1914	1914	
	1.2	Площасть сільськогосподарської землі, га	28	28	28	
	1.3	Відсоток сільськогосподарської землі, %	1,46	1,46	1,46	
Агрофітні групи (агф)	1.7	Відсоток агрофітних груп, %	1,13	1,13	1,13	
	2.1	Агрофітні групи, га	1,13	1,13	1,13	
	2.2	Відсоток агрофітних груп, %	1,13	1,13	1,13	
Фізико-хімічні	3.1	Середній вміст гумусу, мг/кг (0-200 см)	3,48	3,48	3,09	
	3.2	PH ґрунтового розчину	6,17	5,87	5,60	
	3.3	Сумарний азот, мг/кг (0-200 см)	19,3	19,3	21,7	
	3.4	Об'ємний вміст азоту, мг/кг (0-200 см)	15,0	17,15		
	3.5	Об'ємний вміст фосфору, мг/кг (0-200 см)				
	3.6	Азот-гумусовий, %				
	3.7	Фосфор-гумусовий, %				
	3.8	Азот-гумусовий, %				
	3.9	PH ґрунтового розчину				
	3.10	Сумарний азот, мг/кг (0-200 см)				
Агрофітні	4.1	Трава, %	4,42	4,22	4,51	
	4.2	Азот-гумусовий, мг/кг				
	4.3	Азот-гумусовий, мг/кг	175,6	111,8	128,8	
	4.4	Фосфор-гумусовий, мг/кг	46,3	17,6	71,7	
Мінеральні	КА, СР, СР	5.1	Ваній, мг/кг	1,3	1,81	1,41
		5.2	Магній, мг/кг	15,2	40,5	24,24
		5.3	Міа, мг/кг	1,8	0,86	0,87
		5.4	Калій, мг/кг			0,23
		5.5	Ваній, мг/кг	0,8	0,1	0,14
		5.6	Магній, мг/кг			
		5.7	Сумарний азот, мг/кг	0,8	0,2	1,25
		5.8	Ваній, мг/кг			
		5.9	Уран, мг/кг			
		5.10	Ваній, мг/кг	14,0	4,0	1,47
Мінеральні	Ca, Mg, K	6.1	Ваній, мг/кг	0,7	0,7	0,86
		6.2	Магній, мг/кг	0,1	0,17	0,26
		6.3	Калій, мг/кг	11,6	12,0	0,37
		6.4	Сумарний азот, мг/кг			
Індекс агрохімічних даних (ІАД)	ІАД	7.1	Розмірність	7,0	7,2	7,2
		7.2	Відсоток азоту в ґрунті	19,3	19,3	21,7
		7.3	Сумарний азот, мг/кг			
		8.1	Азот, мг/кг	0,0048	0,0044	0,0027
		8.2	Ваній, мг/кг	0,0	0,0	0,0007
		8.3	Магній, мг/кг	0,0018	0,0021	0,0014
		8.4	Сумарний азот, мг/кг	0,0	0,0000	0,0014
		8.5	PH ґрунтового розчину	0,0071	0,0	0,0044

Питомика		2011	2012	2013		
Агрофітні групи (агф)	Мінеральні	9.1	Ваній			
		9.2	Фосфор			
		9.3	Калій			
		9.4	Сумарний азот			
		9.5	Ваній			
		9.6	PH			
		9.7	Сумарний азот			
		9.8	Ваній, мг/кг			
		9.9	Сумарний азот			
		9.10	Сумарний азот			
Культурні групи (агк)	Розмірність	10	Урожай, т/га	1914	1914	1914
		11	Розмірність			
		11.1	Відсоток азоту в ґрунті (0-200 см)	19,3	19,3	21,7
		11.2	Відсоток азоту в ґрунті (0-200 см)			
		12	Ваній, мг/кг			
		12.1	Ваній, мг/кг	0,8	0,7	0,86
		12.2	Калій, мг/кг	0,0	0,0	0,0
		12.3	Магній, мг/кг	0,0	0,0	0,14
		12.4	Сумарний азот, мг/кг			
		12.5	Сумарний азот, мг/кг			
Розмірність (агф)	Розмірність (агф)	13	Ваній, мг/кг	0,0	0,04	0,21
		13.1	Ваній, мг/кг			
		13.2	Ваній, мг/кг			
		13.3	Ваній, мг/кг			
		13.4	Ваній, мг/кг			
		13.5	Ваній, мг/кг			
		13.6	Ваній, мг/кг			
		13.7	Ваній, мг/кг			
		13.8	Ваній, мг/кг			
		13.9	Ваній, мг/кг			
13.10	Ваній, мг/кг			1,21		
Культурні групи (агк)	Розмірність (агк)	14	Ваній, мг/кг			
		14.1	Ваній, мг/кг			
		14.2	Ваній, мг/кг			
		14.3	Ваній, мг/кг			
		14.4	Ваній, мг/кг			
		14.5	Ваній, мг/кг			
		14.6	Ваній, мг/кг			
		14.7	Ваній, мг/кг			
		14.8	Ваній, мг/кг			
		14.9	Ваній, мг/кг			
14.10	Ваній, мг/кг					

Результати досліджень у мережі спостережень на моніторинговій ділянці UA № 08, с.В.Ворота, Закарпаття

ВАСВОФТ

МОНІТОРИНГОВА ДІЛЯНКА № UA 0000000000

Країна: Україна UA

Область: Закарпатська 000000000

Район: Воловецький 000000000

Населений пункт: с. В. Ворота 000000000

Порядковий номер моніторингової ділянки: № 08

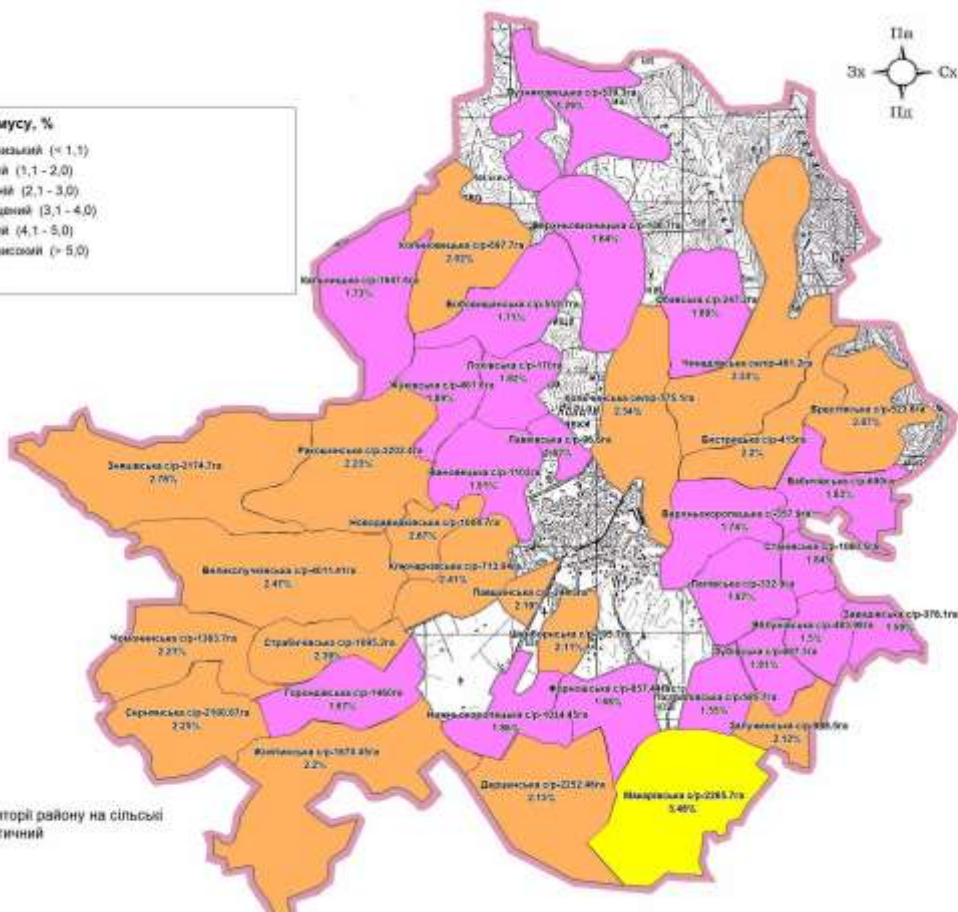
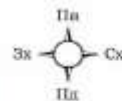
Географічні координати: 48°43'41.3" N, 23°11'10.9" E, 1610m

Тип ґрунту: бурі гірсько-лісові середньо-глибокі карбонатно-суглинкові ґрунти промислового поясу (300-400м н.р.м.) (1914)

Початок спостережень: 1979 р.

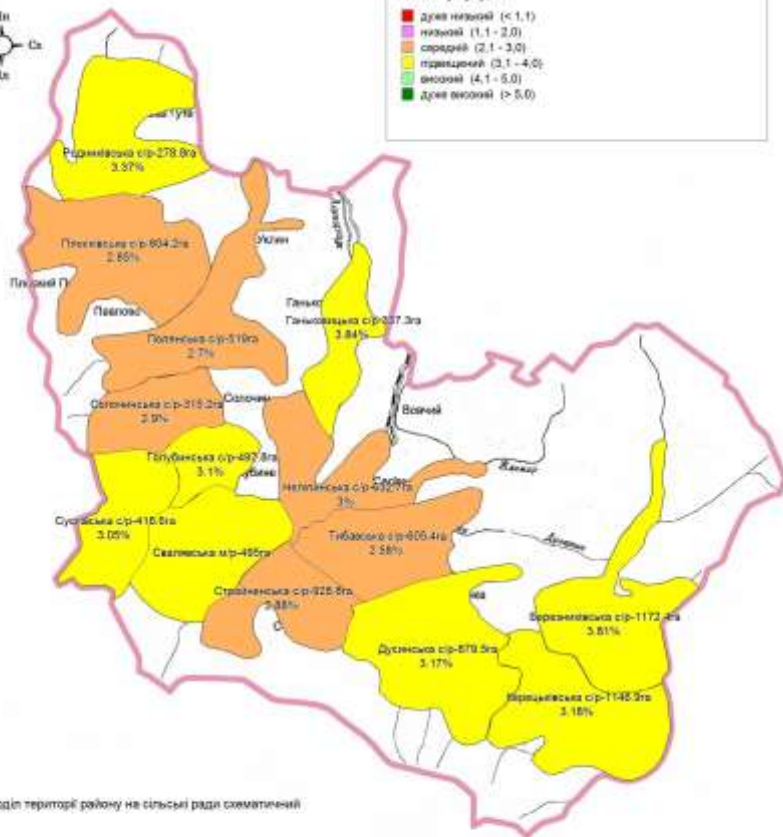
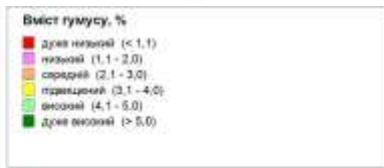
Схема розташування моніторингової ділянки





Виконавець: Закарпатська філія ДУ "Держгеоцентр" 90252, Закарпатська область, Березівський р-н, с. В. Балта, вул. Садова, 1 тел./факс 8 (03141) 2 31 78

\* Поділ території району на сільські ради схематичний



\* Поділ території району на сільські ради схематичний

Виконавець: Закарпатська філія ДУ "Держгеоцентр" 90252, Закарпатська область, Березівський р-н, с. В. Балта, вул. Садова, 1 тел./факс 8 (03141) 2 31 78

## Додаток В

### Математична обробка мультиспектральних знімків супутника Landsat згідно з датою дослідження

### Експериментальні обчислення

Таблиця В.1

08/03/13 80L1	Гаст	Спектральні енергетичні яскравості						NDVI	Грп						Грп по запропонованих моделях спектральних індексів													
		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
В.Добронь	0,55	50,10	39,79	39,12	40,00	9,36	3,04	0,01	0,04	1,27	-0,20	-0,26	5,16	-5,35	0,90	1,34	0,61	0,70	1,03	1,24	1,22	1,37	2,40	0,94	1,60	1,42	2,11	
Хут	0,55	48,40	42,01	41,10	36,09	11,79	3,35	-0,06	0,81	0,61	-0,40	1,93	-1,83	74,44	0,63	1,06	0,56	0,55	0,51	1,09	1,23	1,51	1,92	0,63	1,18	1,86	1,83	
Виноградів	1,58	45,31	36,51	33,71	28,51	8,61	2,42	-0,08	2,23	2,24	2,49	6,18	7,31	-164,41	2,20	1,78	2,52	2,28	2,44	2,10	2,40	2,56	2,32	2,42	1,59	1,96	2,31	
Соломоново	1,86	49,53	40,16	38,54	40,84	12,86	2,90	0,03	0,30	1,16	1,52	-0,73	-4,91	-40,01	2,19	2,45	1,92	2,00	2,13	2,15	1,94	2,36	2,29	2,11	2,49	2,70	2,08	
Середне	2,07	50,00	40,25	38,09	32,90	13,38	2,36	-0,07	0,08	1,13	1,61	3,72	-6,38	-179,05	2,17	1,79	1,99	1,85	2,28	2,10	1,99	2,43	2,33	2,25	1,66	2,87	1,97	
Бовтрадь	2,07	45,41	34,39	33,21	36,14	11,74	2,54	0,04	2,18	2,87	2,59	1,91	-1,70	-132,71	2,59	2,53	2,48	2,52	2,59	2,58	2,35	2,32	2,68	2,54	2,61	2,89	2,62	
Довге	2,17	43,70	34,57	32,98	37,64	10,83	2,54	0,07	2,96	2,82	2,63	1,06	0,93	-132,44	2,42	2,74	2,53	2,62	2,35	2,44	2,40	2,39	2,43	2,32	2,84	2,65	2,62	
Астей	2,24	45,95	35,64	32,74	34,85	11,90	2,71	0,03	1,93	2,50	2,68	2,63	-2,13	-88,91	2,75	2,55	2,63	2,61	2,76	2,68	2,51	2,59	2,54	2,73	2,51	2,98	2,48	
В.Копаня	2,38	46,22	36,76	34,18	36,40	10,62	2,45	0,03	1,81	2,17	2,39	1,76	1,53	-156,75	2,46	2,53	2,45	2,46	2,49	2,41	2,34	2,52	2,39	2,46	2,51	2,48	2,38	
Ужок	2,55	45,96	36,45	32,22	38,02	9,25	2,10	0,08	1,93	2,26	2,79	0,85	5,47	-247,16	2,85	3,03	2,77	2,84	2,87	2,76	2,65	2,80	2,41	2,85	3,00	2,26	2,43	
Мужієво	2,58	43,31	33,67	29,65	31,82	8,97	3,06	0,04	3,14	3,08	3,30	4,33	6,27	0,29	2,95	2,67	3,05	2,97	3,04	2,84	2,97	2,82	2,52	3,03	2,55	2,41	2,64	
Вучкове	2,62	37,95	28,15	25,11	29,44	7,89	3,04	0,08	5,59	4,72	4,01	5,66	9,36	-5,49	2,96	2,75	3,32	3,28	3,01	2,99	3,35	2,54	2,80	2,99	2,78	2,40	3,18	
Тур'я Ремети	2,69	39,33	27,64	23,49	30,65	8,70	1,83	0,13	4,96	4,87	3,94	4,98	7,05	-317,02	3,13	2,79	3,21	3,23	3,16	3,24	3,19	2,36	3,14	3,16	2,90	2,65	3,25	
Поляна	3,06	40,65	28,95	24,78	30,61	8,39	3,08	0,11	4,35	4,48	4,08	5,01	7,94	6,07	3,57	3,04	3,45	3,44	3,57	3,60	3,54	2,76	3,05	3,64	3,03	2,62	3,12	
Ракошино	3,17	46,78	36,78	34,45	34,63	11,49	2,62	0,00	1,55	2,16	2,34	2,75	-0,97	-112,82	2,47	2,30	2,41	2,36	2,52	2,40	2,30	2,49	2,46	2,49	2,26	2,70	2,35	
Гать	3,65	44,71	35,63	31,53	35,01	9,60	2,36	0,05	2,50	2,50	2,92	2,54	4,45	-179,46	2,78	2,79	2,84	2,83	2,82	2,70	2,73	2,80	2,38	2,81	2,71	2,43	2,48	
Голубине	3,93	44,98	35,64	31,17	35,73	10,36	2,35	0,07	2,37	2,50	3,00	2,14	2,29	-182,28	2,95	2,93	2,91	2,92	2,95	2,87	2,80	2,86	2,42	2,94	2,86	2,69	2,49	
В.Гравінця	3,96	40,27	31,21	27,16	31,68	9,25	1,87	0,08	4,53	3,81	4,20	4,41	5,48	-306,40	3,76	3,51	3,74	3,74	3,73	3,86	4,01	3,35	2,54	3,77	3,33	3,02	2,89	
Волосянка	4,20	40,78	28,68	25,03	33,90	9,03	2,69	0,15	4,29	4,56	4,23	3,16	6,11	-93,88	3,97	3,66	3,57	3,72	3,80	4,14	3,75	2,88	3,13	3,92	3,74	2,96	3,18	
Кушниця	4,38	39,36	27,81	23,59	30,47	10,74	1,84	0,13	4,94	4,82	4,52	5,08	1,18	-313,79	4,18	3,51	3,79	3,83	3,98	4,51	4,17	3,04	3,10	4,13	3,47	3,86	3,23	
В.Ворога	4,55	40,15	28,71	25,06	32,12	9,20	2,61	0,12	4,58	4,55	4,22	4,16	5,61	-115,24	3,80	3,41	3,57	3,64	3,69	3,93	3,75	2,88	3,03	3,78	3,43	3,02	3,16	
Подобовець	4,79	40,27	30,56	26,78	36,04	8,04	3,60	0,15	4,53	4,00	4,28	1,96	8,94	139,73	4,00	4,17	3,77	3,97	3,84	4,07	4,07	3,32	2,66	3,90	4,16	2,61	3,02	
Зняївська	2,78	38,84	27,21	26,11	28,42	8,78	4,06	0,04	5,18	4,99	4,01	6,24	6,82	258,86	3,14	2,55	3,25	3,19	3,17	3,15	3,25	2,36	3,16	3,17	2,61	2,73	3,27	
Вел.Лучківська	2,48	45,43	37,93	35,23	37,44	10,98	3,57	0,03	2,17	1,82	2,18	1,17	0,50	132,33	2,20	2,52	2,34	2,36	2,12	2,17	2,25	2,53	2,13	2,13	2,50	2,49	2,27	
Чомонинська	2,21	44,83	36,57	33,69	35,49	12,67	2,98	0,03	2,44	2,22	2,49	2,27	-4,35	-20,01	2,44	2,50	2,52	2,51	2,36	2,40	2,41	2,57	2,25	2,35	2,46	3,11	2,39	
Сернянська	2,25	45,86	35,93	33,85	35,51	12,79	2,66	0,02	1,97	2,41	2,46	2,26	-4,70	-102,90	2,54	2,44	2,46	2,46	2,45	2,51	2,50	2,34	2,45	2,48	2,47	2,45	3,12	2,45
Жнятинська	2,2	49,55	40,84	38,82	31,81	11,72	2,71	-0,10	0,29	0,96	1,46	4,33	-1,63	-88,59	1,93	1,63	1,91	1,73	2,07	1,88	1,94	2,41	2,20	2,06	1,47	2,40	1,90	
Дерненська	2,13	42,92	32,62	33,93	36,74	11,20	2,60	0,04	3,32	3,39	2,44	1,56	-0,14	-117,70	2,12	2,38	2,25	2,34	2,09	2,21	2,13	1,95	2,66	2,00	2,59	2,67	2,81	
Залужанська	2,12	43,92	34,96	34,31	36,43	11,20	2,46	0,03	2,86	2,70	2,37	1,74	-0,14	-154,24	2,16	2,41	2,32	2,37	2,12	2,21	2,24	2,21	2,24	2,08	2,50	2,63	2,57	
Шенборнська	2,11	43,39	34,62	33,14	36,88	11,33	2,60	0,05	3,10	2,80	2,60	1,49	-0,51	-117,70	2,35	2,63	2,50	2,57	2,27	2,37	2,37	2,38	2,23	2,72	2,78	2,61		
Страбичівська	2,39	47,15	35,72	36,61	37,39	10,21	2,35	0,01	1,38	2,48	1,91	1,20	2,71	-183,72	2,11	2,19	1,99	2,05	2,21	2,12	1,95	2,02	2,68	2,12	2,33	2,18	2,50	
Ключарківська	2,41	47,32	36,77	37,61	38,91	11,21	2,04	0,02	1,31	2,16	1,71	0,35	-0,17	-261,84	2,00	2,24	1,89	1,97	2,04	2,06	1,89	2,04	2,53	1,96	2,38	2,36	2,41	
Нов.Давидівська	2,67	38,69	26,49	28,64	33,89	8,46	2,76	0,08	5,25	5,21	3,50	3,16	7,74	-75,68	2,54	2,66	2,75	2,89	2,57	2,66	2,57	1,77	3,31	2,45	3,01	2,34	3,41	
Лавшинська	2,19	48,95	39,38	39,80	33,76	12,97	3,44	-0,08	0,56	1,39	1,27	3,24	-5,22	98,77	1,78	1,61	1,68	1,59	1,85	1,80	1,77	2,09	2,33	1,81	1,60	2,63	2,07	
Копиновецька	2,02	49,00	39,98	39,92	33,00	8,64	3,37	-0,09	0,54	1,21	1,24	3,67	7,21	80,09	1,63	1,56	1,69	1,57	1,82	1,64	1,78	2,15	2,25	1,80	1,50	1,59	2,00	
Кольчинська	2,34	47,84	36,28	34,99	34,18	11,65	2,60	-0,01	1,07	2,31	2,23	3,00	-1,43	-119,11	2,49	2,15	2,29	2,24	2,59	2,41	2,19	2,33	2,67	2,54	2,14	2,70	2,40	
Чинадівська	2,33	48,14	35,28	36,90	35,72	10,27	2,63	-0,02	0,93	2,61	1,85	2,14	2,55	-110,48	2,14	1,97	1,92	1,94	2,32	2,13	1,90	1,93	2,88	2,21	2,10	2,17	2,52	
Бистрицька	2,2	49,95	41,24	39,92	31,08	12,21	2,71	-0,12	0,11	0,84	1,24	4,74	-3,03	-88,59	1,79	1,45	1,75	1,56	1,93	1,77	1,83	2,31	2,19	1,93	1,30	2,44	1,85	
Брестівська	2,87	39,76	28,92	29,61	29,94	9,48	6,13	0,01	4,76	4,49	3,31	5,38	4,81	793,36	2,45	2,15	2,75	2,69	2,50	2,43	2,59	2,03	2,92	2,41	2,29	2,57	3,11	
Пузняковецька	1,29	46,94	37,61	38,95	30,58	8,78	3,80	-0,12	1,48	1,91	1,44	5,02	6,81	191,15	1,52	1,35	1,72	1,56	1,73	1,58	1,78	1,97	2,35	1,68	1,33	1,67	2,22	
Верх.Визницька	1,64	46,31	37,51	39,71	32,51	7,08	3,21	-0,10	1,77	1,95	1,28	3,94	11,71	38,81	1,32	1,43	1,60	1,50	1,52	1,45	1,70	1,87	2,29	1,48	1,47	1,23	2,25	
Бобовишанська	1,71	45,09	36,61	34,38	29,36	8,08	2,08	-0,08	2,32	2,21	2,35	5,71	8,83	-252,93	2,03	1,77	2,41	2,20	1,98	2,30	2,47	2,28	2,25	1,62	1,76	2,31	2,25	
Кальницька	1,73	46,44	36,06	33,95	28,36	8,61	2,21	-0,09	1,71	2,37	2,44	6,27	7,31	-219,40	2,29	1,70	2,45	2,22	2,58	2,17	2,33	2,46	2,53	2,54	1,54	1,94	2,35	
Жуківська	1,89	50,56	47,26	39,71	40,01	11,33	2,03	0,00	-0,17	-0,94	1,28	-0,27	-0,50	-266,50	2,03	2,54	2,08	2,04	1,90	1,96	2,11	3,10	1,55	2,04	2,27	2,24	1,34	
Лохівська	1,82	48,56	41,64	39,71	42,01	12,63	3,05	0,03	0,74	0,72	1,28	-1,39	-4,25	-0,90	1,90	2,45	1,80	1,90	1,73	1,92	1,87	2,39	1,98	1,78	2,48	2,		

Зубівська	1,81	47,56	42,26	37,37	41,81	8,63	2,05	0,06	1,20	0,54	1,75	-1,28	7,24	-259,10	2,06	2,82	2,22	2,30	1,96	2,01	2,18	2,80	1,80	2,04	2,74	1,73	1,88
Пістрялівська	1,55	47,09	46,51	39,10	46,14	7,78	3,08	0,08	1,41	-0,72	1,41	-3,71	9,68	5,29	1,78	3,14	2,15	2,29	1,40	1,74	2,15	3,10	1,29	1,68	3,00	1,42	1,49
Форошська	1,68	45,94	36,61	36,71	38,36	8,78	2,08	0,02	1,94	2,21	1,89	0,66	6,81	-252,93	1,92	2,31	2,03	2,09	1,98	1,96	1,99	2,13	2,38	1,93	2,43	1,81	2,42
Ниж.Коропецька	1,86	49,15	38,26	39,57	41,40	13,63	2,54	0,02	0,47	1,72	1,31	-1,05	-7,12	-133,49	2,00	2,26	1,66	1,79	1,95	2,04	1,75	1,98	2,52	1,88	2,43	2,81	2,29
Городишська	1,67	45,34	37,99	32,10	38,58	8,85	3,08	0,09	2,21	1,80	2,81	0,53	6,62	5,29	2,80	3,20	2,89	2,95	2,78	2,66	2,78	3,07	2,11	2,78	3,09	2,15	2,28
Івановецька	1,91	49,20	40,47	34,91	36,55	12,76	2,34	0,02	0,45	1,07	2,25	1,67	-4,60	-185,08	2,75	2,62	2,54	2,49	2,76	2,62	2,44	2,94	2,21	2,76	2,44	3,00	2,00
Лавківська	1,62	46,14	34,89	34,58	36,54	11,44	2,36	0,03	1,85	2,72	2,31	1,68	-0,83	-181,11	2,40	2,37	2,28	2,32	2,43	2,39	2,17	2,19	2,69	2,37	2,48	2,68	2,57
Макарівська	3,48	45,90	36,63	33,90	35,12	9,05	2,31	0,02	1,96	2,21	2,45	2,48	6,05	-192,84	2,40	2,43	2,49	2,46	2,49	2,33	2,38	2,55	2,38	2,47	2,39	2,07	2,38
Ракошівська	2,23	48,53	45,18	39,07	39,39	11,21	3,35	0,00	0,75	-0,33	1,41	0,08	-0,17	74,49	1,92	2,48	2,08	2,06	1,73	1,87	2,10	2,93	1,57	1,88	2,27	2,26	1,54
Керешківська	3,18	46,44	36,28	34,50	34,27	11,27	2,62	0,00	1,71	2,31	2,33	2,95	-0,32	-112,82	2,40	2,23	2,37	2,32	2,47	2,35	2,26	2,40	2,50	2,43	2,21	2,63	2,40
Березниківська	3,81	45,83	35,40	28,40	35,58	10,58	2,52	0,11	1,99	2,57	3,55	2,22	1,64	-139,86	3,82	3,50	3,41	3,44	3,79	3,78	3,43	3,38	2,56	3,84	3,31	3,07	2,51
Душинська	3,17	47,84	37,28	32,99	34,72	11,27	2,21	0,03	1,07	2,01	2,63	2,70	-0,32	-219,97	2,91	2,58	2,68	2,63	2,99	2,79	2,57	2,80	2,51	2,98	2,46	2,78	2,30
Свалівська	3,25	45,71	34,13	32,59	35,12	9,05	2,63	0,04	2,04	2,95	2,71	2,48	6,05	-111,65	2,66	2,52	2,57	2,58	2,77	2,58	2,43	2,38	2,76	2,73	2,57	2,17	2,64
Сусківська	3,05	40,50	27,95	25,85	30,11	8,32	3,81	0,08	4,43	4,77	4,07	5,28	8,14	194,28	3,52	2,88	3,36	3,35	3,52	3,53	3,41	2,55	3,25	3,59	2,94	2,59	3,21
Голубинська	3,1	45,78	35,83	34,50	34,27	11,93	3,06	0,00	2,01	2,44	2,33	2,95	-2,22	-0,40	2,27	2,24	2,11	2,34	2,27	2,30	2,21	2,45	2,34	2,49	2,33	2,21	2,82
Ганьковичівська	3,84	44,83	35,40	26,74	35,73	10,36	2,85	0,14	2,44	2,57	3,89	2,14	2,29	-53,06	3,37	3,93	3,84	3,74	3,71	3,79	3,93	2,51	3,77	2,43	4,17	3,66	3,21
Родниківська	3,37	43,31	35,64	33,74	36,26	10,82	2,16	0,04	3,14	2,50	2,48	1,84	0,97	-232,13	2,35	2,34	2,50	2,46	2,46	2,48	2,52	2,49	2,43	2,21	2,10	2,55	2,58
Плосківська	2,85	39,76	27,21	29,11	29,42	8,18	5,13	0,01	4,76	4,99	3,41	5,67	8,54	535,15	2,95	2,54	2,19	2,72	2,80	2,68	2,07	3,28	1,82	3,31	2,53	2,28	2,20
Полянська	2,7	38,55	28,92	28,01	30,42	9,08	7,18	0,04	5,31	4,49	3,63	5,11	5,96	1064,48	3,13	2,94	2,55	3,03	3,05	3,00	2,52	3,12	2,31	2,73	2,59	2,60	2,61
Солочинська	2,9	38,51	27,21	26,01	28,94	9,48	6,13	0,05	5,33	4,99	4,03	5,94	4,81	793,36	3,51	3,28	2,69	3,27	3,31	3,23	2,64	3,27	2,38	3,10	3,14	2,71	2,99
Неліпінська	3	38,83	32,64	26,17	27,26	9,58	2,85	0,02	5,19	3,39	4,00	6,89	4,52	-53,06	3,48	3,82	2,33	3,65	3,14	3,42	2,76	2,69	3,38	2,09	3,15	2,41	3,01
Тибавська	2,58	39,85	29,21	30,01	31,42	10,08	8,48	0,02	4,72	4,40	3,23	4,55	3,09	1400,16	2,82	2,54	2,36	2,70	2,78	2,69	2,27	3,10	2,01	2,87	2,33	2,44	2,72
Стройненська	2,88	38,08	27,09	26,11	29,34	7,98	7,93	0,06	5,53	5,03	4,01	5,72	9,12	1258,14	3,49	3,24	2,74	3,24	3,33	3,22	2,66	3,29	2,33	3,06	3,02	2,76	2,44
		параметри лінійного рівняння																									
		51,14	44,08	46,11	39,53	11,15	3,04																				
		-2,44	-3,38	-4,98	-1,78	-0,35	0,02																				
		параметри оберненого лінійного рівняння																									
		22,93	13,05	9,25	22,19	32,04	-789,49	σ	1,26	1,23	0,68	2,20	4,87	81,91	0,48	0,62	0,51	0,51	0,48	0,48	0,51	0,72	0,75	0,47	0,63	0,70	0,71
		-0,46	-0,30	-0,20	-0,56	-2,87	258,21																				
		параметри моделей																									
№ моделі		1,37	1,93	-0,20	-2,54	0,39	0,19	-0,02																			
6		5,47	0,00	0,93	-2,25																						
7		4,02	-0,11	1,96																							
3		2,98	-0,09	1,40	1,08																						
4		-3,18	1,86	3,47																							
2		5,73	-0,10	0,01																							
13		-2,86	5,01																								
8		-3,25	4,49																								
9		-4,68	5,28																								
10		-2,00	4,23																								
11		-0,47	9,50																								
12		-4,65	4,37	0,77	1,10	0,44																					
1		3,13	6,37	-9,43																							
5																											

Таблиця В.2

24/03/13 80LI	Гаєт	Спектральні енергетичні яскравості						NDVI	Grp						Grp по запропонованих моделях спектральних індексів												
		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В.Добронь	0,55	49,64	26,96	27,77	24,03	4,14	1,49	-0,07	4,48	5,24	4,59	11,35	66,30	9,30	2,05	1,96	3,53	3,17	3,41	2,27	3,83	2,38	3,47	3,55	1,95	0,93	3,41
Хуст	0,55	61,10	46,00	48,84	39,68	12,11	3,65	-0,10	0,01	0,76	0,60	2,52	-2,25	0,23	1,64	1,79	1,51	1,41	1,80	1,53	1,69	2,30	2,15	1,84	1,79	1,93	1,74
Виноградів	1,58	62,95	48,17	49,90	41,64	12,43	3,62	-0,09	-0,72	0,25	0,40	1,41	-5,05	0,37	1,68	1,87	1,42	1,35	1,82	1,47	1,65	2,37	2,09	1,87	1,86	1,94	1,55
Соломоново	1,86	61,45	43,89	44,88	49,81	14,95	3,32	0,05	-0,13	1,26	1,35	-3,20	-26,68	1,63	2,54	2,67	1,90	2,09	2,23	2,01	1,92	2,40	2,33	2,22	2,70	2,79	2,11
Середнє	2,07	62,98	47,61	49,89	42,42	11,76	3,15	-0,08	-0,73	0,38	0,40	0,97	0,71	2,32	1,58	1,91	1,42	1,37	1,84	1,42	1,64	2,34	2,13	1,88	1,91	1,81	1,62
Бовтрадь	2,07	51,18	29,21	28,94	25,32	8,42	2,37	-0,07	3,88	4,71	4,36	10,63	29,45	5,61	3,06	2,02	3,43	3,08	3,39	3,36	3,63	2,50	3,24	3,48	1,98	2,36	3,20
Довге	2,17	53,42	33,80	33,06	34,94	9,80	2,47	0,03	3,01	3,63	3,58	5,19	17,60	5,19	2,79	2,55	3,04	2,97	3,01	2,84	3,00	2,54	2,80	3,00	2,54	2,42	2,89
Астей	2,24	56,60	38,59	40,00	44,89	14,02	3,07	0,06	1,76	2,50	2,27	-0,42	-18,71	2,65	2,77	2,69	2,36	2,50	2,41	2,49	2,26	2,37	2,50	2,36	2,74	2,97	2,56
В.Копаня	2,38	55,92	37,89	37,03	43,63	12,11	2,84	0,08	2,03	2,67	2,84	0,29	-2,25	3,61	2,80	2,90	2,66	2,80	2,69	2,59	2,55	2,54	2,53	2,66	2,91	2,73	2,61
Ужок	2,55	49,60	33,57	34,88	48,89	14,04	3,21	0,17	4,50	3,68	3,24	-2,68	-18,84	2,08	3,18	3,49	2,85	3,26	2,43	3,43	2,75	2,36	2,53	2,38	3,59	3,49	3,12
Мужіво	2,58	56,37	39,91	38,92	42,02	11,86	3,07	0,04	1,85	2,19	2,48	1,20	-0,09	2,65	2,50	2,62	2,48	2,52	2,49	2,34	2,37	2,54	2,37	2,47	2,61	2,50	2,39
Вучкове	2,62	55,62	37,44	36,89	30,28	8,41	2,39	-0,10	2,15	2,78	2,86	7,82	29,52	5,51	2,04	1,87	2,67	2,37	2,69	2,10	2,56	2,51	2,55	2,66	1,82	1,73	2,45
Тур'я Ремети	2,69	53,74	34,50	35,39	34,28	11,67	3,04	-0,02	2,88	3,47	2,33	5,56	1,54	2,80	2,82	2,26	2,80	2,68	2,73	2,84	2,70	2,40	2,74	2,69	2,27	2,76	2,81
Поляна	3,06	51,93	34,80	34,93	50,96	13,19	2,89	0,19	3,59	3,40	3,23	-3,85	-11,55	3,41	3,14	3,68	2,85	3,32	2,63	3,17	2,76	2,46	2,57	2,59	3,76	3,24	3,03

Ракошино	3,17	53,82	33,37	32,68	31,46	9,82	2,58	-0,02	2,85	3,73	3,66	7,16	17,40	4,73	2,88	2,28	3,07	2,88	3,09	2,90	3,05	2,53	2,88	3,10	2,25	2,46	2,88	
Гать	3,65	56,11	39,48	30,68	40,26	12,59	3,02	0,14	1,96	2,30	4,03	2,19	-6,42	2,86	4,09	3,49	3,34	3,41	3,67	3,68	3,46	3,31	2,39	3,68	3,31	3,57	2,40	
Голубине	3,93	52,88	35,54	30,49	37,66	10,14	2,63	0,11	3,22	3,22	4,07	3,66	14,66	4,51	3,31	3,17	3,32	3,36	3,36	3,36	3,44	2,96	2,56	3,38	3,08	2,79	2,76	
В. Грабівниця	3,96	48,83	31,11	31,42	36,95	11,52	2,94	0,08	4,80	4,27	3,90	4,06	2,82	3,20	3,18	2,87	3,18	3,25	2,83	3,67	3,21	2,44	2,96	2,77	2,80	2,90	3,13	3,19
Волосянка	4,20	47,22	29,27	29,77	40,19	12,30	2,79	0,15	5,43	4,70	4,21	2,23	-3,94	3,84	3,60	3,36	3,34	3,60	2,93	4,28	3,47	2,42	2,88	2,91	3,43	3,60	3,42	
Кушниця	4,38	51,85	35,34	30,50	39,25	12,37	2,79	0,13	3,62	3,27	4,07	2,76	-4,50	3,83	3,78	3,31	3,32	3,42	3,26	3,90	3,43	2,94	2,51	3,27	3,24	3,52	2,80	
В. Ворота	4,55	46,29	27,57	31,44	39,28	11,82	2,59	0,11	5,79	5,10	3,89	2,75	0,17	4,69	3,08	2,99	3,15	3,37	2,63	3,86	3,15	2,11	3,05	2,54	3,12	3,23	3,58	
Подобовець	4,79	47,34	29,49	30,20	31,78	7,21	1,76	0,03	5,38	4,65	4,13	6,98	39,88	8,18	2,26	2,50	3,30	3,20	2,87	2,98	3,39	2,40	2,86	2,85	2,52	1,84	3,27	
Зняцівська	2,78	52,24	32,49	36,70	34,46	11,64	2,02	-0,03	3,47	3,94	2,90	5,46	1,76	7,05	2,53	2,11	2,65	2,56	2,48	2,76	2,53	2,13	2,87	2,39	2,18	2,63	3,01	
Вел.Луцьківська	2,48	49,25	33,99	34,43	42,92	13,21	3,99	0,11	4,63	3,59	3,33	0,69	-11,77	-1,21	3,05	3,06	2,90	3,10	2,45	3,38	2,82	2,43	2,46	2,41	3,11	3,30	2,99	
Чомонинська	2,21	55,64	35,94	39,13	44,49	13,02	3,83	0,06	2,14	3,13	2,44	-0,20	-10,11	-0,52	2,65	2,70	2,43	2,60	2,46	2,45	2,32	2,23	2,71	2,38	2,78	2,79	2,82	
Сернянська	2,25	55,14	39,42	41,01	43,90	11,99	4,29	0,03	2,33	2,31	2,08	0,14	-1,26	-2,46	2,19	2,54	2,26	2,36	2,16	2,18	2,36	2,33	2,14	2,58	2,38	2,46	2,46	
Жнятинська	2,2	51,45	36,16	38,97	42,43	12,91	3,93	0,04	3,78	3,08	2,47	0,97	-9,19	-0,92	2,42	2,57	2,45	2,55	2,09	2,62	2,33	2,26	2,39	2,06	2,63	2,77	2,77	
Дерцянська	2,13	54,89	34,51	37,27	38,29	9,89	3,00	0,01	2,43	3,46	2,79	3,31	16,80	2,97	2,26	2,39	2,61	2,61	2,25	2,49	2,25	2,82	2,55	2,45	2,11	2,87	2,87	
Залужанська	2,12	54,44	35,12	36,07	39,72	10,20	2,94	0,05	2,61	3,32	3,02	2,50	14,19	3,21	2,46	2,64	2,74	2,79	2,70	2,45	2,63	2,29	2,72	2,66	2,67	2,28	2,83	
Шенборнська	2,11	55,89	34,02	37,03	35,29	11,79	3,49	-0,02	2,04	3,58	2,84	5,00	0,45	0,90	2,72	2,17	2,63	2,54	2,72	2,54	2,51	2,23	2,96	2,66	2,22	2,64	2,87	
Страбичівська	2,39	54,79	38,08	39,09	42,35	10,60	3,44	0,04	2,47	2,62	2,45	1,01	10,70	1,13	2,15	2,59	2,45	2,52	2,35	2,18	2,34	2,39	2,43	2,32	2,62	2,17	2,57	
Ключарківська	2,41	56,79	37,91	39,56	42,94	10,60	2,44	0,04	1,69	2,66	2,36	0,68	10,70	5,33	2,20	2,58	2,40	2,49	2,48	2,10	2,30	2,35	2,59	2,43	2,62	2,13	2,60	
Нов.Давидівська	2,67	56,74	38,50	40,39	33,26	11,54	3,82	-0,10	1,71	2,52	2,20	6,14	2,62	-0,50	2,25	1,83	2,32	2,11	2,38	2,16	2,23	2,33	2,52	2,33	1,83	2,31	2,39	
Павшинська	2,19	54,89	37,15	43,06	38,29	10,89	4,00	-0,06	2,43	2,84	1,69	3,31	8,20	-1,23	1,74	1,94	2,04	1,99	1,99	1,88	2,00	2,07	2,53	1,91	2,02	1,98	2,60	
Копиновецька	2,02	55,08	39,21	38,94	38,32	9,20	3,89	-0,01	2,36	2,36	2,47	3,29	22,71	-0,78	1,91	2,33	2,47	2,41	2,38	1,99	2,37	2,49	2,35	2,36	2,31	1,81	2,40	
Кольчинецька	2,34	55,58	37,76	38,61	43,94	12,87	2,44	0,06	2,16	2,70	2,54	0,12	-8,82	5,33	2,69	2,75	2,50	2,63	2,48	2,55	2,38	2,41	2,52	2,44	2,78	2,79	2,63	
Чинадівська	2,33	55,85	36,58	39,09	44,55	11,07	3,61	0,07	2,06	2,98	2,45	-0,23	6,66	0,42	2,30	2,72	2,44	2,60	2,47	2,19	2,33	2,28	2,66	2,40	2,79	2,29	2,76	
Быстрицька	2,2	55,46	37,16	39,07	43,03	11,14	3,60	0,05	2,21	2,84	2,45	0,63	6,10	0,44	2,29	2,62	2,45	2,55	2,43	2,22	2,33	2,33	2,57	2,38	2,67	2,31	2,68	
Брестівська	2,87	53,69	33,91	37,97	35,19	13,40	3,49	-0,04	2,90	3,61	2,66	5,06	-13,36	0,92	2,77	2,08	2,53	2,44	2,45	2,75	2,41	2,16	2,81	2,36	2,14	2,99	2,88	
Пузиколецька	1,29	58,35	47,75	40,35	40,23	11,19	3,85	0,00	1,08	0,35	2,21	2,21	5,65	-0,61	2,28	2,51	2,39	2,27	2,40	2,08	2,30	3,01	1,87	2,46	2,35	2,23	1,57	
Верх.Визницька	1,64	59,28	45,52	43,70	47,59	12,70	3,62	0,04	0,72	0,87	1,57	-1,94	-7,38	0,36	2,20	2,66	2,03	2,14	2,14	1,93	2,02	2,59	2,08	2,18	2,63	2,36	1,91	
Бобовищанська	1,71	60,28	44,75	44,00	48,62	12,70	3,16	0,05	0,33	1,05	1,52	-2,53	-7,38	2,28	2,21	2,68	1,99	2,14	2,21	1,89	1,99	2,52	2,20	2,22	2,68	2,34	2,00	
Кальницька	1,73	60,82	43,88	44,70	49,59	14,70	3,62	0,05	0,12	1,26	1,39	-3,07	-24,59	0,36	2,49	2,67	1,92	2,10	2,20	2,01	1,93	2,42	2,30	2,19	2,70	2,75	2,10	
Жуківська	1,89	62,98	47,61	49,89	42,42	11,76	3,15	-0,08	-0,73	0,38	0,40	0,97	0,71	2,32	1,58	1,91	1,42	1,37	1,84	1,42	1,64	2,34	2,13	1,88	1,91	1,81	1,62	
Лохівська	1,82	63,98	46,61	48,34	43,24	12,78	2,27	-0,06	-1,12	0,62	0,70	0,51	-8,06	6,01	1,92	2,04	1,57	1,55	2,07	1,59	1,72	2,36	2,26	2,07	2,04	2,10	1,73	
Обавська	1,89	61,94	47,07	48,34	43,24	12,18	3,13	-0,06	-0,32	0,51	0,70	0,51	-2,87	2,44	1,74	2,05	1,57	1,55	1,89	1,55	1,72	2,39	2,12	1,94	2,04	1,97	1,69	
Бабичівська	1,83	63,94	46,62	48,03	43,36	12,11	3,05	-0,05	-1,10	0,61	0,76	0,44	-2,26	2,74	1,85	2,07	1,60	1,58	2,10	1,52	1,74	2,38	2,26	2,09	2,07	1,97	1,73	
Верх.Коропецька	1,74	59,26	48,16	49,71	42,01	12,63	3,25	-0,08	0,73	0,25	0,44	1,21	-6,78	1,90	1,57	1,90	1,44	1,38	1,50	1,58	1,66	2,38	1,90	1,65	1,89	1,99	1,56	
Лавівська	1,87	56,56	47,16	39,37	43,09	12,83	1,03	0,05	1,78	0,49	2,39	0,60	-8,46	11,25	2,63	2,80	2,48	2,46	2,36	2,59	2,39	3,05	1,82	2,43	2,65	2,72	1,68	
Станівська	1,84	49,56	45,42	43,13	43,01	13,33	4,05	0,00	4,51	0,90	1,68	0,64	-12,76	-1,46	1,89	2,40	2,09	2,07	1,14	2,38	2,06	2,63	1,54	1,52	2,35	2,55	1,85	
Яблунівська	1,5	61,52	45,77	49,84	39,80	10,06	3,98	-0,11	-0,16	0,81	0,41	2,45	15,35	-1,16	1,27	1,73	1,41	1,32	1,76	1,29	1,64	2,23	2,19	1,79	1,75	1,47	1,77	
Завидівська	1,59	62,35	48,75	49,35	41,23	12,19	3,79	-0,09	-0,48	0,11	0,51	1,65	-2,95	-0,33	1,67	1,89	1,48	1,39	1,80	1,49	1,68	2,43	2,02	1,88	1,86	1,92	1,49	
Зубівська	1,81	60,79	45,07	48,49	43,04	12,81	2,73	-0,06	0,13	0,98	0,67	0,62	-8,32	4,11	1,78	1,99	1,54	1,54	1,83	1,63	1,71	2,26	2,20	1,85	2,02	2,10	1,88	
Пістрялівська	1,55	60,22	44,72	48,79	38,98	11,01	3,82	-0,11	0,35	1,06	0,61	2,91	7,19	-0,49	1,44	1,73	1,51	1,41	1,76	1,45	1,69	2,22	2,20	1,79	1,75	1,71	1,86	
Форошська	1,68	55,94	46,63	46,10	39,80	9,78	3,08	-0,07	2,02	0,61	1,12	2,45	17,72	2,63	1,31	1,99	1,79	1,68	1,54	1,58	1,86	2,50	1,82	1,72	1,95	1,57	1,68	
Ниж.Коропецька	1,86	60,53	42,88	45,77	49,59	14,70	3,62	0,04	0,23	1,49	1,18	-3,07	-24,59	0,36	2,35	2,56	1,80	1,99	2,09	1,93	1,85	2,28	2,36	2,07	2,62	2,67	2,20	
Городицька	1,67	59,21	44,24	44,00	43,86	11,03	3,19	0,00	0,75	1,17	1,52	0,16	6,98	2,17	1,88	2,36	1,99	2,01	2,12	1,75	1,98	2,49	2,17	2,14	2,35	1,96	1,98	
Івановецька	1,91	60,79	47,72	46,84	42,36	11,62	3,53	-0,05	0,13	0,35	0,98	1,01	1,95	0,75	1,75	2,11	1,72	1,67	1,91	1,60	1,82	2,52	2,01	1,99	2,07	1,93	1,61	
Лавківська	1,62	59,82	46,24	44,00	47,62	11,70	3,89	0,04	0,51	0,70	1,52	-1,96	1,22	-0,79	2,02	2,64	2,00	2,11	2,14	1,79	2,00	2,62	2,06	2,18	2,61	2,11	1,84	
Макарівська	3,48	56,10	39,76	32,82	41,11	11,91	3,23	0,11	1,96	2,23	3,63	1,71	-0,56	1,98	3,49	3,26	3,11	3,18	3,30	3,15	3,11	3,09	2,36	3,30	3,13	3,09	2,39	
Ракошинська	2,23	56,46	37,06	39,11	40,03	10,36	3,06	0,01	1,82	2,86	2,44	2,32	12,77	2,71	2,19	2,40	2,44	2,46	2,51	2,10	2							

№ моделі	параметри оберненого лінійного рівняння							σ	1,00	1,07	0,84	2,99	15,12	2,56	0,60	0,72	0,60	0,59	0,68	0,51	0,61	0,82	0,78	0,69	0,71	0,66	0,67	
	23,87	11,59	9,83	24,91	101,88	15,55																						
	-0,39	-0,24	-0,19	-0,56	-8,60	-4,20																						
№ моделі	параметри моделей							σ	1,00	1,07	0,84	2,99	15,12	2,56	0,60	0,72	0,60	0,59	0,68	0,51	0,61	0,82	0,78	0,69	0,71	0,66	0,67	
	8,60	-0,83	0,10	-1,69	-0,08	0,71	-0,05																					
6	8,60	-0,83	0,10	-1,69	-0,08	0,71	-0,05																					
7	6,12	0,00	0,15	-1,59																								
3	5,91	-0,10	0,27																									
4	4,59	-0,08	-0,25	1,23																								
2	-1,28	0,79	2,86																									
13	5,74	-0,10	0,02																									
8	-0,47	2,94																										
9	-1,27	2,58																										
10	-2,14	3,18																										
11	-0,68	3,05																										
12	-0,57	10,10																										
1	-2,87	2,11	0,06	7,37	-0,02																							
5	2,98	4,40	-7,07																									

Таблиця В.3

09/04/13 80LI	Гаст	Спектральні енергетичні яскравості						NDVI	Grp						Grp по запропонованих моделях спектральних індексів												
		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В. Добронь	0,55	43,09	25,18	33,84	42,65	8,49	2,71	0,12	6,80	6,73	3,70	3,10	7,66	4,34	2,56	2,06	2,53	2,28	2,37	2,22	2,18	1,39	3,63	2,53	2,97	2,03	3,00
Хут	0,55	58,64	59,06	61,41	48,53	19,54	4,55	-0,12	-0,93	-0,87	-0,19	1,33	-4,42	0,48	1,65	1,77	1,25	1,29	1,54	1,52	1,48	2,15	2,02	1,62	1,68	2,46	1,88
Виноградів	1,58	68,30	68,98	59,51	58,42	17,76	5,26	-0,01	-5,74	-3,10	0,08	-1,64	-2,48	-1,01	2,11	2,56	1,64	1,45	2,24	1,45	1,77	2,85	2,01	2,17	2,21	2,33	0,91
Соломоново	1,86	49,20	37,67	32,36	37,19	12,36	3,48	0,07	3,76	3,93	3,91	4,73	3,43	2,73	3,13	2,86	3,22	3,38	3,20	3,38	3,24	2,87	2,72	3,23	2,67	2,88	3,19
Середце	2,07	65,89	62,38	62,56	53,62	15,36	2,80	-0,08	-4,54	-1,62	-0,35	-0,20	0,14	4,16	2,25	1,97	1,23	1,14	1,90	1,67	1,50	2,28	2,16	1,90	1,87	1,99	1,42
Бовтрадь	2,07	47,86	36,11	31,10	38,49	14,04	3,71	0,11	4,43	4,28	4,08	4,34	1,59	2,25	3,07	3,00	3,29	3,31	3,23	3,32	3,37	2,86	2,77	3,28	2,91	3,33	3,11
Довге	2,17	49,32	40,41	36,21	43,47	13,34	3,47	0,09	3,70	3,31	3,36	2,85	2,36	2,75	2,72	2,83	2,93	2,88	2,82	2,80	2,81	2,70	2,53	2,78	2,81	2,79	2,64
Астей	2,24	53,04	44,68	39,79	52,60	14,88	3,19	0,14	1,86	2,35	2,86	0,11	0,67	3,35	2,76	3,06	2,73	2,37	2,75	2,40	2,57	2,72	2,45	2,70	3,14	2,82	1,84
В. Копаня	2,38	52,54	45,91	38,76	54,88	13,97	3,48	0,17	2,10	2,08	3,00	-0,58	1,67	2,74	2,72	3,37	2,88	2,39	2,85	2,42	2,75	2,94	2,36	2,76	3,40	2,74	1,64
Ужок	2,55	50,83	41,07	35,13	44,93	14,31	3,20	0,12	2,95	3,16	3,52	2,41	1,29	3,33	3,04	3,10	3,07	2,92	3,05	2,97	3,00	2,89	2,57	3,02	3,02	3,04	2,51
Мужієво	2,58	49,31	41,09	35,05	44,79	12,18	2,83	0,12	3,71	3,16	3,53	2,45	3,62	4,10	3,00	3,10	3,08	2,94	2,97	3,17	3,02	2,90	2,48	2,91	3,02	2,65	2,52
Вучкове	2,62	58,70	41,33	34,89	39,79	11,20	3,03	0,07	-0,96	3,11	3,55	3,95	4,70	3,69	3,87	2,89	3,11	3,23	3,51	3,09	3,05	2,94	2,98	3,69	2,64	2,48	2,91
Тур'я Ремети	2,69	57,37	42,14	35,99	45,79	15,45	4,02	0,12	-0,30	2,92	3,39	2,15	0,05	1,59	3,32	3,09	3,02	2,86	3,34	2,51	2,93	2,89	2,85	3,44	3,01	3,18	2,43
Поляна	3,06	51,83	42,15	35,85	42,04	10,08	2,38	0,08	2,45	2,92	3,41	3,28	5,92	5,05	3,28	2,93	3,04	3,07	3,06	3,41	2,95	2,91	2,55	3,02	2,73	2,22	2,72
Ракошино	3,17	49,75	39,56	33,79	43,78	12,83	3,22	0,13	3,49	3,50	3,70	2,76	2,91	3,29	3,08	3,13	3,15	3,00	3,11	3,08	3,12	2,89	2,61	3,09	3,07	2,86	2,63
Гать	3,65	51,38	39,51	35,15	36,11	13,52	3,65	0,01	2,68	3,51	3,51	5,06	2,16	2,38	3,00	2,56	3,00	3,30	3,04	3,10	2,91	2,73	2,71	3,06	2,33	2,89	3,23
Голубине	3,93	50,50	40,00	34,02	36,27	9,78	2,72	0,03	3,12	3,40	3,67	5,01	6,25	4,33	3,29	2,75	3,14	3,42	3,14	3,68	3,11	2,91	2,62	3,13	2,44	2,26	3,21
В. Грабівниця	3,96	46,99	36,80	31,53	38,38	13,11	2,97	0,10	4,86	4,12	4,02	4,38	2,61	3,80	3,16	2,98	3,28	3,33	3,14	3,65	3,33	2,88	2,66	3,14	2,85	3,10	3,11
Волосянка	4,20	45,86	34,71	29,80	43,33	11,82	2,60	0,19	5,43	4,59	4,27	2,89	4,02	4,59	3,35	3,38	3,37	3,02	3,23	3,66	3,52	2,87	2,76	3,28	3,50	2,97	2,76
Кушниця	4,38	50,01	41,43	35,38	42,63	12,91	3,05	0,09	3,36	3,08	3,48	3,10	2,83	3,65	2,99	2,97	3,06	3,04	2,98	3,14	2,98	2,89	2,50	2,93	2,82	2,77	2,69
В. Ворота	4,55	44,47	32,75	29,66	33,06	12,74	2,81	0,05	6,11	5,03	4,29	5,97	3,01	4,15	3,21	2,66	3,29	3,56	3,09	4,08	3,39	2,66	2,84	3,17	2,57	3,19	3,60
Подобовець	4,79	43,52	32,75	28,34	34,26	10,32	2,50	0,09	6,59	5,03	4,47	5,61	5,66	4,79	3,37	2,94	3,44	3,58	3,22	4,48	3,67	2,84	2,77	3,27	2,83	2,76	3,51
Зняївська	2,78	47,69	43,43	37,92	44,95	14,48	3,24	0,08	4,51	2,63	3,12	2,41	1,11	3,25	2,49	2,88	2,87	2,82	2,57	2,90	2,74	2,80	2,25	2,48	2,77	2,87	2,47
Вел. Лучківська	2,48	49,31	40,68	37,25	45,33	13,12	4,99	0,10	3,71	3,25	3,22	2,29	2,60	-0,44	2,21	2,81	2,84	2,72	2,71	2,29	2,68	2,61	2,51	2,67	2,85	2,68	2,49
Чомонинська	2,21	51,36	42,28	40,87	50,98	13,81	4,10	0,11	2,69	2,89	2,71	0,59	1,85	1,43	2,32	2,72	2,54	2,26	2,51	2,05	2,35	2,41	2,52	2,48	2,94	2,59	2,02
Сернянська	2,25	51,06	43,83	39,72	50,98	13,81	3,90	0,12	2,84	2,54	2,87	0,59	1,85	1,85	2,43	2,95	2,71	2,41	2,62	2,27	2,54	2,65	2,40	2,56	3,04	2,65	1,99
Жнятинська	2,2	49,18	40,62	37,11	42,72	12,42	3,75	0,07	3,77	3,27	3,24	3,07	3,36	2,18	2,55	2,70	2,85	2,86	2,71	2,67	2,70	2,62	2,51	2,68	2,67	2,57	2,70
Дерценьська	2,13	49,54	40,56	37,90	40,77	12,32	3,28	0,04	3,59	3,28	3,12	3,66	3,47	3,16	2,65	2,51	2,77	2,89	2,65	2,80	2,60	2,54	2,53	2,62	2,47	2,51	2,85
Залужанська	2,12	55,95	54,80	52,96	53,16	14,64	2,02	0,00	0,41	0,08	1,00	-0,06	0,93	5,81	2,31	2,31	1,84	1,72	1,91	2,28	1,82	2,41	2,08	1,91	2,27	2,19	1,60
Шенборнська	2,11	48,57	38,06	39,10	38,92	13,04	3,09	0,00	4,08	3,84	2,96	4,22	2,69	3,55	2,52	2,15	2,56	2,76	2,44	2,67	2,34	2,20	2,65	2,44	2,25	2,56	3,04
Страбичівська	2,39	53,36	46,12	48,61	52,84	12,65	3,78	0,04	1,69	2,03	1,61	0,04	3,11	2,11	2,03	2,24	1,97	1,76	2,04	1,73	1,85	2,11	2,39	2,03	2,50	2,09	1,80
Ключарківська	2,41	53,56	46,91	48,76	54,43	13,65	3,88	0,05	1,59	1,85	1,59	-0,44	2,02	1,90	2,02	2,33	1,98	1,72	2,05	1,70	1,86	2,16	2,35	2,03	2,58	2,21	1,66
Нов. Давидівська	2,67	52,69	41,14	37,99	43,49	15,78	4,24	0,07	2,03	3,15	3,11	2,84	-0,31	1,15	2,66	2,66	2,78	2,78	2,84	2,40	2,62	2,58	2,66	2,85	2,65	3,09	2,62
Лавшинська	2,19	49,84	41,06	37,11	43,72	12,19	3,47	0,08	3,44	3,17	3,24																





Виноградів	1,58	46,80	40,10	34,89	36,27	12,40	3,32	0,02	0,95	0,48	2,22	2,12	-1,89	-0,80	1,79	2,59	2,37	2,35	2,80	2,03	2,35	2,82	2,45	2,65	2,37	2,66	2,01
Соломоново	1,86	45,90	38,27	33,30	28,72	8,66	2,19	-0,07	1,23	1,16	2,59	7,60	3,24	2,70	2,33	2,14	2,54	2,27	2,84	2,12	2,48	2,82	2,46	2,73	1,83	2,43	2,22
Середнє	2,07	39,49	29,72	32,84	25,23	8,98	2,36	-0,13	3,25	4,35	2,70	10,14	2,80	2,18	2,08	1,46	2,56	2,18	2,15	2,03	2,41	2,05	2,50	2,34	1,55	2,46	2,98
Бовтрад	2,07	40,82	29,27	32,23	38,02	11,12	2,28	0,08	2,84	4,51	2,85	0,85	-0,13	2,43	2,48	2,51	2,63	2,72	2,23	2,26	2,46	2,07	2,52	2,48	2,79	2,64	2,92
Довге	2,17	45,62	41,07	35,55	34,49	10,74	2,94	-0,02	1,32	0,12	2,07	3,41	0,38	0,35	2,24	2,42	2,30	2,21	2,74	2,13	2,31	2,84	2,44	2,52	2,16	2,53	1,94
Астей	2,24	48,96	38,90	34,86	32,15	11,20	2,83	-0,04	0,27	0,93	2,23	5,11	-0,24	0,70	2,35	2,23	2,37	2,21	2,80	1,83	2,34	2,71	2,48	2,79	2,02	2,58	2,14
В. Копаня	2,38	40,86	30,91	33,91	41,59	10,25	2,20	0,10	2,83	3,90	2,45	-1,75	1,05	2,68	2,65	2,63	2,45	2,64	2,16	2,34	2,33	2,08	2,50	2,35	2,93	2,53	2,76
Ужок	2,55	39,62	30,56	29,61	39,89	9,77	2,03	0,15	3,21	4,03	3,46	-0,52	1,72	3,21	3,03	3,16	2,92	3,16	2,55	2,82	2,77	2,45	2,49	2,64	3,30	2,60	2,80
Мужієво	2,58	38,36	26,19	25,91	32,66	8,15	1,65	0,12	3,61	5,66	4,32	4,74	3,94	4,37	3,22	2,90	3,31	3,37	2,65	2,91	3,21	2,39	2,54	2,96	3,03	2,56	3,23
Вучкове	2,62	42,41	30,34	25,61	27,51	6,28	1,52	0,04	2,34	4,11	4,40	8,49	6,49	4,80	3,34	2,74	3,36	3,18	3,19	2,78	3,35	2,93	2,52	3,36	2,47	2,39	2,91
Тур'я Ремети	2,69	38,95	34,10	29,58	42,64	8,99	1,98	0,18	3,43	2,71	3,47	-2,51	2,79	3,36	3,18	3,61	2,93	3,28	2,78	3,30	2,83	2,83	2,45	2,60	3,58	2,54	2,47
Поляна	3,06	34,70	25,01	21,17	30,37	7,32	1,31	0,18	4,77	6,10	5,44	6,40	5,08	5,43	3,76	3,65	3,83	3,99	3,17	4,16	4,14	2,92	2,52	3,32	3,56	2,64	3,35
Ракошино	3,17	35,56	25,20	21,54	28,75	4,03	1,36	0,14	4,50	6,03	5,35	7,58	9,58	5,28	3,80	3,37	3,79	3,84	3,15	3,92	4,06	2,88	2,53	3,34	3,26	2,25	3,34
Гать	3,65	45,60	37,68	31,54	36,90	11,34	2,83	0,08	1,33	1,38	3,01	1,66	-0,43	0,70	3,05	3,00	2,73	2,79	3,02	2,33	2,65	2,96	2,47	2,89	2,76	2,67	2,21
Голубине	3,93	39,78	32,71	27,83	34,40	10,77	2,43	0,11	3,16	3,23	3,87	3,47	0,34	1,95	3,20	3,13	3,12	3,19	2,96	2,92	3,04	2,90	2,47	2,85	2,96	2,74	2,65
В. Грабівниця	3,96	34,74	27,49	23,23	31,12	10,37	1,85	0,15	4,75	5,18	4,95	5,86	0,90	3,77	3,45	3,41	3,61	3,70	3,04	3,83	3,74	2,93	2,48	3,00	3,27	2,89	3,13
Волосянка	4,20	37,81	27,98	24,03	29,04	5,81	1,12	0,09	3,78	4,99	4,77	7,37	7,14	6,03	3,61	3,04	3,52	3,48	3,07	3,58	3,58	2,86	2,51	3,17	2,88	2,39	3,10
Кушниця	4,38	37,92	31,11	26,36	33,03	8,73	1,97	0,11	3,75	3,83	4,22	4,47	3,15	3,37	3,37	3,18	3,28	3,33	2,98	3,29	3,24	2,91	2,47	2,87	3,01	2,60	2,80
В. Ворота	4,55	45,03	39,03	35,25	47,32	8,83	1,96	0,15	1,51	0,88	2,14	-5,92	3,00	3,42	3,30	3,28	2,33	2,68	2,64	2,55	2,31	2,69	2,45	2,51	3,28	2,41	2,02
Подобовець	4,79	33,51	25,33	21,56	29,71	6,93	1,35	0,16	5,14	5,98	5,34	6,88	5,60	5,30	3,76	3,49	3,79	3,89	3,08	4,30	4,06	2,90	2,50	3,13	3,39	2,58	3,32
Зняцівська	2,78	38,50	34,98	30,85	40,86	8,86	1,78	0,14	3,57	2,39	3,17	-1,22	2,96	3,96	3,03	3,28	2,80	3,03	2,65	3,29	2,69	2,77	2,43	2,44	3,23	2,50	2,41
Вел.Луцьківська	2,48	40,53	30,26	33,19	41,47	10,29	2,95	0,11	2,93	4,15	2,62	-1,66	1,00	0,33	2,63	2,69	2,52	2,73	2,18	2,25	2,38	2,08	2,51	2,38	3,00	2,55	2,81
Чомонинська	2,21	48,55	39,00	34,28	32,14	11,59	2,28	-0,03	0,40	0,89	2,36	5,12	-0,78	2,42	2,42	2,31	2,43	2,28	2,86	1,97	2,39	2,78	2,48	2,82	2,06	2,62	2,13
Сернянська	2,25	47,96	37,96	33,28	32,51	11,96	2,29	-0,01	0,59	1,27	2,60	4,85	-1,28	2,39	2,49	2,41	2,54	2,41	2,89	2,03	2,48	2,79	2,48	2,87	2,18	2,67	2,22
Жнятинська	2,2	45,45	40,07	35,91	34,85	13,74	2,49	-0,01	1,38	0,49	1,98	3,15	-3,73	1,75	2,13	2,35	2,26	2,18	2,64	2,14	2,26	2,71	2,44	2,48	2,16	2,73	2,02
Деренська	2,13	46,24	42,37	36,52	34,52	10,23	2,34	-0,03	1,13	-0,37	1,84	3,39	1,08	2,24	2,29	2,37	2,20	2,10	2,73	2,18	2,24	2,85	2,43	2,48	2,09	2,48	1,83
Задужанська	2,12	44,63	41,74	39,55	35,42	10,42	2,45	-0,06	1,64	-0,13	1,13	2,73	0,82	1,89	2,05	2,05	1,86	1,77	2,33	2,08	2,01	2,52	2,42	2,17	1,94	2,44	1,87
Шенборнська	2,11	46,45	43,07	37,55	35,52	11,94	3,93	-0,03	1,06	-0,63	1,60	2,66	-1,26	-2,73	1,92	2,34	2,09	2,01	2,66	1,94	2,17	2,81	2,43	2,42	2,09	2,57	1,76
Страбичівська	2,39	41,99	32,13	35,92	42,06	11,53	3,51	0,08	2,47	3,45	1,98	-2,09	-0,69	-1,42	2,31	2,46	2,23	2,40	2,09	1,99	2,17	2,02	2,50	2,27	2,77	2,58	2,65
Ключарківська	2,41	42,09	33,13	33,87	40,96	11,94	2,51	0,09	2,44	3,08	2,46	-1,29	-1,26	1,69	2,55	2,71	2,46	2,63	2,34	2,30	2,36	2,28	2,48	2,43	2,88	2,66	2,57
Нов.Давидівська	2,67	40,00	35,98	32,79	42,39	8,86	2,84	0,13	3,10	2,01	2,72	-2,33	2,96	0,68	2,82	3,14	2,59	2,83	2,54	2,76	2,50	2,66	2,44	2,38	3,13	2,46	2,31
Павшинська	2,19	44,96	42,74	37,95	35,85	11,42	1,45	-0,03	1,53	-0,50	1,50	2,42	-0,55	5,00	2,28	2,30	2,04	1,97	2,55	2,43	2,13	2,74	2,42	2,30	2,08	2,53	1,78
Копинівська	2,02	40,95	30,15	36,83	32,28	7,79	2,56	-0,07	2,80	4,19	1,77	5,02	4,43	1,55	2,11	1,58	2,13	1,96	1,88	1,85	2,08	1,79	2,51	2,14	1,88	2,31	2,89
Кольчинська	2,34	41,27	33,13	35,12	40,95	10,29	3,95	0,08	2,70	3,08	2,17	-1,28	1,00	-2,78	2,30	2,54	2,32	2,46	2,19	2,09	2,25	2,17	2,48	2,28	2,75	2,51	2,57
Чинадівська	2,33	41,86	33,55	34,19	40,94	12,53	2,20	-0,09	2,51	2,92	2,39	-1,27	-2,06	2,68	2,50	2,69	2,43	2,58	2,32	2,38	2,34	2,29	2,48	2,39	2,84	2,69	2,53
Быстрицька	2,2	45,55	38,00	38,86	32,14	11,96	2,28	0,09	1,34	1,26	1,29	5,12	-1,28	2,42	2,00	1,74	1,93	1,74	2,25	1,84	2,02	2,28	2,46	2,27	1,73	2,55	2,22
Брестівська	2,87	39,01	35,98	30,85	40,39	8,86	1,78	0,13	3,41	2,01	3,17	-0,87	2,96	3,96	3,05	3,30	2,80	3,02	2,74	3,30	2,71	2,87	2,43	2,48	3,18	2,50	2,33
Пузняковецька	1,29	49,31	38,76	38,90	34,40	9,49	2,14	-0,06	0,16	0,98	1,28	3,48	2,11	2,85	1,74	1,92	1,93	1,81	2,40	1,73	2,03	2,34	2,49	2,49	1,90	2,39	2,14
Верх.Визницька	1,64	46,79	40,71	38,92	38,27	11,01	3,16	-0,01	0,96	0,25	1,28	0,67	0,01	-0,32	1,77	2,26	1,93	1,93	2,42	1,88	2,04	2,49	2,45	2,34	2,20	2,49	1,94
Бобовишанська	1,71	45,21	38,72	37,04	37,20	8,50	2,81	0,00	1,45	0,99	1,72	1,44	3,45	0,77	2,12	2,31	2,13	2,11	2,44	2,04	2,16	2,49	2,45	2,38	2,26	2,36	2,12
Кальницька	1,73	46,92	38,97	38,40	38,20	8,70	2,08	0,00	0,91	0,90	1,40	0,72	3,18	3,03	2,24	2,23	1,98	1,98	2,38	1,99	2,06	2,40	2,46	2,38	2,23	2,35	2,09
Жуківська	1,89	46,09	37,72	35,94	39,02	9,55	2,88	0,04	1,18	1,37	1,98	0,12	2,02	0,55	2,30	2,52	2,25	2,31	2,53	2,02	2,24	2,51	2,47	2,52	2,51	2,44	2,19
Лохівська	1,82	45,71	39,18	39,30	39,97	8,55	2,19	0,01	1,30	0,82	1,19	-0,57	3,39	2,70	2,24	2,25	1,88	1,93	2,27	2,04	2,00	2,34	2,45	2,25	2,30	2,33	2,06
Обавська	1,89	47,21	37,27	35,40	36,72	8,65	2,88	0,02	0,82	1,53	2,10	1,79	3,25	0,55	2,37	2,41	2,30	2,29	2,59	1,93	2,28	2,52	2,48	2,63	2,36	2,39	2,25
Бабичівська	1,83	46,02	36,72	36,28	37,97	8,55	2,92	0,02	1,20	1,74	1,90	0,88	3,39	0,43	2,27	2,36	2,21	2,23	2,44	1,94	2,20	2,39	2,48	2,49	2,39	2,37	2,28
Верх.Коропецька	1,74	46,98	40,97	35,89	34,71	10,01	3,16	-0,02	0,90	0,15	1,99	3,25	1,38	-0,32	2,03	2,39	2,26	2,17	2,75	1,99	2,28	2,79	2,45	2,58	2,15	2,48	1,94
Лалівська	1,87	47,21	37,18	36,43	38,20	9,55	1,92	0,02	0,82	1,57	1,86	0,72	2,02	3,54	2,42	2,38	2,19	2,22	2,48	2,03	2,19	2,42	2,48	2,55	2,40	2,44	2,24



Дерценьська	2,13	36,50	28,61	25,93	23,58	6,19	1,39	-0,05	2,27	2,45	2,69	4,48	-8,70	10,04	2,20	2,26	2,58	2,41	2,60	2,29	2,38	2,59	2,48	2,55	2,13	2,39	2,46
Залужанська	2,12	36,05	27,61	26,54	25,85	6,02	2,39	-0,01	2,41	2,77	2,55	2,97	-15,55	-11,32	2,42	2,28	2,55	2,46	2,36	2,42	2,30	2,33	2,51	2,46	2,36	2,29	2,61
Шенборнська	2,11	36,95	28,61	25,91	26,85	7,30	2,62	0,02	2,13	2,45	2,69	2,30	34,72	-16,27	2,84	2,64	2,58	2,60	2,61	2,63	2,39	2,59	2,50	2,59	2,57	2,77	2,46
Страбичівська	2,39	36,03	27,45	25,71	28,49	6,08	1,27	0,05	2,42	2,83	2,74	1,20	-13,14	12,70	2,57	2,75	2,64	2,74	2,48	2,36	2,42	2,44	2,52	2,54	2,82	2,37	2,64
Клоочарківська	2,41	36,98	27,66	26,07	26,89	7,81	1,78	0,02	2,12	2,76	2,65	2,26	54,54	1,66	2,76	2,51	2,59	2,59	2,46	2,48	2,37	2,41	2,55	2,57	2,56	2,92	2,60
Нов.Давидівська	2,67	34,14	26,82	25,85	28,14	5,54	1,83	0,04	3,02	3,03	2,70	1,43	-34,15	0,61	2,50	2,61	2,64	2,70	2,33	2,51	2,40	2,32	2,47	2,39	2,76	2,18	2,73
Павшинська	2,19	36,05	28,26	26,54	27,68	6,30	1,62	0,02	2,41	2,56	2,55	1,74	-4,47	5,09	2,48	2,55	2,53	2,56	2,44	2,36	2,30	2,43	2,48	2,46	2,60	2,38	2,51
Копиновецька	2,02	40,73	31,47	33,94	31,36	8,99	2,62	-0,04	0,94	1,53	0,89	-0,73	100,94	-16,08	2,35	1,82	1,64	1,68	1,89	1,85	1,57	1,87	2,50	2,17	2,18	2,62	2,03
Кольчинська	2,34	37,09	29,97	29,90	28,49	7,08	1,03	-0,02	2,09	2,01	1,79	1,20	26,05	17,85	2,13	2,11	2,12	2,11	2,16	1,93	1,91	2,17	2,44	2,24	2,28	2,37	2,26
Чинадівська	2,33	36,03	27,74	28,15	28,15	7,31	1,68	0,00	2,42	2,73	2,19	1,42	34,96	3,93	2,44	2,21	2,37	2,35	2,13	2,26	2,10	2,10	2,50	2,32	2,45	2,57	2,59
Бистрицька	2,2	36,98	26,98	27,81	27,95	1,91	1,69	0,00	2,12	2,98	2,26	1,55	-176,52	3,74	1,70	2,18	2,43	2,40	2,11	1,68	2,14	2,04	2,58	2,41	2,46	0,91	2,71
Брестівська	2,87	34,14	26,48	25,08	28,51	5,54	1,83	0,06	3,02	3,14	2,88	1,18	-34,15	0,61	2,65	2,80	2,73	2,85	2,41	2,61	2,52	2,39	2,49	2,47	2,92	2,24	2,78
Пузняковецька	1,29	42,90	39,91	43,94	40,23	5,24	2,12	-0,04	0,26	-1,19	-1,36	-6,68	-46,21	-5,50	1,53	1,75	0,31	0,68	1,66	1,20	1,05	1,79	2,25	1,75	2,15	1,35	0,75
Верх.Визницька	1,64	39,10	30,68	38,97	36,78	6,79	1,58	-0,03	1,46	1,78	-0,24	-4,36	14,62	6,03	1,79	1,50	1,08	1,24	1,31	1,44	1,27	1,29	2,48	1,80	2,25	1,83	2,15
Бобовишанська	1,71	38,34	29,59	29,08	26,51	5,67	1,11	-0,05	1,69	2,13	1,98	2,52	-29,31	16,17	1,92	2,03	2,22	2,12	2,26	1,84	2,00	2,23	2,50	2,39	2,14	2,01	2,31
Кальницька	1,73	39,94	28,06	27,61	25,08	6,06	1,41	-0,05	1,19	2,63	2,31	3,48	-14,12	9,65	2,13	2,02	2,42	2,26	2,33	1,96	2,17	2,23	2,64	2,62	2,13	2,22	2,54
Жуківська	1,89	40,73	35,17	32,45	30,59	9,92	2,62	-0,03	0,94	0,33	1,22	-0,21	137,15	-16,08	2,60	2,31	1,71	1,82	2,44	2,05	1,68	2,51	2,35	2,27	2,25	2,98	1,47
Лохівська	1,82	39,79	30,88	29,99	26,25	6,69	1,15	-0,07	1,24	1,72	1,77	2,69	10,86	15,13	1,97	1,96	2,09	1,98	2,31	1,80	1,90	2,28	2,49	2,40	2,01	2,26	2,12
Обавька	1,89	39,08	30,18	28,01	26,63	6,97	2,54	-0,03	1,46	1,94	2,22	2,45	21,68	-14,46	2,48	2,31	2,32	2,28	2,51	2,25	2,11	2,48	2,50	2,53	2,27	2,48	2,22
Бабичівська	1,83	38,95	30,11	26,88	27,82	6,69	2,39	0,02	1,50	1,97	2,47	1,64	10,86	-11,31	2,66	2,68	2,43	2,50	2,68	2,25	2,65	2,50	2,63	2,57	2,48	2,23	2,23
Верх.Коропецька	1,74	37,13	29,90	27,08	26,51	4,56	1,05	-0,01	2,07	2,03	2,43	2,52	-72,88	17,26	1,98	2,47	2,42	2,40	2,58	1,98	2,23	2,59	2,44	2,48	2,37	1,78	2,26
Лалівська	1,87	38,44	28,95	26,11	25,51	5,24	1,11	-0,01	1,66	2,34	2,65	3,19	-46,09	16,17	2,16	2,47	2,55	2,50	2,65	2,07	2,36	2,61	2,54	2,67	2,37	2,06	2,41
Станівська	1,84	38,04	28,10	24,91	24,58	6,57	1,11	-0,01	1,79	2,62	2,92	3,82	5,91	16,17	2,47	2,55	2,69	2,63	2,75	2,30	2,54	2,68	2,57	2,77	2,40	2,61	2,54
Яблунівська	1,5	43,89	34,28	34,78	29,31	8,13	2,62	-0,09	-0,05	0,62	0,70	0,65	67,34	-16,21	2,08	1,74	1,48	1,46	2,12	1,66	1,51	2,10	2,48	2,28	1,90	2,35	1,60
Завидівська	1,59	43,99	34,93	33,88	29,13	8,51	2,21	-0,08	-0,08	0,41	0,90	0,77	82,20	-7,38	2,16	1,92	1,56	1,57	2,30	1,70	1,57	2,29	2,46	2,35	1,96	2,50	1,50
Зубівська	1,81	37,98	31,81	31,20	29,75	6,79	1,58	-0,02	1,81	1,42	1,50	0,35	14,62	6,03	2,11	2,16	1,93	1,98	2,21	1,92	1,79	2,24	2,39	2,20	2,29	2,21	1,98
Пістрьяльська	1,55	39,79	34,91	31,94	30,23	5,37	1,60	-0,03	1,24	0,42	1,34	0,03	-40,94	5,53	1,91	2,34	1,77	1,88	2,47	1,75	1,72	2,54	2,32	2,25	2,26	1,78	1,51
Форшська	1,68	38,79	33,06	29,40	27,33	5,14	1,20	-0,04	1,55	1,02	1,91	1,98	-50,01	14,20	1,89	2,38	2,09	2,10	2,62	1,84	1,96	2,67	2,36	2,39	2,20	1,83	1,79
Ниж.Коропецька	1,86	36,44	28,15	24,08	19,02	5,82	1,44	-0,12	2,29	2,60	3,10	7,54	-23,20	9,02	2,04	2,09	2,77	2,41	2,88	2,41	2,67	2,85	2,50	2,75	1,71	2,42	2,53
Городишанська	1,67	38,78	30,05	36,09	36,41	7,79	1,02	0,00	1,56	1,99	0,40	-4,11	53,82	17,96	2,06	1,82	1,43	1,61	1,50	1,54	1,43	1,48	2,49	1,93	2,48	2,19	2,25
Іваноівська	1,91	38,95	30,81	28,90	26,38	6,57	1,66	-0,05	1,50	1,74	2,02	2,61	6,01	4,32	2,15	2,17	2,21	2,13	2,44	2,02	2,01	2,43	2,46	2,44	2,14	2,29	2,13
Лавківська	1,62	38,10	30,53	29,20	26,78	6,89	1,82	-0,04	1,77	1,83	1,95	2,34	18,62	0,87	2,20	2,13	2,18	2,11	2,35	2,08	1,98	2,35	2,45	2,36	2,16	2,37	2,17
Макарівська	3,48	30,19	29,06	26,18	25,49	6,83	1,23	-0,01	4,26	2,31	2,63	3,21	16,32	13,44	2,29	2,47	2,54	2,48	2,45	2,71	2,35	2,61	2,21	2,08	2,35	2,59	2,39
Ракошівська	2,23	35,58	25,95	26,81	24,11	5,27	1,69	-0,05	2,56	3,31	2,49	4,13	-44,91	3,72	2,02	1,86	2,57	2,34	2,10	2,18	2,27	2,03	3,72	2,40	2,10	2,02	2,86
Керешівська	3,18	37,05	28,79	24,67	22,74	5,88	1,84	-0,04	2,10	2,39	2,97	5,05	-20,83	0,43	2,36	2,47	2,69	2,54	2,87	2,47	2,57	2,84	2,49	2,73	2,17	2,39	2,43
Березниківська	3,81	34,94	25,27	21,01	19,34	6,22	1,82	-0,04	2,76	3,53	3,79	7,33	-7,81	0,86	2,71	2,57	3,16	2,90	3,07	3,07	3,31	2,99	2,60	3,03	2,17	2,89	2,96
Дусинська	3,17	34,02	25,59	21,80	19,47	6,02	1,79	-0,06	3,05	3,43	3,61	7,24	-15,44	1,48	2,51	2,40	3,07	2,78	2,92	2,97	3,13	2,87	2,54	2,84	2,07	2,72	2,91
Свалівська	3,25	29,56	22,24	25,12	31,17	8,47	1,93	0,11	4,45	4,51	2,87	-0,60	80,40	-1,46	3,28	2,64	2,87	3,03	1,74	3,17	2,53	1,69	2,54	2,12	3,29	3,25	3,43
Сусківська	3,05	33,97	22,75	20,73	25,39	6,20	1,03	0,10	3,07	4,34	3,85	3,28	-8,34	17,72	3,16	3,17	3,28	3,40	2,69	3,03	3,39	2,56	2,72	2,98	3,23	2,92	3,35
Голубинська	3,1	27,70	20,32	17,20	22,38	6,65	1,63	0,13	5,04	5,13	4,65	5,29	9,13	4,96	3,63	2,97	4,75	4,54	3,69	3,76	4,27	3,72	2,90	2,58	2,93	3,50	3,68
Ганьковичівська	3,84	33,95	22,98	20,09	25,96	6,37	1,76	0,13	3,07	4,27	4,00	2,89	-1,68	2,27	3,50	2,87	3,44	3,56	3,33	3,50	3,98	3,31	2,75	2,71	3,08	3,47	3,08
Родниківська	3,37	27,27	21,19	18,78	22,29	6,10	1,02	0,09	5,17	4,84	4,29	5,35	-12,52	17,90	3,15	2,71	3,98	3,96	3,52	3,52	3,95	3,58	2,69	2,49	2,63	3,10	3,14
Плосківська	2,85	27,08	30,76	27,62	25,75	5,02	1,46	-0,04	5,23	1,76	2,31	3,03	-54,88	8,68	2,36	2,29	2,69	2,16	2,34	2,11	2,70	2,13	2,63	2,03	1,76	2,21	1,89
Полянська	2,7	27,31	30,58	26,57	26,98	5,02	1,58	0,01	5,16	1,82	2,54	2,21	-54,88	6,09	2,70	2,46	2,87	2,29	2,45	2,33	2,92	2,16	2,78	2,05	1,85	2,50	1,96
Солочинська	2,9	27,94	30,98	27,51	25,75	5,50	1,96	-0,03	4,96	1,69	2,33	3,03	-35,84	-2,12	2,40	2,37	2,81	2,17	2,34	2,18	2,72	2,10	2,68	2,06	1,82	2,22	2,05
Непінська	3	34,11	26,48	24,11	26,65	5,85	2,88	0,05	3,02	3,14	3,10	2,43	-22,01	-21,82	2,83	2,59	2,93	2,68	2,83	2,88	3,31	2,78	2,56	2,49	2,57	2,81	2,43
Тибавська	2,58	34,78	26,47	26,98	25,91	5,70	3,83	-0,02	2,82	3,14	2,45	2,92	-28,02	-41,98	2,08	2,12	2,56	2,25	2,54	2,44	2,84	2					

12	0,31	8,73			
1	-1,41	0,41	2,01	4,09	4,25
5	-1,13	4,08	-0,99		

Таблиця В.6

04/10/10 4-5 ТМ	Gact	Спектральні енергетичні яскравості						NDVI	Грп						Грп по запропонованих моделях спектральних індексів														
		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
В. Копаня	1,10	58,21	60,88	55,20	68,57	13,35	8,57	0,11	3,00	3,00	0,64	-0,04	0,92	0,93	1,27	2,47	1,03	1,08	1,45	2,08	1,89	2,45	1,94	1,65	3,08	2,87	1,70		
Виноградів	1,54	62,81	60,88	54,16	69,45	15,52	8,83	0,12	0,38	0,38	0,64	0,27	0,70	-3,35	1,57	2,59	1,21	1,21	2,33	1,92	1,96	2,58	2,75	2,27	3,13	3,30	1,63		
Тур'я Ремета	2,24	58,98	56,54	46,85	67,70	12,51	8,90	0,18	2,56	2,56	2,24	2,43	1,13	2,60	2,69	3,05	2,66	2,48	2,86	2,62	2,68	3,09	2,87	2,86	3,34	3,11	2,29		
Хуст	2,30	65,11	57,98	45,81	50,18	11,18	8,96	0,05	-0,93	-0,93	1,71	2,74	5,49	5,22	2,85	3,56	2,74	3,14	3,85	2,78	2,75	3,46	3,72	3,81	2,89	2,89	3,38		
Середнє	2,30	59,75	60,88	44,76	66,82	15,76	9,22	0,20	2,12	2,12	0,64	3,05	1,35	-3,83	3,37	4,00	2,72	2,54	3,05	2,61	2,78	4,04	2,21	3,30	3,41	3,94	1,82		
Соломоново	2,30	59,75	53,64	45,81	51,93	14,07	8,96	0,06	2,12	2,12	3,31	2,74	5,06	-0,50	2,93	2,94	3,00	3,30	3,28	2,90	2,89	2,87	3,62	3,12	2,94	3,51	3,78		
Гать	2,32	53,62	49,29	44,76	66,82	12,03	9,35	0,20	5,62	5,62	4,92	3,05	1,35	3,55	3,56	2,37	3,43	3,14	2,71	2,92	3,18	2,44	3,34	2,50	3,41	3,13	3,24		
В. Добронь	2,40	58,98	53,64	46,85	62,44	13,11	8,90	0,14	2,56	2,56	3,31	2,43	2,44	1,41	2,69	2,70	2,83	2,80	3,03	2,70	2,77	2,71	3,47	2,86	3,20	3,24	3,02		
Мужієво	2,42	56,68	57,98	45,81	65,07	12,63	8,90	0,17	3,87	3,87	1,71	2,74	1,79	2,36	2,89	3,43	2,74	2,63	2,53	2,82	2,75	3,46	2,17	2,73	3,31	3,20	2,30		
Ужок	2,52	62,81	55,09	43,72	62,44	9,74	8,76	0,18	0,38	0,38	2,78	3,36	2,44	8,07	3,05	3,40	3,23	3,12	3,95	3,00	3,09	3,42	3,90	3,90	3,32	2,68	2,85		
Волосянка	2,83	59,75	53,64	43,72	57,70	12,63	8,57	0,14	2,12	2,12	3,31	3,36	3,62	2,36	2,90	3,23	3,32	3,37	3,57	3,23	3,15	3,22	3,62	3,49	3,18	3,33	3,36		
Голубине	3,00	62,04	55,09	42,68	63,32	7,81	8,90	0,19	0,81	0,81	2,78	3,66	2,22	11,88	3,38	3,57	3,39	3,21	4,00	3,13	3,23	3,61	3,75	4,00	3,39	2,30	2,78		
Астей	3,00	52,09	50,74	41,63	58,94	11,30	8,90	0,17	6,49	6,49	4,38	3,97	3,31	4,98	3,74	3,14	3,82	3,73	2,77	3,73	3,57	3,17	2,69	2,81	3,31	3,16	3,63		
В. Грабівниця	3,72	55,15	50,74	47,90	62,44	11,79	8,96	0,13	4,74	4,74	4,38	2,12	2,44	4,03	2,44	2,18	2,82	2,80	2,48	2,83	2,76	2,19	3,33	2,22	3,16	2,91	3,38		
Бовтрадь	3,81	55,15	50,74	46,85	56,31	11,42	8,90	0,09	4,74	4,74	4,38	2,43	3,97	4,74	2,73	2,36	3,00	3,15	2,61	2,99	2,87	2,33	3,33	2,38	3,03	2,89	3,82		
Ракошино	4,10	63,58	59,43	46,85	62,44	16,12	9,29	0,14	-0,06	-0,06	1,17	2,43	2,44	-4,54	3,02	3,49	2,49	2,51	3,42	2,35	2,59	3,47	3,15	3,43	3,20	3,86	2,32		
Подобовець	4,10	58,21	53,64	40,59	58,06	10,70	8,57	0,18	3,00	3,00	3,31	4,28	3,53	6,17	3,52	3,78	3,78	3,71	3,83	3,76	3,61	3,80	3,32	3,89	3,32	3,08	3,34		
Поляна	4,12	56,68	53,64	40,59	53,32	10,82	8,63	0,14	3,87	3,87	3,31	4,28	4,71	5,93	3,62	3,83	3,78	3,90	3,58	3,90	3,61	3,80	3,01	3,66	3,17	3,11	3,68		
Вучкове	5,00	54,39	49,29	39,55	52,44	12,03	8,50	0,14	5,18	5,18	4,92	4,59	4,93	3,55	3,74	3,35	4,22	4,30	3,59	4,31	4,00	3,34	3,51	3,54	3,19	3,48	4,27		
Кушниця	5,00	54,39	50,74	38,50	48,94	10,58	8,70	0,12	5,18	5,18	4,38	4,90	5,80	6,41	4,20	3,82	4,27	4,46	3,70	4,51	4,12	3,78	3,17	3,76	3,12	3,19	4,35		
Довге	5,21	52,85	47,85	37,46	55,43	11,55	8,90	0,19	6,05	6,05	5,45	5,20	4,18	4,50	4,71	3,49	4,62	4,47	3,76	4,51	4,50	3,53	3,52	3,75	3,39	3,51	4,24		
В. Ворота	5,40	51,32	43,50	32,24	44,56	11,67	8,57	0,16	6,93	6,93	7,05	6,75	6,89	4,26	5,87	3,98	5,62	5,69	4,71	6,31	3,97	4,32	4,81	3,75	3,26	4,04	5,55		
		параметри лінійного рівняння																											
		63,47	62,61	55,08	72,26	13,82	9,03																						
		-1,75	-2,71	-3,39	-4,02	-0,51	-0,06																						
		параметри оберненого лінійного рівняння						σ	1,93	1,21	0,90	1,27	3,76	3,97	0,85	1,15	0,73	0,72	1,01	0,86	0,87	1,12	1,11	1,00	1,25	1,19	0,80		
		36,19	23,12	16,26	17,97	27,34	156,76																						
		-0,57	-0,37	-0,30	-0,25	-1,98	-17,36																						
		параметри моделей																											
№ моделі																													
6	15,12	-0,75	-0,14	-1,63	-0,33	-0,08	-1,23																						
7	10,67	0,00	-0,64	-1,84																									
3	16,67	-0,23	-2,72																										
4	18,60	-0,24	-2,33	-1,58																									
2	-4,02	6,32	-0,38																										
13	14,07	-0,12	-0,07																										
8	-4,34	6,16																											
9	-8,22	10,63																											
10	-4,54	5,87																											
11	1,45	1,31																											
12	0,52	9,73																											
1	-5,01	-0,55	-0,02	0,20	44,02																								
5	6,18	5,18	-9,98																										

Таблиця В.7

02/03/10 4-5 ТМ	Gact	Спектральні енергетичні яскравості						NDVI	Грп						Грп по запропонованих моделях спектральних індексів												
		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В. Копаня	1,10	40,52	31,94	27,95	33,52	71,96	5,66	0,09	3,02	1,41	1,38	1,58	9,01	0,34	2,33	3,13	2,35	2,31	3,03	2,09	2,10	3,16	3,08	2,85	3,14	3,00	2,58
Виноградів	1,54	39,75	29,55	27,33	29,68	81,32	5,49	0,04	3,54	3,21	1,82	5,14	-1,39	-1,00	1,27	2,93	2,87	2,76	3,04	1,56	2,65	3,04	3,18	2,86	2,98	3,17	3,26
Тур'я Ремета	2,24	45,20	37,54	30,43	42,24	70,72	5,58	0,16	-0,12	-2,79	-0,42	-6,50	10,40	-0,33	2,39	3,43	0,98	1,06	3,11	1,73	1,22	3,34	2,99	2,94	3,40	2,89	1,01



Голубине	3,00	61,55	24,75	19,87	20,50	11,24	5,14	0,02	-0,37	3,77	4,39	6,58	50,74	8,66	3,18	3,40	3,93	3,95	4,34	3,19	3,82	3,68	4,00	4,54	2,84	3,02	3,93		
Астей	3,00	54,54	23,96	19,24	28,57	11,37	5,05	0,19	3,68	4,29	4,67	2,36	47,23	10,96	3,46	3,98	4,13	4,11	3,93	3,56	4,09	3,67	3,46	3,96	3,81	3,27	3,40		
В. Грабівниця	3,72	52,98	23,96	24,84	20,50	13,26	5,66	-0,10	4,58	4,29	2,20	6,58	-5,40	-5,17	2,84	1,96	2,74	2,77	2,53	2,79	2,57	2,35	3,30	2,40	2,40	2,69	4,08		
Бовтрадь	3,81	54,54	31,14	24,84	30,81	14,90	5,09	0,11	3,68	-0,34	2,20	1,19	-51,02	9,81	2,75	3,70	2,32	2,32	2,53	2,97	2,37	3,71	2,12	2,54	3,29	3,37	1,80		
Ракошино	4,10	61,55	24,75	20,49	30,20	13,26	5,53	0,19	-0,37	3,77	4,12	1,51	-5,40	-1,71	3,87	3,81	3,78	3,76	4,17	3,20	3,61	3,50	4,00	4,33	3,79	3,85	3,11		
Подобовець	4,10	56,10	27,15	21,73	29,54	15,03	4,61	0,15	2,78	2,23	3,57	1,86	-54,53	22,49	3,26	3,84	3,33	3,31	3,46	3,47	3,15	3,69	2,92	3,39	3,54	4,30	2,69		
Поляна	4,12	52,21	24,75	19,87	26,63	13,89	5,53	0,15	5,03	3,77	4,39	3,38	-22,95	-1,71	4,51	3,80	3,93	3,92	3,55	4,36	3,82	3,68	3,03	3,50	3,50	4,38	3,41		
Вучкове	5,00	49,87	22,36	19,24	25,66	12,00	5,44	0,14	6,38	5,32	4,67	3,89	29,69	0,59	4,15	3,44	4,25	4,24	3,46	4,15	4,18	3,28	3,34	3,42	3,49	3,61	3,96		
Кушниця	5,00	51,43	22,36	18,62	22,57	11,37	5,58	0,10	5,48	5,32	4,94	5,50	47,23	-2,87	4,31	3,44	4,39	4,40	3,78	4,25	4,43	3,46	3,52	3,79	3,23	3,48	4,22		
Довге	5,21	48,31	20,76	17,38	20,81	12,88	5,23	0,09	7,28	6,34	5,49	6,42	5,12	6,35	5,12	3,40	4,80	4,81	3,81	5,58	5,14	3,43	3,59	3,83	3,20	4,81	4,68		
В. Ворота	5,40	48,31	19,96	16,76	21,84	12,76	5,05	0,13	7,28	6,86	5,76	5,88	8,63	10,96	5,20	3,52	5,00	5,00	3,97	5,72	5,56	3,42	3,83	4,06	3,42	5,01	4,75		
		параметри лінійного рівняння																											
		60,92	30,61	29,84	33,08	13,07	5,47																						
		-1,73	-1,55	-2,27	-1,91	-0,04	-0,04																						
		параметри оберненого лінійного рівняння																											
		35,17	19,72	13,14	17,32	363,30	143,55																						
		-0,58	-0,64	-0,44	-0,52	-27,80	-26,26																						
№ моделі		параметри моделей																											
6	8,37	-1,09	0,47	-1,99	-0,23	0,80	0,29																						
7	7,75	0,00	-0,31	-1,81																									
3	12,08	-0,32	-1,43																										
4	12,22	-0,32	-1,42	-0,10																									
2	-3,11	4,15	1,30																										
13	10,50	-0,20	-0,08																										
8	-2,19	4,70																											
9	-2,35	2,55																											
10	-2,34	2,22																											
11	0,63	2,15																											
12	-2,76	10,21																											
1	-3,62	-0,40	-0,11	6,05	18,30																								
5	3,13	4,49	-10,91																										

Таблиця В.9

21/11/10 4-5 ТМ	Gaсt	Спектральні енергетичні яскравості						NDVI	Grп						Grп по запропонованих моделях спектральних індексів												
		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В. Копая	1,10	62,81	65,22	67,73	93,10	13,83	8,11	0,16	1,67	0,05	-2,25	-3,54	-0,76	27,88	1,49	1,59	0,29	0,19	1,69	1,06	1,01	1,77	3,19	1,85	2,88	2,30	0,35
Виноградів	1,54	63,58	55,09	59,38	67,11	16,96	9,88	0,06	1,32	4,36	-0,13	1,16	-16,21	-110,34	2,74	1,74	1,74	1,83	1,92	1,61	1,50	1,60	3,25	2,37	3,36	3,21	2,71
Тур'я Ремета	2,24	65,11	60,88	45,81	45,58	14,31	9,42	0,00	0,62	1,90	3,31	5,04	-3,14	-74,51	3,67	3,79	3,13	3,30	3,64	2,93	3,00	3,53	3,22	3,64	3,62	3,51	3,61
Хугт	2,30	64,34	65,22	48,94	63,10	11,30	7,52	0,13	0,97	0,05	2,51	1,88	11,72	73,95	2,25	3,42	2,61	2,54	3,48	2,22	2,47	3,54	3,19	3,25	3,05	2,60	2,20
Середнє	2,30	61,28	59,43	45,81	56,82	11,30	8,63	0,11	2,38	2,51	3,31	3,01	11,72	-13,08	3,28	3,32	3,20	3,17	3,42	2,81	3,01	3,37	3,21	3,34	3,14	2,78	3,02
Соломоново	2,30	65,11	50,74	46,85	58,06	10,34	7,85	0,11	0,62	6,20	3,04	2,79	16,47	48,35	2,60	2,33	3,48	3,46	2,85	2,58	2,92	2,35	3,29	3,52	3,14	2,49	3,59
Гать	2,32	56,68	62,33	46,85	55,94	11,42	7,45	0,09	4,49	1,28	3,04	3,17	11,13	79,07	2,45	3,54	2,96	2,97	3,27	2,95	2,80	3,53	3,17	2,87	3,23	2,75	2,86
В. Добронь	2,40	65,87	65,22	48,94	63,32	13,71	8,11	0,13	0,27	0,05	2,51	1,84	-0,17	27,88	2,62	3,42	2,61	2,54	3,53	2,20	2,47	3,54	3,20	3,37	3,04	3,15	2,19
Мужисьо	2,42	55,15	56,54	44,76	55,22	11,55	7,59	0,10	5,20	3,74	3,57	3,30	10,53	68,83	2,77	3,17	3,45	3,42	3,13	3,41	3,24	3,21	3,19	2,95	3,15	2,90	3,34
Ужок	2,52	58,98	66,67	48,94	54,34	13,71	8,63	0,05	3,43	-0,56	2,51	3,46	-0,17	-13,08	2,95	3,79	2,55	2,62	3,35	2,62	2,46	3,69	3,16	2,86	3,39	3,15	2,63
Волосянка	2,83	58,98	52,19	40,59	49,08	16,96	8,70	0,09	3,43	5,59	4,63	4,41	-16,21	-18,20	4,06	3,31	4,09	4,08	3,56	4,20	4,30	3,32	3,24	3,76	3,20	4,68	4,04
Голубине	3,00	54,39	60,88	47,90	52,22	10,94	8,76	0,04	5,55	1,90	2,78	3,84	13,50	-23,32	3,16	3,40	2,91	3,01	2,94	3,02	2,65	3,25	3,16	2,60	3,43	2,57	3,20
Астей	3,00	58,21	55,09	40,59	56,82	11,06	8,11	0,17	3,79	4,36	4,63	3,01	12,91	27,88	3,65	3,40	3,94	3,77	3,75	3,82	4,25	3,66	3,22	3,69	2,83	3,06	3,34
В. Грабівниця	3,72	65,11	53,64	41,63	53,46	14,19	9,35	0,12	0,62	4,97	4,37	3,62	-2,54	-69,39	4,31	3,22	3,91	3,84	3,71	3,38	3,99	3,33	3,27	4,16	3,06	3,83	3,66
Бовтрадь	3,81	62,04	56,54	44,76	52,95	15,64	9,35	0,08	2,03	3,74	3,57	3,71	-9,68	-69,39	3,89	3,24	3,45	3,46	3,39	3,10	3,24	3,21	3,23	3,51	3,25	3,92	3,48
Ракошино	4,10	65,87	60,88	45,81	54,34	14,79	8,70	0,09	0,27	1,90	3,31	3,46	-5,51	-18,20	3,27	3,54	3,13	3,15	3,67	2,71	3,00	3,53	3,23	3,70	3,25	3,63	3,07
Подобовець	4,10	57,45	59,43	47,90	58,06	12,63	7,26	0,10	4,14	2,51	2,78	2,79	5,18	94,42	2,24	3,10	2,98	2,97	3,00	2,81	2,66	3,10	3,19	2,83	3,20	2,97	2,94
Поляна	4,12	51,32	57,98	43,72	46,82	13,71	8,24	0,03	6,96	3,13	3,84	4,82	-0,17	17,64	3,33	3,68	3,48	3,59	3,18	4,16	3,44	3,51	3,16	2,74	3,47	3,52	3,75
Вучкове	5,00	54,39	52,19	39,55	45,58	12,63	9,09	0,07	5,55	5,59	4,89	5,04	5,18	-48,91	4,51	3,54	4,19	4,22	3,54	4,83	4,62	3,48	3,21	3,47	3,31	3,59	4,25
Кушниця	5,00	52,85	53,64	40,59	46,46	11,18	9,09	0,07	6,25	4,97	4,63	4,89	12,31	-48,91	4,35	3,56	4,01	4,05	3,42	4,62	4,28	3,49	3,19	3,21	3,33	3,10	4,09
Довге	5,21	55,15	52,19	39,55	53,46	12,03	7,91	0,15	5,20	5,59	4,89	3,62	8,15	43,23	3,68	3,28	4,19	4,06	3,57	4,46	4,62	3,48	3,22	3,54	2,93	3,42	3,77
В. Ворота	5,40	53,62																									





10	-4,49	8,51			
11	-0,13	2,75			
12	-0,68	17,93			
1	-5,66	1,57	0,80	5,70	28,30
5	-1,18	6,87	-2,67		

Таблиця В.11

21/03/11 7+Е ТМ	Gact	Спектральні енергетичні яскравості						NDVI	Грп						Грп по запропонованих моделях спектральних індексів														
		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
В. Копаня	1,40	44,42	31,14	34,79	32,41	8,59	5,15	-0,04	5,39	6,28	-0,23	16,04	4,13	8,78	2,00	1,57	1,43	1,41	2,08	1,72	1,04	1,70	3,22	2,73	2,74	3,16	3,30		
Хуст	1,78	41,30	33,54	32,92	35,21	9,22	5,58	0,03	15,81	3,19	0,91	65,30	2,58	-0,21	2,55	2,46	2,15	2,24	2,49	2,36	1,19	2,40	3,04	2,70	3,08	3,15	3,19		
Середнє	1,79	44,42	34,34	31,06	40,32	8,21	5,37	0,13	5,39	2,16	2,05	155,48	5,06	4,29	3,41	3,35	2,73	3,07	2,94	3,08	1,17	2,89	3,09	2,96	3,66	3,15	3,22		
Виноградів	1,80	46,75	33,54	28,57	23,69	11,12	6,19	-0,09	-2,42	3,19	3,57	-137,63	-2,07	-12,80	2,79	2,71	3,32	2,95	3,33	2,90	1,14	3,27	3,19	3,27	2,48	3,12	3,03		
В. Добронь	2,11	34,29	31,94	27,33	28,17	10,99	5,93	0,02	39,25	5,25	4,33	-58,71	-1,76	-7,40	2,80	3,10	3,47	3,33	3,01	3,17	1,28	3,24	2,89	2,70	2,99	3,12	3,19		
Астей	2,20	38,97	29,55	26,08	17,93	5,82	5,84	-0,19	23,62	8,35	5,10	-239,09	10,94	-5,61	2,99	2,22	3,49	2,86	3,08	2,72	1,30	3,04	3,12	3,06	2,12	3,16	3,19		
Бовтрадь	2,29	38,19	31,14	27,95	32,48	8,85	4,72	0,07	26,23	6,28	3,95	17,25	3,51	17,77	2,76	3,11	3,18	3,24	2,92	2,87	1,41	2,94	3,03	2,87	3,32	3,14	3,30		
Голубине	2,36	52,98	33,54	28,57	37,12	10,49	5,37	0,13	-23,26	3,19	3,57	99,12	-0,52	4,29	3,79	3,68	3,32	3,58	3,45	3,58	1,49	3,27	3,36	3,60	3,67	3,13	3,22		
Мужіво	2,50	56,10	40,73	32,92	24,33	3,54	5,28	-0,15	-33,68	-6,10	0,91	-126,35	16,51	6,08	2,72	2,83	2,99	2,62	3,61	2,70	1,79	3,63	3,17	3,37	2,25	3,19	2,61		
Ужок	2,66	38,19	31,14	31,06	31,84	8,72	5,50	0,01	26,23	6,28	2,05	5,98	3,82	1,59	2,53	2,29	2,34	2,32	2,41	2,34	1,85	2,31	3,03	2,66	2,97	3,15	3,29		
Ракошино	2,69	54,54	44,72	37,27	33,93	10,23	5,50	-0,05	-28,47	-11,25	-1,75	42,75	0,10	1,59	2,06	3,00	2,28	2,26	3,31	2,39	2,25	3,42	3,02	3,01	2,68	3,15	2,51		
Вучкове	2,92	54,54	31,94	26,08	36,32	13,26	4,51	0,16	-28,47	5,25	5,10	84,89	-7,33	22,27	3,54	4,12	3,85	4,15	3,74	3,76	1,89	3,56	3,48	3,95	3,90	3,09	3,30		
Тур'я Ремета	3,44	42,86	35,94	31,06	32,32	9,85	5,50	0,02	10,60	0,09	2,05	14,41	1,03	1,59	2,61	3,07	2,93	2,91	3,08	2,82	3,01	3,18	3,00	2,89	3,01	3,14	3,01		
В. Ворота	3,52	47,53	37,54	30,43	36,32	11,37	5,50	0,09	-5,03	-1,97	2,43	84,89	-2,69	1,59	3,05	3,75	3,31	3,46	3,50	3,37	3,11	3,61	3,07	3,16	3,40	3,12	2,97		
Поляна	3,62	44,42	35,94	29,81	34,32	9,98	5,63	0,07	5,39	0,09	2,81	49,65	0,72	-1,11	3,14	3,53	3,28	3,37	3,35	3,32	3,45	3,04	3,05	3,29	3,13	3,04			
Соломоново	3,93	52,21	34,34	28,57	34,32	11,75	5,76	0,09	-20,65	2,16	3,57	49,65	-3,62	-3,81	3,59	3,61	3,43	3,55	3,54	3,61	3,68	3,43	3,31	3,55	3,42	3,11	3,13		
Гать	4,16	52,21	39,93	32,30	31,32	8,72	5,50	-0,02	-20,65	-5,06	1,29	-3,21	3,82	1,59	2,77	3,30	3,07	2,98	3,55	2,96	4,93	3,62	3,11	3,24	2,83	3,15	2,76		
Волосянка	4,41	42,08	32,74	28,57	37,32	10,11	5,54	0,13	13,20	4,22	3,57	102,52	0,41	0,69	3,51	3,56	3,22	3,48	3,12	3,44	4,82	3,11	3,09	3,03	3,68	3,13	3,27		
Подобовещ	4,54	38,97	27,95	27,95	30,32	8,97	5,33	0,04	23,62	10,41	3,95	-20,83	3,20	5,18	2,95	2,40	2,74	2,71	2,53	2,60	4,94	2,29	3,19	2,91	3,12	3,14	3,46		
В. Грабівниця	4,79	59,21	32,74	26,70	31,32	8,34	5,02	0,08	-44,10	4,22	4,72	-3,21	4,75	11,48	4,10	3,67	3,77	3,79	3,80	3,79	5,49	3,57	3,58	4,14	3,35	3,14	3,19		
Довге	5,10	32,74	27,15	22,35	26,32	6,95	5,37	0,08	44,46	11,44	7,38	-91,32	8,15	4,29	4,10	3,63	4,30	4,21	3,36	4,25	5,07	3,50	3,01	3,01	3,36	3,14	3,45		
Кушниця	5,10	35,07	27,15	21,73	29,32	2,79	5,24	0,15	36,65	11,44	7,76	-38,46	18,37	6,98	5,34	4,15	4,52	4,63	3,60	5,41	4,90	3,70	3,09	3,24	3,79	3,19	3,49		
		параметри лінійного рівняння																											
		46,03	36,01	34,41	31,50	10,27	5,57																						
		-0,30	-0,77	-1,63	0,06	-0,41	-0,05																						
		параметри оберненого лінійного рівняння																											
		153,95	46,50	21,06	-555,07	25,21	116,26																						
		-3,34	-1,29	-0,61	17,62	-2,45	-20,86																						
№ моделі		параметри моделей																											
6		2,57	0,16	1,21	-2,71	0,60	-0,11	0,59																					
7		1,98	0,00	-0,05	-0,47																								
3		2,57	-0,13	3,85																									
4		0,42	-0,10	3,72	1,34																								
2		-4,68	4,83	2,07																									
13		4,70	-0,06	0,01																									
8		-3,35	5,64																										
9		1,88	0,94																										
10		0,83	1,49																										
11		0,38	2,53																										
12		3,22	-0,26																										
1		-3,28	1,15	2,42	-3,50	16,40																							
5		-1,05	4,58	-1,38																									

Таблиця В.12

21/09/11 7+Е ТМ	Gact	Спектральні енергетичні яскравості						NDVI	Грп						Грп по запропонованих моделях спектральних індексів												
		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В. Копаня	1,40	42,08	42,33	31,68	30,50	11,75	5,01	-0,02	4,28	2,81	3,46	6,05	9,08	-12,69	2,97	2,24	3,12	2,87	3,16	2,87	1,04	3,15	2,86	3,01	2,65	2,80	2,79

Хуст	1,78	64,67	49,52	40,38	48,26	15,03	5,44	0,09	-0,18	1,34	1,31	-0,59	-3,31	6,99	2,16	3,23	2,14	2,24	3,29	2,04	1,24	3,14	3,31	3,26	3,18	2,81	2,29		
Середнє	1,79	48,31	35,94	37,27	32,49	13,89	5,66	-0,07	3,05	4,12	2,08	5,30	0,98	16,83	2,87	2,93	3,14	3,08	3,10	2,61	1,03	3,13	3,37	2,98	2,45	2,81	3,60		
Виноградів	1,80	62,33	55,11	44,11	54,74	15,16	5,80	0,11	0,28	0,19	0,38	-3,02	-3,79	22,73	2,45	3,31	1,57	1,73	3,20	1,89	1,33	3,14	3,06	3,09	3,28	2,59	1,75		
В. Добронь	2,11	65,44	56,71	45,98	36,72	17,30	4,83	-0,11	-0,34	-0,14	-0,08	3,72	-11,89	-20,56	1,69	2,01	1,35	1,16	3,20	1,77	1,62	3,14	3,09	3,10	2,28	2,84	1,20		
Астей	2,20	54,54	46,32	41,00	44,07	11,37	5,01	0,04	1,82	1,99	1,15	0,97	10,50	-12,69	2,20	3,12	2,26	2,32	3,14	2,13	1,43	3,14	3,13	3,01	2,91	2,10	2,59		
Бовтрадь	2,29	45,98	42,33	36,03	39,23	11,75	5,44	0,04	3,51	2,81	2,39	2,78	9,08	6,99	2,95	3,04	2,86	2,85	3,11	2,58	1,47	3,14	2,99	2,96	2,94	2,46	2,97		
Голубине	2,36	49,09	47,92	38,52	36,98	13,39	5,01	-0,02	2,90	1,67	1,77	3,62	2,88	-12,69	2,51	2,47	2,36	2,23	3,11	2,41	1,73	3,14	2,91	2,96	2,65	2,62	2,26		
Мужієво	2,50	54,54	42,33	32,92	39,89	14,90	6,10	0,10	1,82	2,81	3,16	2,54	-2,84	36,51	3,16	3,12	3,05	3,05	3,33	2,48	1,79	3,14	3,29	3,31	3,22	3,41	2,98		
Ужок	2,66	49,87	47,92	37,89	48,92	15,03	5,88	0,13	2,74	1,67	1,92	-0,84	-3,31	26,67	3,23	3,42	2,41	2,53	3,14	2,61	2,13	3,14	2,93	3,00	3,40	2,99	2,50		
Ракошино	2,69	53,76	46,32	29,19	40,86	14,53	5,66	0,17	1,97	1,99	4,08	2,17	-1,41	16,83	3,17	2,91	2,92	2,87	3,49	2,72	2,73	3,16	3,10	3,49	3,64	3,74	2,53		
Вучкове	2,92	42,08	39,13	29,81	43,77	13,26	5,27	0,19	4,28	3,47	3,93	1,09	3,36	-0,88	3,65	3,83	3,43	3,60	3,21	3,94	2,24	3,14	2,98	3,09	3,80	3,35	3,44		
Тур'я Ремета	3,44	54,54	35,94	27,33	37,29	10,74	5,23	0,15	1,82	4,12	4,54	3,51	12,89	-2,85	2,58	3,51	3,77	3,83	3,46	2,82	2,86	3,14	3,62	3,63	3,56	2,96	3,69		
В. Ворота	3,52	38,97	31,14	27,33	33,41	11,37	4,92	0,10	4,90	5,11	4,54	4,96	10,50	-16,63	3,46	3,54	4,14	4,19	3,19	4,37	2,25	3,14	3,23	3,10	3,24	3,13	4,19		
Поляна	3,62	45,20	31,94	24,84	34,07	12,13	5,23	0,16	3,67	4,94	5,16	4,71	7,65	-2,85	3,48	3,61	4,18	4,23	3,39	3,98	2,79	3,14	3,47	3,47	3,58	3,67	4,11		
Соломоново	3,93	40,52	38,33	31,68	36,32	11,24	4,57	0,07	4,59	3,63	3,46	3,87	10,98	-32,37	2,91	3,12	3,39	3,37	3,11	3,67	3,64	3,14	2,95	2,96	3,07	2,68	3,39		
Гать	4,16	39,75	37,54	31,06	36,32	13,77	5,14	0,08	4,74	3,80	3,62	3,87	1,45	-6,79	3,49	3,20	3,48	3,47	3,11	3,94	4,06	3,14	2,96	2,96	3,12	3,34	3,48		
Волосанка	4,41	44,42	39,93	33,54	37,95	12,00	5,23	0,06	3,82	3,31	3,00	3,26	8,12	-2,85	3,03	3,13	3,17	3,17	3,14	3,00	4,88	3,14	3,03	3,00	3,03	2,70	3,23		
Подобовець	4,54	38,97	35,14	28,57	29,58	10,74	4,92	0,02	4,90	4,29	4,23	6,39	12,89	-16,63	3,23	2,73	3,78	3,62	3,17	3,53	4,81	3,14	3,03	3,04	2,82	2,83	3,64		
В. Грабівниця	4,79	41,30	38,33	31,06	45,31	14,02	5,66	0,19	4,44	3,63	3,62	0,51	0,50	16,83	3,93	4,01	3,42	3,64	3,15	3,92	6,12	3,14	2,98	3,01	3,77	3,40	3,57		
Довге	5,10	38,97	28,75	24,22	25,04	15,03	5,49	0,02	4,90	5,60	5,31	8,09	-3,31	8,96	4,23	2,84	4,48	4,30	3,29	4,64	4,91	3,14	3,39	3,27	2,81	4,67	4,31		
Кушниця	5,10	37,41	27,15	21,11	30,20	14,65	6,41	0,18	5,21	5,93	6,08	6,16	-1,88	50,28	5,76	3,79	4,69	4,77	3,38	5,22	5,22	3,14	3,42	3,42	3,71	5,22	4,60		
		параметри лінійного рівняння																											
		63,73	56,04	45,65	46,67	14,15	5,29																						
		-5,06	-4,87	-4,03	-2,67	-0,26	0,02																						
		параметри оберненого лінійного рівняння																											
		12,61	11,50	11,31	17,46	53,42	-237,09	σ	1,28	1,15	1,15	2,46	6,86	20,55	0,91	1,11	0,82	0,83	1,15	0,80	0,78	1,20	1,18	1,18	1,12	0,95	0,84		
		-0,20	-0,21	-0,25	-0,37	-3,77	44,83																						
		параметри моделей																											
№ моделі																													
6	7,40	-0,92	-0,69	-0,66	0,54	0,63	-0,87																						
7	1,92	0,00	-1,03	0,60																									
3	10,40	-0,14	-2,15																										
4	9,82	-0,13	-2,74	0,84																									
2	2,81	-2,62	3,04																										
13	7,24	-0,12	0,02																										
8	3,08	0,05																											
9	1,42	1,45																											
10	1,77	0,94																											
11	0,48	2,26																											
12	0,02	7,49																											
1	1,29	-2,00	0,70	1,93	18,68																								
5	3,03	0,79	-0,92																										

Таблиця В.13

08/11/11 4-5TM	Gaсt	Спектральні енергетичні яскравості						NDVI	Grп						Grп по запропонованих моделях спектральних індексів												
		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2		B	G	R	NIR	SWIR1	SWIR2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В. Копаня	1,40	45,20	73,91	57,29	53,68	9,02	7,39	-0,03	1,37	-4,84	0,71	1,47	1,94	-15,80	1,31	3,32	1,61	1,60	5,49	1,74	1,33	4,25	3,39	2,45	2,28	2,31	0,66
Хуст	1,78	45,96	59,43	55,20	58,06	8,30	7,32	0,03	1,02	0,42	1,18	-1,21	4,93	-18,14	1,76	2,70	1,75	1,79	2,95	1,83	1,59	2,81	3,18	2,73	2,86	2,13	2,01
Середнє	1,79	47,49	52,19	57,29	49,30	8,90	8,44	-0,07	0,32	3,05	0,71	4,16	2,44	21,66	1,69	1,20	1,28	1,22	1,12	1,48	1,62	1,70	2,99	2,71	1,89	2,26	3,19
Виноградів	1,80	40,60	55,09	59,38	58,06	8,30	8,83	-0,01	3,46	1,99	0,25	-1,21	4,93	35,71	2,31	1,71	0,97	1,00	1,76	1,89	1,76	1,81	3,22	1,77	2,49	1,86	2,47
В. Добронь	2,11	48,26	53,64	47,90	48,42	9,38	7,98	0,01	-0,03	2,52	2,82	4,69	0,44	5,27	2,48	2,76	2,92	2,87	3,00	2,16	1,56	3,10	3,01	3,86	2,66	3,29	3,08
Астей	2,20	41,37	50,74	45,81	43,17	9,62	8,24	-0,03	3,11	3,57	3,29	7,91	-0,55	14,64	2,81	2,45	3,23	3,12	3,10	2,76	1,52	3,02	3,12	3,18	2,31	3,65	3,63
Бовтрадь	2,29	40,60	49,29	45,81	48,42	9,74	7,91	0,03	3,46	4,10	3,29	4,69	-1,05	2,93	2,91	2,72	3,20	3,16	2,80	2,95	1,59	2,81	3,11	3,07	2,89	3,71	3,54
Голубине	2,36	42,90	49,29	48,94	53,68	8,66	8,76	0,05	2,41	4,10	2,59	1,47	3,44	33,37	3,40	2,53	2,66	2,67	2,07	2,57	1,84	2,35	3,05	3,01	3,09	2,81	3,30
Мужієво	2,50	45,96	52,19	47,90	55,43	9,02	7,32	0,07	1,02	3,05	2,82	0,40	1,94	-18,14	2,51	3,15	2,89	2,93	2,77	2,40	1,99	2,90	3,03	3,55	3,39	3,09	2,91
Ужок	2,66	40,60	50,74	44,76	44,92	7,81	7,45	0,00	3,46	3,57	3,52	6,84	6,93	-13,46	2,65	2,80	3,41	3,33	3,38	2,98	1,93	3,20	3,14	3,21	2,62	2,75	3,55
Ракошино	2,69	39,07	49,29	44,76	57,18	9,62	7,32	0,12	4,15	4,10	3,52	-0,67	-0,55	-18,14	3,25	3,64	3,39	3,48	3,11	3,50	1,94	2,98	3,15	2,99	4,00	3,77	3,13
Вучкове	2,92	44,43	49,29	44,76	58,94	8,30	7,65	0,14	1,72	4,10	3,52	-1,75	4,93	-6,44	3,60	3,79	3,39	3,50	2,83	3,06	2,24	2,98	3,00	3,76	4,20	3,02	3,05
Тур'я Ремета	3,44	38,30	52,19	46,85	47,55	9,02	7,59	0,01	4,50	3,05	3,06	5,23	1,94	-8,78	2,55	2,75	3,07	3,02	3,41	3,01	3,55	3,06					





## Додаток Г

## Собівартість виробництва продукції сільського господарства, грн/ц

Зернові та зернобобові культури	183,30			
Овочі відкритого ґрунту	126,50			
Картопля	193,30			
Елементи витрат	Частка, %	Структура витрат на вирощування у 2015 р., грн/ц		
		Зернові та зернобобові культури	Овочі відкритого ґрунту	Картопля
Витрати на оплату праці	5,40	9,90	6,83	10,44
Відрахування на соціальні заходи	1,90	3,48	2,40	3,67
Матеріальні витрати, які увійшли до собівартості продукції, у тому числі:	73,70	135,09	93,23	142,46
насіння та посадковий матеріал	12,50	22,91	15,81	24,16
корми	19,20	35,19	24,29	37,11
інша продукція сільського господарства	1,80	3,30	2,28	3,48
мінеральні добрива	19,20	35,19	24,29	37,11
пальне і мастильні матеріали	13,70	25,11	17,33	26,48
електроенергія	1,50	2,75	1,90	2,90
паливо й енергія	1,40	2,57	1,77	2,71
запасні частини, ремонтні та будівельні матеріали для ремонту	8,10	14,85	10,25	15,66
оплата послуг і робіт, що виконані сторонніми організаціями, та інші матеріальні витрати	22,60	41,43	28,59	43,69
Амортизація	4,50	8,25	5,69	8,70
Інші операційні витрати	14,50	26,58	18,34	28,03
у т.ч. орендна плата за земельні частки (паї)	60,30	110,53	76,28	116,56
майнові паї	0,70	1,28	0,89	1,35
<b>сума рядків 1+2+3+4+5=100%</b>	<b>Zзат.=a1z1+a2z2+a3z4+a4z4</b>			

## Додаток Д

### Використання методу найменших квадратів для знаходження параметрів апроксимації статистичних даних

Нехай для сукупності упорядкованих значень  $(x_i, y_i)$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) необхідно знайти емпіричну функцію  $y = f(x; a_1, a_2, \dots, a_m)$ , значення якої при  $x = x_i$  повинне щонайменше відрізнятись від  $y_i$ . Якщо аналітичний вигляд функції  $(x; a_1, a_2, \dots, a_m)$  відомий, то згідно з *методом найменших квадратів* найкращими коефіцієнтами  $a_1, a_2, \dots, a_m$  вважаються ті, для яких сума квадратів відхилень є найменшою:

$$S(a_1, a_2, \dots, a_m) = \sum_{i=1}^n [f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m) - y_i]^2 \quad (\text{Д. 1})$$

Використовуючи необхідні умови екстремуму функції багатьох змінних, отримуємо так звану *нормальну систему* для визначення коефіцієнтів  $a_1, a_2, \dots, a_m$ :

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial a_2} = 0, \quad \dots \quad \frac{\partial S}{\partial a_m} = 0. \quad (\text{Д. 2})$$

Введемо позначення  $F_j = \frac{\partial S}{\partial a_j}$  і перепишемо систему (Д. 2) у вигляді:

$$F_j(a) = 0, \quad (j=1, 2, \dots, m). \quad (\text{Д.3})$$

В загальному випадку функція  $f$  може бути нелінійною відносно коефіцієнтів  $a_1, a_2, \dots, a_m$ , а тому і система (Д. 3) буде нелінійною, а її роз'язання потрібно проводити чисельними методами.

Нехай відомі наближені значення  $\mathbf{a}^{(0)} = (a_1^{(0)}, a_2^{(0)}, \dots, a_m^{(0)})$  емпіричних коефіцієнтів  $a_1, a_2, \dots, a_m$ . Необхідно знайти такі поправки  $\delta \mathbf{a} = (\delta a_1, \delta a_2, \dots, \delta a_m)$  до наближених значень, щоб задовольнити систему (Д. 3).

$$F_j(a^{(0)} + \delta \mathbf{a}) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (\text{Д.4})$$

Розкладаючи кожне рівняння (Д.4) в ряд по  $\delta a_j$  і нехтуючи величинами  $O((\delta a_j)^2)$ , перетворимо (Д.4) в лінійну систему:

$$F_j(a^{(0)}) + \sum_{k=1}^m \frac{\partial F_j}{\partial a_k} \delta a_k = 0 \quad (\text{Д. 5})$$

Матрицю частинних похідних в (Д. 5) позначимо як:

$$J_{jk} = \frac{\partial F_j}{\partial a_k}. \quad (\text{Д. 6})$$

Тоді система (Д.5), записана у матричному вигляді:

$$F(a^{(0)}) + J \cdot \delta a = 0 \quad (\text{Д. 7})$$

має очевидний розв'язок:

$$\delta a = -J^{-1} \cdot F \quad (\text{Д. 8})$$

Взявши такі початкові значення  $a^{(1)} = a^{(0)} + \delta a$  і повторно виконавши операції (Д. 4) - (Д. 8), отримаємо нову сукупність поправок. Якщо вказаний ітеративний процес збігається, то після  $p$  ітерацій, коефіцієнти  $a_1, a_2, \dots, a_m$  - корені системи (Д. 3) – будуть знайдені з точністю, яку можна оцінювати як:

$$|a_1^{(p)}| + \dots + |a_m^{(p)}| < d \text{ або як } |F_1(a^{(p)})| + \dots + |F_m(a^{(p)})| < D. \quad (\text{Д. 9})$$

Отже, методом найменших квадратів можемо одержати з певним наближенням аналітичну залежність, яка відповідає статистичним даним. У нашому випадку знаходимо параметри адаптовані апроксимації  $A_{ij}, \beta_{ij}$  для

$$\text{заданої аналітичної функції } P_{ij}(Z_{ij}, A_{ij}, \beta_{ij}) = A_{ij}(Z_{ij})^2 e^{-\beta_{ij} Z_{ij}} \quad (\text{Д. 10})$$

## Додаток Е

### Відповідні параметри нелінійної математичної моделі згідно з ландшафтними зонами

Таблиця Е. 1

#### Параметри нелінійної математичної моделі згідно з ландшафтними зонами для зернових культур

Ландшафтна зона	Параметри	Роки дослідження									
		1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Гори	$\rho$	2,18	2,23	2,28	2,31	2,30	2,12	2,20	2,10	1,57	1,94
	$z$	74,38	81,53	93,58	109,00	115,00	164,00	184,00	137,00	65,00	150,0
Передгір'я	$\rho$	1,58	2,40	3,30	3,15	3,00	2,86	3,21	2,75	3,20	2,51
	$z$	62,00	92,00	109,00	150,00	164,00	184,00	125,00	98,00	135,00	76,00
Низовина	$\rho$	3,15	2,90	3,78	3,68	3,20	3,12	3,28	2,48	2,35	2,52
	$z$	61,00	53,00	75,00	81,00	103,00	92,00	115,00	164,00	150,00	145,00



Таблиця Е. 2

**Параметри нелінійної математичної моделі згідно з ландшафтними зонами для овочевих культур**

Ландшафтна зона	Параметри	Роки дослідження									
		1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Гори	$\rho$	5,21	6,58	13,40	14,26	14,31	14,51	14,38	13,20	14,73	14,78
	$z$	195,00	257,00	420,00	450,00	559,00	663,00	747,00	998,00	837,00	602,00
Передгір'я	$\rho$	6,28	7,80	10,12	15,20	17,80	16,30	17,20	18,32	17,40	14,85
	$z$	195,00	224,00	302,00	438,00	559,00	663,00	1011	852,00	548,00	418,00
Низовина	$\rho$	7,38	10,81	17,54	20,32	21,00	20,85	19,50	17,56	16,28	21,25
	$z$	195,00	252,00	425,00	584,00	689,00	831,00	1011	559,00	385,00	798,00

Таблиця Е. 3

**Параметри нелінійної математичної моделі згідно з ландшафтними зонами для картоплі**

Ландшафтна зона	Параметри	Роки дослідження									
		1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Гори	$\rho$	7,34	10,80	13,80	15,20	16,34	16,54	15,87	14,68	16,62	14,65
	$z$	58,00	92,00	125,00	158,00	196,00	228,00	250,00	290,00	202,00	278,00
Передгір'я	$\rho$	14,2	15,85	16,20	16,95	15,80	14,73	12,21	8,30	5,80	12,10
	$z$	62,00	74,00	87,00	98,00	125,00	148,00	175,00	220,00	250,00	165,00
Низовина	$\rho$	12,31	14,23	17,20	17,41	18,40	17,93	16,25	13,80	11,28	17,80
	$z$	63,00	75,00	96,00	102,00	125,00	152,00	175,00	204,00	250,00	135,00

### Додаток Є

## Довідки про впровадження результатів дисертаційного дослідження

**Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю «АГРО-ДУЧКИ»**  
 Код ЄДРПОУ 30765994  
 09625, Україна, Закарпатська обл., Мукачевський р-н, с. Велика Дучка, вул. Гагаріна, буд. 6

**АКТ**  
 впровадження результатів дисертаційного дослідження  
**Габриєн-Байка Дієй Василівна**  
 на тему  
 «Застосування аерокосмічних методів для оцінювання родючості земель сільськогосподарського призначення регіонів Закарпаття»

Науковий посадовець і результати, опрацьовані Габриєн-Байка Д.В. у рамках виконання завдань дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.04 «Кадастр і моніторинг земель, а саме: 1) кадастрові землі сільськогосподарського призначення Закарпатської області в залежності від ландшафтних зон розташування та показників родючості ґрунтів; 2) визначення екологічних нестійких залежностей ґрунтової родючості ґрунтів різних ландшафтних зон від змін на впровадження сільськогосподарських культур на території Закарпатської області, була використано СТОВ «Агро-Дучки» для оптимальної використання земель сільськогосподарського призначення регіонів Закарпатської області та проголошення отримання максимального прибутку від впровадження сільськогосподарських культур у різних районах області.

Директор  **В. В. Ключ**

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ПРИБРОКОРИСТУВАННЯ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ» (ДУ ІЕНСР НАН України)**  
 вул. Гетьманівська, 26, м. Київ, 01052, Україна, тел: (044) 485-51-27, факс: (044) 485-56-79

**ДОВІДКА**  
 про замінок теми дисертаційної роботи з напрямком і планом науково-дослідних робіт інституту та впровадження її результатів

Видана Габриєн Дієй Василівні про те, що тема її дисертаційної роботи «Застосування аерокосмічних методів для оцінювання родючості земель сільськогосподарського призначення регіонів Закарпаття» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.04 – кадастр і моніторинг земель пов'язана з напрямком і планом науково-дослідних робіт Державної установи «Інститут економіки приборкокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», а її матеріали використано в процесі виконання теми «Аналіз формування господарських систем на базі природно-ресурсних комплексів» (№ держреєстрації 011313005679).

В межах виконання цієї теми дисертантом проаналізовано стан ґрунтів України, зокрема за показниками аграрної (висхідні і вітрової ерозії), досліджено функціональну схему інтеграції просторових даних про стан сільськогосподарських земель та стан аерокосмічних знімальної системи моніторингу земель сільськогосподарського призначення, оброблено узагальнену методикою оцінки стану ґрунтів інформацію, застосування аерокосмічної інформації, що необхідна для здійснення агрокосмічних знімків для покращення родючості сільськогосподарських земель і управління районними управліннями різними на регіональному рівні (підприємств бізнесу з проєктом № 12 здійснено відміну проблем економіки земельних і лісових ресурсів від 13 лютого 2015 року).

Учений секретар  **А. О. Коваленко**

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ**  
**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА**  
**«ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»**  
**ЗАКАРПАТСЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держагроінформ»**  
 м. Салпа, 1, с. В. Бача, Березівський район, Закарпатська область, 90057  
 код ЄДРПОУ 385720, телефон (031-41) 2-15-78, 4-11-86,  
 www.dpa.gov.ua, email: info@dpagr.com.ua

**03.11.2015 № 128-Є/01/449**

**ДОВІДКА**  
 про змінок теми дисертаційної роботи з напрямком і планом науково-дослідних робіт інституту та впровадження її результатів

Видана Габриєн Дієй Василівні про те, що тема дисертаційної роботи «Застосування аерокосмічних методів для оцінювання родючості земель сільськогосподарського призначення регіонів Закарпаття» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.04 – кадастр і моніторинг земель пов'язана з напрямком і планом науково-дослідних робіт Закарпатської філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» – ДУ «Держагроінформ» в її матеріалах використано в процесі виконання наступних тем:

1. Аерокосмічна інтеграція земель сільськогосподарського призначення, державний реєстраційний номер – 0111/005354
2. Моніторинг ґрунтів і рослин у регіональній мережі стаціонарних майданчиків спостережень, державний реєстраційний номер 01071/000168

Робота проводилася на підставі Рішення Науково-технічної ради Закарпатської філії ДУ «Держагроінформ» від 22.08.2014 року, протокол № 038.

Заступник директора, учений секретар НТР, кандидат с.т. наук  **А. В. Чудаків**

