

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

КАРТОГРАФУВАННЯ ЕРОДОВАНИХ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

Виконала: студентка 4 курсу, групи ДЕ-42
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора _____ / Софія ПАЩЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Тетяна ВАУЛІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Раїса САВІЦЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2021 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗИНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ / проф. Алла НЕКОС
підпис ім'я та прізвище

“14” травня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

_____ **Софії ПАЩЕНКО**
(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Картографування еродованих ґрунтів за даними дистанційного зондування

керівник роботи Андрій АЧАСОВ, доктор с-г. наук, професор
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “15” березня 2021 року №0210-05/467

2. Строк подання студентом роботи _____ 27 квітня 2021 р. _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Огляд сучасних наукових літературних джерел за темою дистанційного зондування та водної ерозії ґрунтів;
2. Визначення методів польового етапу дослідження та методик з дешифрування даних дистанційного зондування;
3. Проведення дешифрування даних дистанційного зондування, виявлення взаємозв'язку між даними космічних знімків та результатами польових досліджень.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд наукових літературних джерел
2	Визначення методів дослідження
3	Проведення дослідження та оцінка результатів

5. Дата видачі завдання _____ 14 травня 2020 р. _____

Студент _____
підпис

Софія ПАЩЕНКО
ім'я і прізвище

Керівник роботи _____
підпис

проф. Андрій АЧАСОВ
посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ
КАРТОГРАФУВАННЯ ЕРОДОВАНИХ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ
ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

Софія ПАЩЕНКО

Кваліфікаційна робота «Картографування еродованих ґрунтів за даними дистанційного зондування» містить 38 сторінок, 3 розділи, 3 таблиць, 16 рисунків, 21 використане джерело та 2 додатки.

Мета роботи: опрацювання методики картографування еродованих ґрунтів з використанням сучасних технологій.

Актуальність теми. Важливим питанням для території України та Харківської області є проблема ерозії ґрунтів та втрати гумусу – органічної речовини, що характеризує його родючість. Існує недостатньо наукових праць, які б розкривали механізм методики визначення саме гумусу за даними дистанційного зондування. Тому вивчення потенціалу дистанційного зондування задля комплексної оцінки ерозійних процесів ґрунтів є актуальним науковим напрямком.

Завдання дослідження передбачали встановлення взаємозв'язку між даними космічних знімків та результатами лабораторних досліджень на вміст органічного вуглецю в ґрунті.

Методи. Визначення вмісту органічного вуглецю в ґрунті було виконано в лабораторії органічних добрив і гумусу оксидометричним методом.

Результати. За результатами польових досліджень та роботою з космічними знімками було створено оновлену ґрунтову карту досліджуваного полігону. Також було доведено, що картографування з використанням сучасних технологій не виключає польового етапу та лабораторних досліджень.

ЕРОЗІЯ, ВОДНА ЕРОЗІЯ, ГУМУС, РОДЮЧІСТЬ, ДЕШИФРУВАННЯ,
КОСМІЧНІ ЗНІМКИ, ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ.

ANNOTATION

MAPPING OF ERADED SOILS BY REMOTE SENSING DATA

Sofia PASHCHENKO

Qualification work "Mapping of eroded soils according to remote sensing" contains 38 pages, 3 sections, 3 tables, 16 figures, 21 sources used and 2 appendices.

The purpose of the work is to develop a methodology for mapping eroded soils using modern technologies.

Actuality of theme. An important issue for the territory of Ukraine and Kharkiv region is the problem of soil erosion and the loss of humus – an organic substance that characterizes its fertility. There is not enough scientific work that would reveal the mechanism of the method of determining the humus according to remote sensing. Therefore, the study of the potential of remote sensing for a comprehensive assessment of soil erosion processes is an important scientific field.

The objectives of the study were to establish the relationship between space imagery data and the results of laboratory studies on the organic carbon content of the soil.

Methods. Determination of organic carbon content in the soil was performed in the laboratory of organic fertilizers and humus by oxidometric method.

Results. Based on the results of field research and work with space images, an updated soil map of the studied landfill. Also it has been proven that mapping using modern technologies does not exclude the field stage and laboratory research.

EROSION, WATER EROSION, HUMMUS, FERTILITY, DECRYPTION, SPACE IMAGERY, REMOTE SENSING.

АННОТАЦИЯ

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ ПО ДАННЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

София ПАЩЕНКО

Квалификационная работа «Картографирование эродированных почв по данным дистанционного зондирования» содержит 38 страниц, 3 главы, 3 таблицы, 16 рисунков, 21 использованный источник и 2 приложения.

Цель работы: разработка методики картографирования эродированных почв с использованием современных технологий.

Актуальность темы. Важным вопросом для территории Украины и Харьковской области проблема эрозии почв и потеря гумуса – органического вещества, характеризующий его плодородие. Существует недостаточно научных работ, которые бы раскрывали механизм методики определения именно гумуса по данным дистанционного зондирования. Поэтому изучение потенциала дистанционного зондирования для комплексной оценки эрозионных процессов почв является актуальным научным направлением.

Задачи исследования предусматривали установление взаимосвязи между данными космических снимков и результатами лабораторных исследований на содержание органического углерода в почве.

Методы. Определение содержания органического углерода в почве было выполнено в лаборатории органических удобрений и гумуса оксидометрическим методом.

Результаты. По результатам полевых исследований и работой с космическими снимками была создана обновленную почвенную карту исследуемого полигона. Также было доказано, что картографирования с использованием современных технологий не исключает полевого этапа и лабораторных исследований.

ЭРОЗИЯ, ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ, ГУМУС, ПЛОДОРОДИЕ, ДЕШИФРИРОВАНИЕ, КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ, ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ТА ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ГРУНТІВ.....	10
1.1. Сутність та прояви водної ерозії ґрунту.....	10
1.2. Методичні підходи щодо визначення ступеню еродованості ґрунтів та їх картографування.....	12
1.3. Використання даних дистанційного зондування при картографуванні еродованих ґрунтів.....	15
РОЗДІЛ 2 МЕТОД ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	19
2.1. Характеристика території досліджень.....	19
2.2. Методика проведення польових та камеральних досліджень..	21
2.2.1 Методика відбору проб і проведення аналізу на гумус.....	21
2.2.2 Методика візуального дешифрування еродованих ґрунтів.....	24
2.2.3 Методика роботи в програмах EasyTrace та TNTmips.....	25
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	27
3.1. Візуальне дешифрування космічних знімків досліджуваної території.....	27
3.2. Чисельне дешифрування космічних знімків досліджуваної території.....	33
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	39
ДОДАТКИ.....	41

ВСТУП

Важливим питанням для території України та, безпосередньо, Харківської області є проблема ерозії ґрунтів. Ґрунти України мають великий потенціал, наша країна має великі площі чорнозему, що дорівнює майже третині світових запасів. Однак щорічно від ерозії втрачається від 300 – 400 до 500 – 600 млн. т родючого ґрунту, який в деяких випадках не підлягає відновленню та подальшому сільськогосподарському використанню. Але основною проблемою ерозії є втрата гумусу в ґрунті – органічної речовини, що характеризує родючість ґрунту, отже, це питання стоїть достатньо гостро. Перш ніж боротися з цією проблемою, необхідно вивчити питання визначення наявності ерозії та ступеня її небезпеки легкодоступним, сучасним та дієвим способом.

Актуальність нашого дослідження можна обґрунтувати гострою проблемою втрати гумусу в ґрунті внаслідок водної ерозії. Існує недостатньо наукових праць, які б розкривали механізм методики визначення саме гумусу за даними дистанційного зондування. Отже, проблема нашого дослідження зумовлена об'єктивними вимогами вивчення потенціалу дистанційного зондування не тільки задля комплексної оцінки ерозійних небезпечних процесів ґрунтів, а також для більш конкретних кількісних показників, що якнайкраще характеризують стан та майбутній потенціал ґрунту.

Мета роботи – опрацювання методики картографування еродованих ґрунтів з використанням сучасних технологій.

Завдання:

Провести літературний огляд на задану тему, розкрити та конкретизувати сутність видів даних дистанційного зондування, принципів дешифрування даних дистанційного зондування, поняття про автоматизоване дешифрування та особливостей дешифрування еродованих ґрунтів.

Дослідити територію тестового полігону та підібрати дані дистанційного зондування на територію тестового полігону.

Виявити взаємозв'язок між даними космічних знімків та результатами польових досліджень.

Об'єкт дослідження: еродовані ґрунти Харківської області

Предмет дослідження: методичні підходи до дешифрування еродованих ґрунтів на космічних знімках та їх картографування.

Методи досліджень: теоретичного узагальнення та порівняння, абстрактно-логічний, розрахунково-аналітичний.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ТА ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ

1.1. Сутність та прояви водної ерозії ґрунту

Водна ерозія характеризується руйнуванням ґрунту водами поверхневого стоку та іригаційними водами. Тому у водної ерозії є дві основні причини: ті, що обумовлені природними умовами конкретної місцевості та ті, що обумовлені господарською діяльністю людини. Найгірша ситуація трапляється тоді, коли ці фактори впливають на ґрунт одночасно. Це відбувається на розораних схилах, де оранка проводиться вздовж схилу, а не поперек, та утворюються поздовжні борозни. Далі за ними стікає тала та дощова вода і водна ерозія проявляється якнайкраще.

Також велике значення при впливі на ґрунт водної ерозії має його протиерозійна властивість. Вона залежить від підстилаючих гірських порід які поділяються на:

1. ті, що легко розмиваються – леси та лесоподібні суглинки;
2. ті, що є помірними до розмиву водою – піщаники, крейда, сланці, аргіліти;
3. ті, які важко розмиваються – вапняки, доломіти, граніти [1].

Більшість ґрунтів України в якості підстилаючих гірських порід мають саме леси та лесоподібні суглинки.

За впливом на ґрунт розрізняють такі основні види ерозії:

1. Лінійна ерозія. Руйнує ґрунт сконцентрованою течією води, що призводить до повного знищення ґрунтів. Даний вид ерозії при постійному чи навіть тимчасовому впливі на ґрунт призводить до появи нових для території форм негативного флювіального рельєфу: ярів, а при подальшому впливі – балок.

2. Площинна ерозія. Більш менш рівномірно змиває ґрунт по всій площині невеликими струменями талих чи дощових вод. Такий вид ерозії проявляється на схилах навіть від 1 [2]. Площинна ерозія є більш безпечною

для ґрунтів, оскільки з нею можливо боротися, однак є більш розповсюдженою та частою проблемою.

До факторів, що впливають на розвиток та швидкість розповсюдження водної ерозії відносяться:

- інтенсивність і тривалість опадів;
- рельєф та крутизна схилу;
- тип ґрунту (а саме його проерозійні властивості);
- присутність та кількість рослинності на поверхні ґрунту;
- тип оранки;
- меліорація;
- випасання худоби [3].

Внаслідок змиву водою верхнього шару ґрунту зменшується родючість ґрунтів, оскільки саме верхній шар містить поживні речовини та гумусовий горизонт. Як наслідок, знижується врожайність сільськогосподарських культур, в середньому на 10-60 %. Окрім втрати гумусу, в ґрунтах відбуваються й інші зміни фізико-хімічних властивостей, наприклад, збільшення вмісту CaCO_3 , скорочується загальний вміст азоту, починається перебудова складу поглинених основ і зростає відношення кальцію до магнію, падає рухливість фосфору, зростає рН. Це зумовлює погіршення структури ґрунту і пов'язаних з нею водно-фізичних властивостей [1].

Серед загальних наслідків водної ерозії можна виділити наступні:

- втрата гумусу та зниження потенціалу ґрунту;
- зниження урожаю с/г культур та погіршення їх якості;
- додаткові витрати грошових та інших ресурсів на обробку та захист еродованих земель;
- підвищення вартості продукції.

1.2. Методичні підходи щодо визначення ступеню еродованості ґрунтів та їх картографування

Існує декілька методів визначення водної ерозії ґрунту. Їх можна зобразити такою схемою:



Рис. 1.1 – Методи досліджень прояву водної ерозії ґрунту [1].

Методи досліджень прояву водної ерозії ґрунту за допомогою польових досліджень або картографічних матеріалів вивчають обсяги та площі змитих ґрунтів, тобто метою цих досліджень є конкретні цифри втрачених або підданих ерозії ґрунтів. Методи вивчення еродованих ґрунтів більш широко оглядають проблему ерозії та вивчають безпосередньо ґрунти та їх стан, на основі чого визначається наявність та ступінь ерозії.

Важливим у вивченні еродованих ґрунтів є їх класифікація та діагностика. Але існуючі класифікації стикаються з двома основними проблемами:

1. Виділення еталонного ґрунту для класифікацій;
2. Виділення головної діагностичної ознаки (або кількох ознак), за якою визначається ступінь змитості ґрунтів.

Проблема з еталоном існує тому, що при класифікації виділяють подібні «незмиті аналоги» (найчастіше обирають ґрунти вододілів) або ґрунтовий

профіль на схилі з нееродованими ґрунтами. Однак біокліматичні умови ґрунтоутворення є суто індивідуальною величиною для кожного схилу будь-якої експозиції, а тому не можна порівнювати еродовані ґрунти схилів з ґрунтами вододілів [1].

Діагностичною ознакою еродованих ґрунтів найчастіше обирають потужність гумусового горизонту. В класифікації М. М. Заславського (1966) запаси гумусу виступають найважливішим показником родючості у шарі 0-25 або 0-50 см. Таким чином, ступінь еродованості ґрунту напряму залежить від вмісту гумусу, тому маємо таку класифікацію (табл. 1.1):

Таблиця 1.1

**Класифікація ґрунтів за ступенем ерозійної трансформації
(Швебс, 1981)**

Показник	Ступінь ерозійної трансформації ґрунтів				
	намитий	незмитий	слабкозмитий	середньозмитий	сильнозмитий
$(Г-Г_{ет})/Г_{ет}$	$> 0,0$	0,0	0,0 – (-0,3)	(-0,3) – (-0,5)	$< -0,5$
$Г/Г_{ет}$	$> 1,0$	1,0	1,0 – 0,7	0,7 – 0,5	$< 0,5$

Г – запаси гумусу в шарі 0-50 см, позначення з індексом «ет» належать до нееродованих еталонних ґрунтів (т/га).

Перспективним для діагностики еродованості, особливо з використанням дистанційних методів, може бути колір [1]. Саме цей показник є одним з найважливіших в даній роботі.

Окрім визначення та класифікації еродованих ґрунтів важливим питання, перспективним напрямом та водночас проблемою сучасного вивчення ґрунтів та ерозій є картографування. В наш час існує багато можливостей в сфері геоінформаційних технологій, що надають нам можливість до автоматизованого картографування, моніторингу, просторово-часового аналізу та моделювання і створення просторових систем.

Загалом існують такі основні методи картографування:

- Грунтово-географічний – він полягає в теоретичному вивченні особливостей місцевості (кількість населених пунктів, водоймища, гідрографічну і яружно-балочну сітку, характер природної рослинності, заболоченості, вивчення схилів і тд.), підготовку маршрутів для попереднього дослідження території, визначення кількості розрізів, кількість профілів, з яких обов'язковий відбір зразків, та, безпосередньо, польовий етап. Після цього йде камеральний етап з повною обробкою отриманих даних та складанням ґрунтової карти [4].

- Порівняльно-географічний метод – суть «полягає у встановленні зв'язку між існуванням окремих типів ґрунту, які мають певні властивості та склад, з певними географічними умовами, що дає нам право припустити, що таке існування не випадкове і що в цього основі лежать причинні зв'язки, які і потрібно шукати» (О. А. Роде, 1971). Тобто суть в широкому використанні еталонів дешифрування, що характеризують виділені до цього ландшафтно-географічні райони, та проведенні екстраполяції, тобто узагальнення даних, всередині районів [5].

- Сучасні методи з використанням даних дистанційного зондування (ДДЗ) та геоінформаційних систем (ГІС) задля систематизації та обробки цих даних.

Зараз існують небагато детальних ґрунтових карт. Найдетальніша інтерактивна ґрунтова карта України була представлена на сайті Нормативної грошової оцінки земель, де були зображені агровиробничі типи ґрунтів у дрібному масштабі. Однак, з 2021 року ця карта не працює або не є дійсною. Публічна кадастрова карта [14] і шар «Ґрунти» відображає ґрунти на території країни у менш детальному масштабі. Також на сайті <https://geomap.land.kiev.ua/> [15] представлена інтерактивна ґрунтова карта України. У розрізі країни можна побачити розподіл території за типами ґрунту, механічним складом, вмістом (%) та запасами (т/га) гумусу, реакцією ґрунтового середовища (рН), наявністю оглеєних та засолених ґрунтів, еродованістю, родючістю (у балах), коефіцієнтами фільтрації, вмістом важких металів у ґрунті (мг/кг), а також

агрохімічну карту України. Однак це узагальнені дані, оскільки в розрізі окремих областей за районами наявна лише карта типів ґрунту. Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО) випустила найповнішу глобальну карту (рис. 1.2), що показує обсяг запасів органічного вуглецю в ґрунті [16].

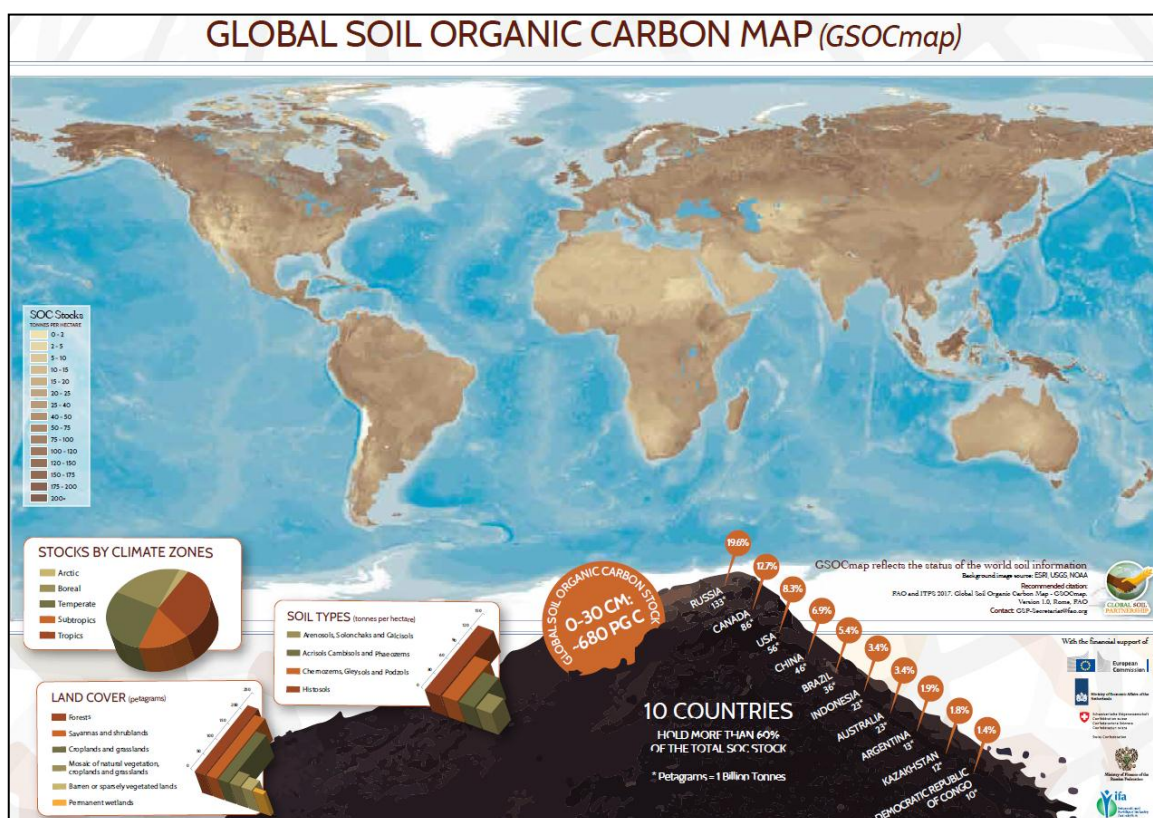


Рис. 1.2 – Глобальна ґрунтова карта вмісту органічного вуглецю [17].

Ця карта відображає кількість органічного вуглецю (т/га) в шарі 0-30 см, розподіл запасів за кліматичними зонами, за типами ґрунту та рейтинг країн за запасами органічного вуглецю в ґрунті.

1.3. Використання даних дистанційного зондування при картографуванні еродованих ґрунтів

Згідно із визначенням, дистанційне зондування Землі з космосу (ДЗЗ) – це отримання даних про Землю з космосу, використовуючи властивості

електромагнітних хвиль, випромінюваних, відбиваних, поглинених чи розсіюваних об'єктами зондування [18].

Отримані дані дистанційного зондування (ДДЗ) є безцінним ресурсом для багатьох наукових та соціальних проектів. Однак іноді вони не мають сенсу, доки не відбудеться дешифрування, тобто розпізнання цих даних.

Дешифрування даних дистанційного зондування здійснюється чотирма основними методами:

1. Візуальний. Метод, при якому використовується виключно робота людини. Ідентифікація даних у цьому випадку залежить лише від попередніх знань, інтуїції та уваги дешифрувальника.

2. Машинно-візуальний. Використовується в разі неможливості прийняття знімку оком людини або його невідповідності до типових знімків. Наприклад, затінений або занадто світлий знімок. Тоді він спочатку піддаються машинній обробці, а потім проводиться його візуальний аналіз.

3. Автоматичний. Автоматична обробка даних комп'ютером без втручання людини.

4. Метод тематичних класифікаторів. Для здійснення автоматизованого дешифрування необхідне створення тематичних класифікаторів. Здійснюється створення певної бази даних, виходячи з відомих значень, для навчання класифікаторів. За допомогою відомих вихідних даних комп'ютеру легше розпізнавати нові отримані дані [6].

У цій роботі буде використано метод тематичних класифікаторів і візуальний та автоматичний методи обробки даних дистанційного зондування. При візуальному методі важливе значення мають деякі особливості об'єктів на поверхні Землі, за котрими їх можна ідентифікувати (дешифрування космічних знімків), а потім інтерпретувати (картографування з доповненням описовою інформацією). Вони називаються дешифрувальними ознаками. Вони бувають прямими, які легко ідентифікуються людиною на рівні інтуїції, а саме:

- геометричні (форма, тінь, розмір),
- яскравості (фототон, рівень яскравості, колір, спектральний образ),

- структурні (текстура, структура, малюнок зображення).

Та непрямі ознаки, що визначаються як прямі дешифрувальні ознаки інших об'єктів – індикаторів:

- індикатори об'єктів, які не відобразились на знімках;
- індикатори властивостей об'єктів;
- індикатори руху або змін [6].

Основні типи ґрунтів ідентифікуються за кривими яскравості (коефіцієнт яскравості змінюється від 0 до 1), що пов'язані з вмістом органічної речовини в ґрунті, та важливими частинами спектра – синім ($\rho_c = 0,44$ мкм), зеленим ($\rho_c = 0,54$ мкм), червоним ($\rho_c = 0,68$ мкм) та найближчим інфрачервоним ($\rho_c = 0,78$ мкм). Головні типи ґрунтів вже мають заміряні криві коефіцієнта спектральної яскравості (рис. 1.3), що дає легко їх розпізнати при дешифруванні космічного знімку [1].

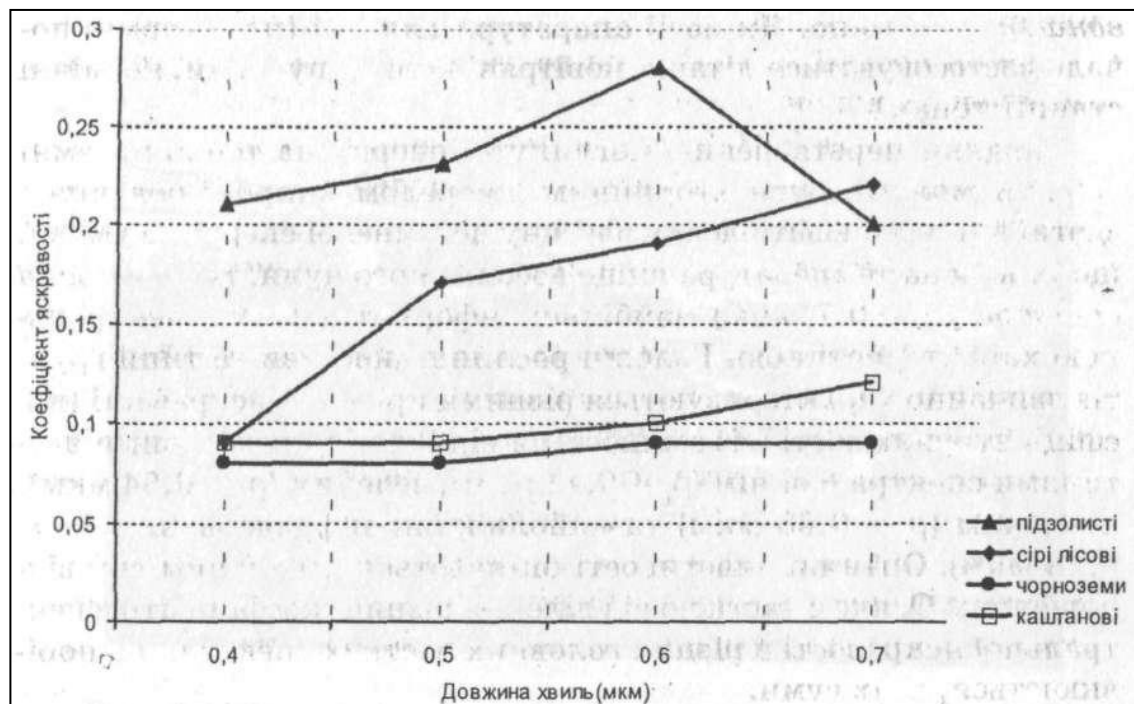


Рис. 1.3 – Коефіцієнти яскравості ґрунтів (Симакова, Савин, 1998)

Дистанційне зондування Землі та отримані дані дистанційного зондування – головні «помічники» у складанні сучасних карт. Зокрема, отримані матеріали використовують для картографування ґрунтів.

Основний метод картографування ґрунтів з використанням ДДЗ – аерокосмічний. Його суть полягає у наступному:

1. Спочатку за стереофотосхемами визначаються загальні фізико-географічні умови ґрунтоутворення за досліджуваній місцевості. Після цього дешифруються елементи ландшафту, які є факторами ґрунтоутворення, з космічного знімку.

2. Виділяються однорідні за тоном та текстурою фотозображення ділянки оголених земель. За попередньо встановленими взаємозв'язками між типами ґрунтів та з урахуванням прямих дешифрувальних ознак на оголених ділянках, визначаються типи ґрунтів і межі їх поширення;

3. Далі складається план польових досліджень з виділенням найбільш типових для даного району ділянок та визначенням маршрутів польового контролю;

4. Після цього проводяться польові дослідження, лабораторні аналізи ґрунтових зразків.

5. Отже, відбувається перенесення результатів дешифрування на топографічну основу. В результаті вивчення існуючих ґрунтових карт, описів, розрізів уточнюються класифікація ґрунтів та їх номенклатура [7].

Загалом, метод не виключає польових досліджень та лабораторного аналізу, однак використовує ДДЗ. Також сучасні методи картографування ґрунтів використовують сучасні комп'ютерні технології. Таку кількість різноманітної інформації про ґрунти (польові картографічні матеріали, матеріали дистанційного зондування Землі, результати наземних обстежень і вимірювань, статистичні дані тощо) найбільш повно і об'єктивно можна використати при картографуванні ґрунтів тільки на базі засобів автоматизації та комп'ютерних технологій.

У майбутньому, можливо, новітні комп'ютерні технології нададуть можливість подолати проблему динамізму процесу ґрунтоутворення та старіюче зображення стану ґрунтів на картографічних матеріалах і комп'ютери зможуть передбачувати зміни.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для даного дослідження було обрано метод вивчення та визначення площинних форм водної ерозії за допомогою візуального та автоматичного дешифрування космічних знімків, а також метод польових досліджень задля подальшого застосування методу порівняння отриманих результатів з даними дистанційного зондування за окремими характеристиками поверхневого шару ґрунту для картографування ґрунтів.

2.1. Характеристика території досліджень

Задля вивчення питання розвитку площинної ерозії було обрано тестовий полігон, площею 56,77 га, що розташований біля м. Дергачі, Дергачівського району Харківської області (рис. 2.1).



Рис. 2.1 – Місце розташування тестового полігону на космічному знімку Google

Дана територія була обрана з таких причин: 1) чітко виражена строката структура ґрунтового покриття поля, 2) близькість до м. Харків.

Окрім космічних знімків, завдяки яким буде проводитися візуальне дешифрування, маємо топографічне зображення даної території (рис. 2.2):

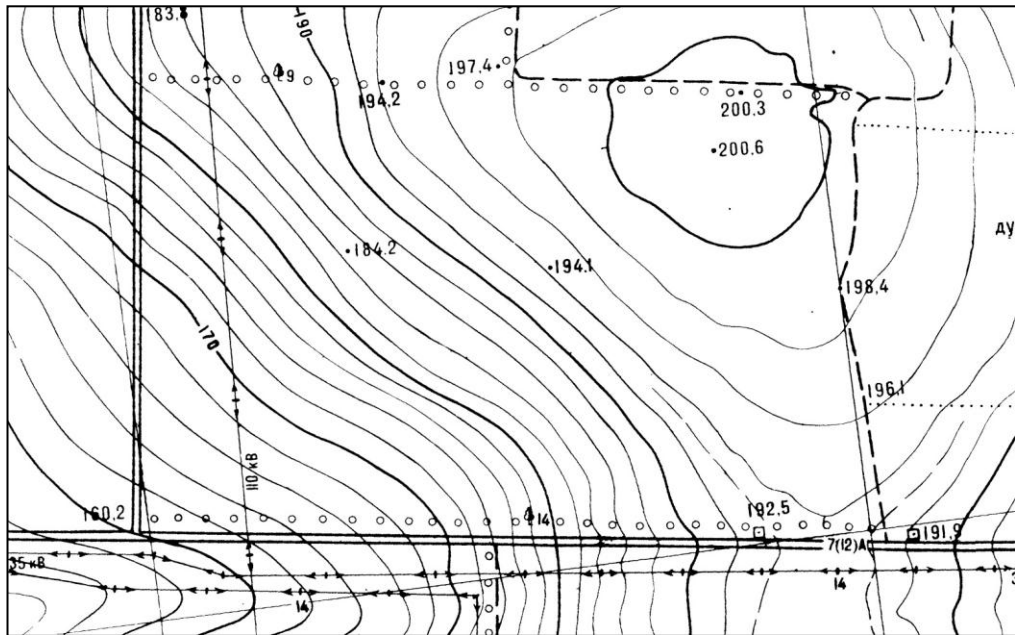


Рис. 2.2 – Досліджуваний полігон на частині топографічної карти (масштаб 1:10000)

З топографічної карти ми чітко бачимо похилий рельєф (40 м – різниця висот, кут нахилу майже 2°), завдяки якому може мати розвиток водна ерозія.

Аналіз наявних у відкритому доступі ґрунтових даних довів, що ґрунти поля представлені ясно-, темно-сірими лісовими та чорноземами опідзоленими (рис. 2.3).

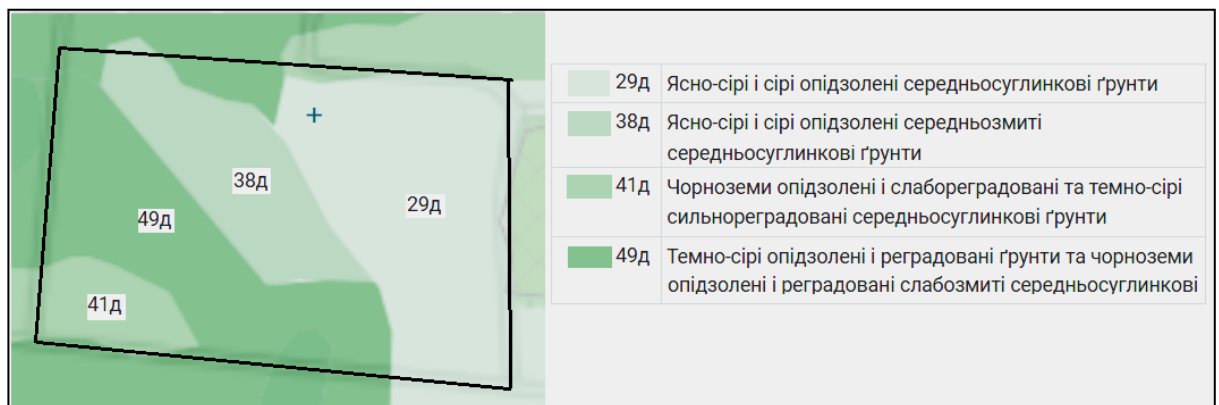


Рис. 2.3 – Агровиробничі групи ґрунтів на досліджуваному полігоні

Інформацію було взято з сайту Нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення у 2020 році [19]. Зараз сайт не є дійсним.

2.2. Методика проведення польових та камеральних досліджень

2.2.1. Методика відбору проб і проведення аналізу на гумус

Для відбору проб було використано методику ДСТУ ISO 10381-1:2004 Національного стандарту України [8]. За цим стандартом для початку необхідно скласти програму відбору проб. Вона складається з таких пунктів:

1. Визначення мети:

Метою нашого дослідження є відбір проб на гумус задля підтвердження припущень, висунутих під час етапу візуального дешифрування.

2. Попередня інформація:

Попередньо ми мали космічний знімок, топографічну карту та інформацію як дістатися до полігону, та були впевнені, що це легкодоступне місце.

3. Стратегія:

Ми обрали таку схему відбору проб як схема, заснована на місцевому розподілі речовини (за Національним стандартом України) (рис. 2.4).

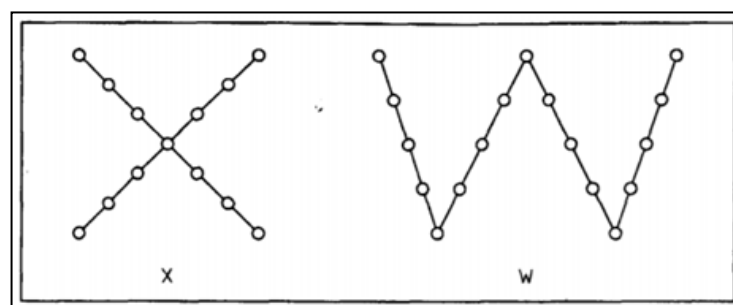


Рис. 2.4 – Приклад несистематичної схеми

В нашому випадку за космічним знімком було визначено розподіл гумусу (світліші місця – менший вміст, темні – більший) та вирішено взяти по 3 проби з кожної з таких ділянок на приблизно однаковій відстані. Оскільки схема має

бути пристосована до місцевих умов і може мінятися, наша схема не схожа на стандартну, тому що темні та світлі ділянки розташовані неоднорідно. Також проби відбиралися на глибині 10 см (гумусовий горизонт).

4. Відбір проб:

Для відбору проб було обрано ручний метод, а саме викопування вручну за допомогою інструменту для відбору проб. Вони відбиралися у поліетиленовий пакет з маркуванням, де було вказано номер проби, місце, дату відбору та коротку характеристику. Проби були доставлені в лабораторію наступного дня, до цього моменту зберігалися у сухому та охолодженому місці.

5. Безпека:

Під час дослідження з відбиранням ґрунтових проб існує деяке порушення цілісності поверхневого шару ґрунту, тому було засипано ці місця.

Отже, на польовому етапі дослідження (12.06.2020) було відібрано 6 проб ґрунту на вміст в них гумусу. Місце кожної проби було здійснено за кольоровою характеристикою (проби відбиралися в найсвітліших та найтемніших місцях) та прив'язано до системи глобального позиціонування з координатами (рис. 2.5).



Рис. 2.5 – Розташування відібраних проб на космічному знімку Google

Умовні позначки зазначено у таблиці 2.1:

Таблиця 2.1

Координати точок відбору проб

№	Координати	
	N	E
1	50°06'41.3"	36°09'34.5"
2	50°06'42.9"	36°09'24.4"
3	50°06'45.0"	36°09'17.5"
4	50°06'44.8"	36°09'06.6"
5	50°06'42.2"	36°09'04.6"
6	50°06'40.8"	36°08'50.3"

Очікуємо, що 3, 4 та 5 проби будуть мати менший вміст гумусу, ніж 1, 2 та 6, тому що вони світліші та належать до ясно-сірих ґрунтів.

Аналіз проб було проведено на вміст органічного вуглецю. Органічний вуглець залишається в ґрунті після часткового розкладання будь-якого матеріалу, що виробляється живими організмами. Органічний вуглець є основною складовою органічної речовини ґрунту та підтримує ключові функції ґрунту, оскільки це є важливим для стабілізації структури ґрунту, утримання та звільнення поживних речовин і води. Тому це важливо для забезпечення здоров'я ґрунту, родючості та якості врожаю [17]. Аналіз проб на вміст органічного вуглецю було проведено в лабораторії органічних добрив і гумусу Національного наукового центру "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського" оксидометричним методом згідно з ДСТУ Б В.2.1-16:2009 [9].

2.2.2. Методика візуального дешифрування еродованих ґрунтів

В даній роботі буде використовуватися метод візуального дешифрування космічного знімку задля розпізнання еродованих ґрунтів та ступеню їх еродованості за допомогою Методичних рекомендацій з визначення та ідентифікації водної ерозії ґрунтів в агроландшафтах за даними космічного знімання високого просторового розрізнення [10]. Космічні знімки для вивчення були взяті з інтернет-ресурсу Google Earth.

При візуальному дешифруванні зображень нам допомагають дешифрувальні ознаки – особливості об'єктів, за якими ці об'єкти можна розпізнати [11]. До них відноситься колір, форма, структура, розмір та ін. [10]. Наприклад, послідовність розташування об'єктів або ж якісь фактори, що впливають на розвиток ерозії, кількість рослинності на поверхні ґрунту є непрямыми ознаками.

Для ідентифікації еродованих ґрунтів необхідно мати розуміння про рельєф території, тип ґрунту, вміст гумусу, характер використання цієї території. За допомогою візуального дешифрування ми можемо виявити лише деякі з цих параметрів. Прямі ознаки, що можуть в цьому допомогти, – це колір, форма об'єктів та структура зображення. Оскільки необхідно ідентифікувати саме водну ерозію, важливою ознакою буде структура зображення. Якщо ерозія є, ми будемо бачити лінійну структуру – пасма, що характеризують потік води або його слід. Пасма світлі, що каже нам про змитий гумусовий профіль ґрунту. Також ця структура може бути непрямою ознакою та надати нам деяку інформацію щодо рельєфу, хоча без топографічної карти які-небудь висновки буде зробити складно. Щодо рослинності, також складно отримати повну інформацію за результатами лише візуального дешифрування.

Важливим в ідентифікації еродованих ґрунтів та ступеню ерозії є форма рельєфу. Найнесприятливішими є опуклі та увігнуті схили, вони сприяють концентрації стоку [10]. Форму рельєфу складно визначити візуально, тому

необхідно робити машинно-візуальне та автоматичне дешифрування, щоб мати достатньо інформації щодо ерозійних процесів на конкретній території.

2.2.3 Методика роботи в програмах EasyTrace та TNTmips

Логічним продовженням візуального дешифрування космічних знімків є чисельне або автоматизоване дешифрування. Для проведення його нами були використані програми EasyTrace та TNTmips.

Першою дією є створення цифрової карти рельєфу (ЦМР). У програмі EasyTrace було оцифровано топографічну карту за допомогою прив'язки зображення до глобальної системи позиціонування. Також основним ізолініям вручну було присвоєно значення висоти аби програма автоматично розрахувала інші. Після оцифровки було зроблено кольорову модель рельєфу у програмі TNTmips.

Для подальшої роботи в тій самій програмі TNTmips було зроблено кластерний аналіз зображення. Кластерний аналіз – це розбиття вибірки на кластери, тобто групи, що характеризуються схожими ознаками [20]. У TNTmips він робиться таким способом: у меню «Зображення» необхідно обрати опцію «Класифікація», у якій ми можемо створити новий об'єкт на основі вже наявного зображення, у нашому випадку, – космічного знімку, який попередньо розбитий на три кольорових канали. Програма автоматично розбиває зображення на ту кількість класів, яку ми вказали. Нами було вказано 4 класи. Задля уникнення потрапляння непотрібних об'єктів до аналізу, на наш знімок була накладена маска, що також була зроблена у програмі TNTmips. Для цього в опції «Класифікація» необхідно обрати «Інтерактивну класифікацію» і за одним із каналів зображення обираємо опцію «Редагування маски». Тут програма дає нам можливість виділити лише ті об'єкти, які необхідно проаналізувати. Після чого ми проводимо автоматичний аналіз зображення, на яке вже накладена маска, що блокує непотрібні для аналізу об'єкти.

Окрім кластерного аналізу, в TNTmips було побудовано картосхему вмісту органічного вуглецю досліджуваного полігону. Для цього було розраховано рівняння кореляційної залежності між вмістом органічного вуглецю в точці відбору проби та значенням яскравості кольору в цій же точці за кожним в трьох кольорів. Маючи три рівняння, за допомогою опції «Скрипт» та «Геоформула» було створено нові формули для кожного зображення кольорового каналу, де x – значення органічного вуглецю, y – яскравість кольору. Далі програма автоматично розраховувала значення органічного вуглецю у кожній точці досліджуваного полігону.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Візуальне дешифрування космічних знімків досліджуваної території

Візуальне дешифрування зображень має на меті виявлення та розпізнавання об'єктів за допомогою дешифрувальних ознак. В даній роботі задля дешифрування використовувалися космічні знімки з ресурсу Google Earth.

Космічний знімок досліджуваного полігону виглядає наступним чином: (рис. 3.1):



Рис. 3.1 – Космічний знімок досліджуваного полігону на ресурсі Google Earth (дата зйомки 21.06.2018)

Візуальне дешифрування цього знімку можна здійснити за такими ознаками як колір та структура. За кольором ґрунт полігону є неоднорідним, темні місця спостерігаються зліва та праворуч у нижній частині полігону (номера 1 та 2 на рис. 3.2), що характеризує ґрунт з високим та середнім

вмістом гумусу. Посеред полігону колір світлий (номер 3 на рис. 3.2), на основі чого, ми можемо зробити висновок, що це змитий ґрунт з виходом на поверхню перехідних слабогумусованих горизонтів ґрунту. Це підтверджує лінійна структура зображення – світлі пасма (номера 4, 5, 6 на рис. 3.2), які характеризують водну ерозію. Також світлу ділянку ми бачимо зверху праворуч, що скоріш за все характеризує світлий ґрунт з пониженим вмістом гумусу (номер 7 на рис. 3.2), а не прояви водної ерозії.



Умовні позначки: 1-7 – об'єкти дешифрування.

Рис. 3.2 – Космічний знімок досліджуваного полігону на ресурсі Google Earth (дата зйомки 21.06.2018)

Для підтвердження нашої думки було використано додаткову інформацію, а саме визначення типів ґрунтів (рис. 3.3) на даній території, за допомогою сайту Нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення [19].

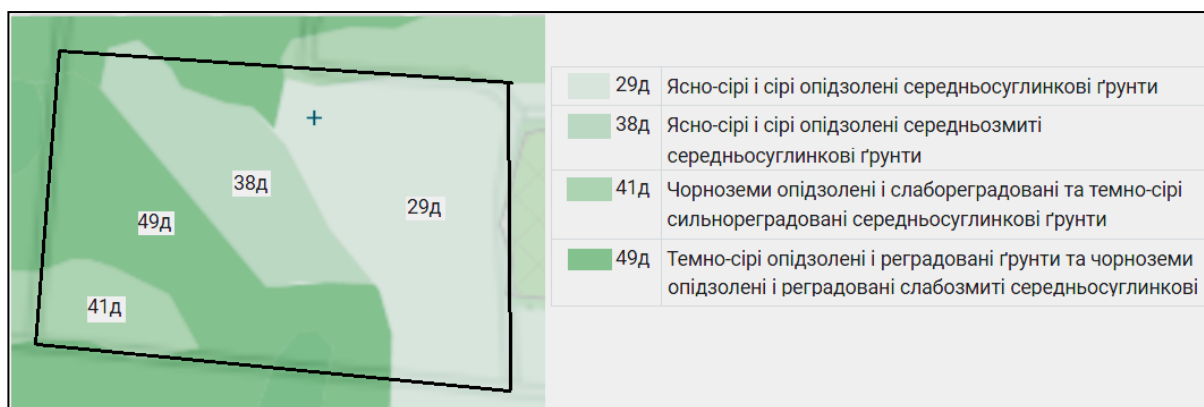


Рис. 3.3 – Агровиробничі групи ґрунтів на досліджуваному полігоні

- Ясно-сірі і сірі опідзолені середньосуглинкові ґрунти – вони мають низький вміст гумусу – 2-3 % та підвищену кислотність. Сформувалися під широколистяними лісами на карбонатних лесових породах з надлишковим зволоженням та промивним типом водного режиму. Мають потужний ілювіальний горизонт – 50-90 см, елювіальний горизонт має потужність не більше 10-12 см.

- Ясно-сірі і сірі опідзолені середньозміті середньосуглинкові ґрунти – формуються на схилах 3-5, мають схожу характеристику з ясно-сірими і сірими опідзоленими середньосуглинковими ґрунтами, однак мають нижчий вміст гумусу, оскільки в середньозмітих ґрунтах гумусо-елювіальний горизонт змитий, а на поверхню виходить неродючий ілювіальний горизонт.

- Чорноземи опідзолені і слабореградовані та темно-сірі сильнореградовані середньосуглинкові ґрунти – вміст гумусу вже більший – 3,5-5,0 %. Гумусовий горизонт чорноземів опідзолених слабоелювіюваний 35-45 см, верхній перехідний слабкоілювіюваний – 30-40 см; нижній перехідний слабоілювіюваний горизонт 35-45 см. У слабореградованих вторинно окарбоначується нижня частина профілю, у сильнореградованих окарбоначування відбувається у верхньому гумусовому горизонті.

- Темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані слабозміті середньосуглинкові – вміст гумусу 2,0-3,9 %. Темно-сірі опідзолені мають добре гумусовану верхню частину профілю і безгумусну

нижню частину оскільки ознаки опідзолювання в порівнянні із сірими ґрунтами виражені слабо. Гумусово-елювіальний горизонт складає 30-40 см, гумусово-ілювіальний – 20-30 см. Ґрунти реградовані, тому в профілі залягають карбонати, що було визвано зміною гідротермічного режиму та заміною лісової рослинності на трав'яну [12; 13].

Отже, ясно-сірі і сірі опідзолені середньосуглинкові ґрунти (на полігоні – номер 7 на рис. 3.2) відповідають світлому кольору на космічному знімку, пониженому вмісту гумусу, не реградовані. Номеру 3 на рис. 3.2 відповідає ділянка з ясно-сірими і сірими опідзоленими середньозмитими середньосуглинковими ґрунтами – як і передбачалося, має прояви водної ерозії, середньозмитий ґрунт з виходом на поверхню негумусованого світлого профілю. Темна ділянка полігону (номер 1 – рис. 3.2) відповідає чорноземам опідзоленим слабореградованим, тобто темний колір, вищий вміст гумусу, слабореградований – оскільки знаходиться в найнижчому місці полігону. Номера 4, 5, 6 на рисунку 3.2 відповідають проявам реградації на темно-сірих опідзолених і реградованих ґрунтах та чорноземах опідзолених і реградованих слабозмитих середньосуглинкових.

Для того, щоб ще раз перевірити висновки візуального дешифрування, необхідно порівняти декілька знімків досліджуваного полігону за різні роки, щоб перевірити динаміку зміни зовнішнього вигляду полігону.

Наприклад, знімок 19.09.2012 (рис. 3.4):



Рис. 3.4 – Космічний знімок досліджуваного полігону на ресурсі Google Earth (дата зйомки 19.09.2012)

Загалом, видна схожа структура із зйомкою 2018 року. Також подивимося ранішу зйомку (рис. 3.5):



Рис. 3.5 – Космічний знімок досліджуваного полігону на ресурсі Google Earth (дата зйомки 14.08.2008)

На цьому знімку видно ту ж саму структуру, тому візуальні ознаки першого знімку були не випадковими. Отже, наш висновок не є помилковим та візуальне дешифрування довело наявність проблеми із водної ерозією ґрунтів на досліджуваній ділянці. Цей факт також підтверджує цифрова модель рельєфу (рис. 3.6) досліджуваної території, яка була побудована за допомогою програми TNTmips.



Рис. 3.6 – Цифрова модель рельєфу досліджуваного полігону

Важливою характеристикою ділянки у визначенні водної ерозії є гідрологічний режим території. Його ми також побудували в програмі TNTmips. Результати гідрологічного аналізу наведені у Додатку 1.

З гідрологічного аналізу маємо такі висновки: територія нашого полігону майже повністю належить до одного водозбірного басейну. Шлях водного потоку збігається із лінійними структурами світлого кольору, які були виявлені у ході візуального дешифрування.

3.2. Чисельне дешифрування космічних знімків досліджуваної території

Візуальне дешифрування надало деяку поверхневу інформацію щодо ґрунтів полігону, рельєфу, наявності ерозії, однак цієї інформації недостатньо, щоб розуміти ступінь проблеми та її повноту.

Чисельне дешифрування необхідно починати із кластерного аналізу зображення. Кластерний аналіз – це розбиття вибірки на кластери, тобто групи, що характеризуються схожими ознаками. Метою кластерного аналізу є чітке розподілення (що може бути візуалізовано), щоб об'єкти в групі були подібними один з одним і відрізнялися від об'єктів інших груп. Чим більша подібність (або однорідність) всередині групи і чим більша різниця між групами, тим краща або більш виразна кластеризація [20; 21].

Для цієї роботи необхідно зробити кластерний аналіз зображення за кольором. Він був зроблений за допомогою програми TNTmips, та ми маємо такі результати (рис. 3.7):

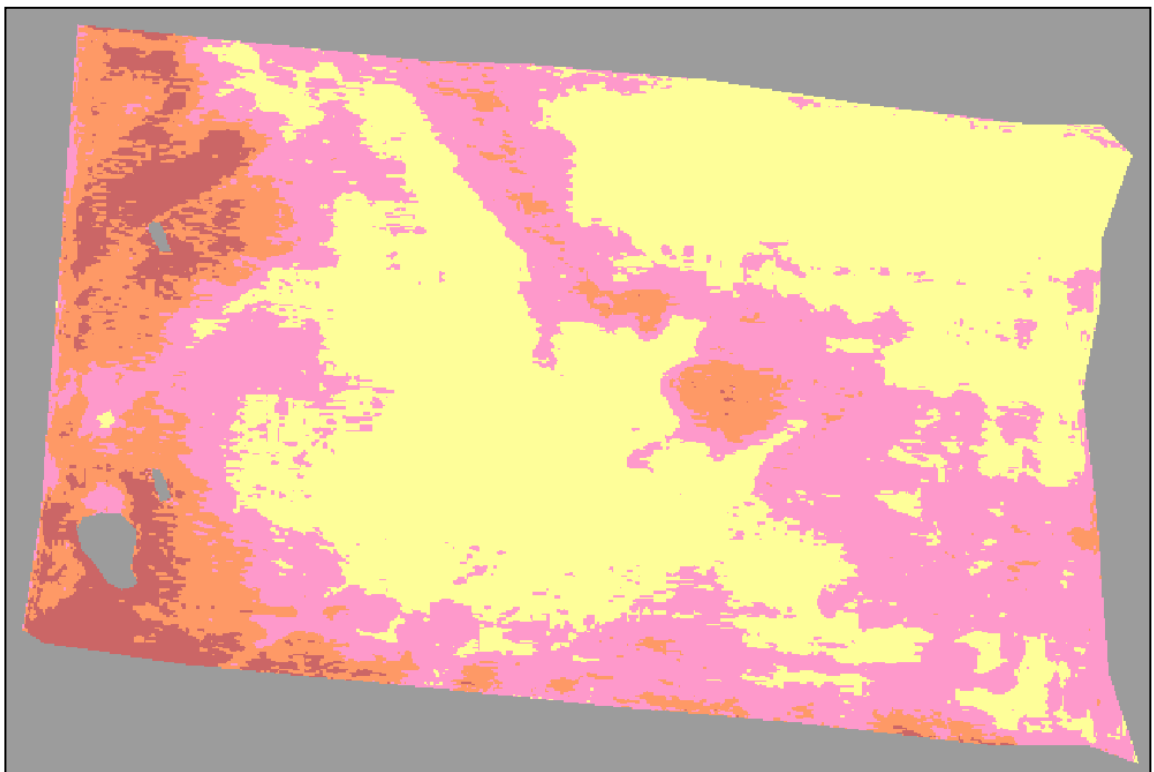


Рис. 3.7 – Кластерний аналіз космічного знімку

Було визначено 4 основних кольорових класи. Якщо порівняти це зображення з ґрунтовою картою, скоріш за все жовтому кольору відповідають ясно-сірі і сірі опідзолені середньосуглинкові ґрунти, рожевому – ясно-сірі і сірі опідзолені середньозмиті середньосуглинкові ґрунти, помаранчевому – темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані слабозмиті середньосуглинкові та теракотовий колір відповідає чорноземам опідзоленим і слабореградованим та темно-сірим сильнореградованим середньосуглинковим ґрунтам.

Нами були отримані результати вмісту органічного вуглецю у відібраних пробах з лабораторії. Ці результати та потрібні дані для наступного етапу роботи зібрано в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1

Координати точок відбору проб

№	Координати		Яскравість			С, % Вміст органічного вуглецю
	N	E	R	G	B	
1	50°06'41.3"	36°09'34.5"	102	104	122	1,6
2	50°06'42.9"	36°09'24.4"	108	115	132	1,3
3	50°06'45.0"	36°09'17.5"	98	107	127	2,2
4	50°06'44.8"	36°09'06.6"	106	117	145	1,9
5	50°06'42.2"	36°09'04.6"	115	126	154	1,2
6	50°06'40.8"	36°08'50.3"	91	89	95	2,2

За даними таблиці ще раз було доказано залежність кольору від вмісту гумусу або ж вмісту органічного вуглецю. Зображення космічного знімку досліджуваного полігону було розкладено на три кольорові канали – червоний (R), зелений (G) та синій (B). Як ми бачимо, чим більше значення яскравості за кожним кольоровим каналом, тим світліший колір та менше значення органічного вуглецю. На основі цих даних ми можемо провести кореляційну

залежність вмісту органічного вуглецю від яскравості. Оскільки можливості програми TNTmips дають нам змогу знати значення яскравості в кожній точці досліджуваного полігону, ми будемо знати вміст органічного вуглецю в будь-якому місці даної території.

Отже, яскравість в точці відбору проб за кожним каналом було порівняно із вмістом органічного вуглецю. Кореляційна залежність у вигляді графіків міститься в додатку 2. За допомогою програми Microsoft Excel було визначено коефіцієнти кореляції (K): $K_R = -0,89648$; $K_G = -0,77452$; $K_B = -0,66508$.

Рівняння кореляції виглядають наступним чином:

$$y_R = -17,253x + 133,97$$

$$y_G = -22,361x + 150,15$$

$$y_B = -31,094x + 185,33$$

За отриманими рівняннями було перераховано вміст органічної речовини в кожній точці досліджуваного полігону за кожним кольоровим каналом. Як приклад, на рисунку 3.8 зображено розрахований вміст гумусу за зеленим каналом.

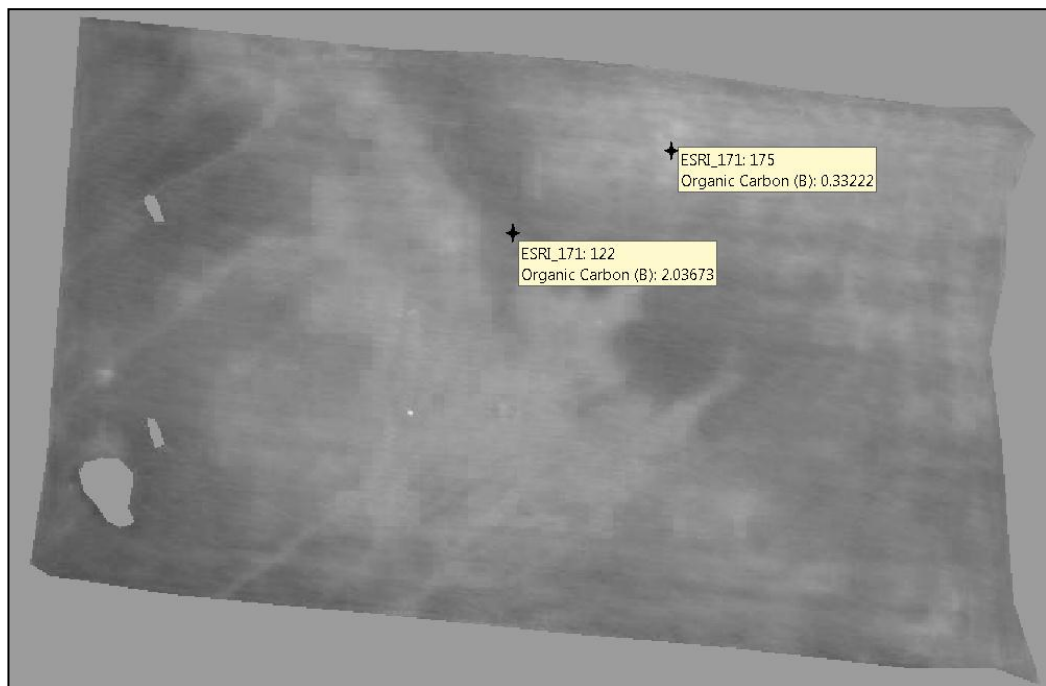


Рис. 3.8 – Картосхема вмісту органічного вуглецю на досліджуваному полігоні

Таким чином, ми маємо повну картосхему вмісту органічного вуглецю на даній території. Дана картосхема може бути використана для створення ґрунтових та агрохімічних карт, використана у точному землеробстві при земельпорядному проектуванні.

Треба визначити, що в ході досліджень нам не вдалось однозначно вирішити проблему картографування еродованих ґрунтів. Причиною цього є дуже складний територіальний об'єкт, що був обраний нами.

На відносно невеликому полі є 4 агровиробничих групи ґрунтів, та 10 виділів ґрунтів. Вказані ґрунти навіть без ознак еродованості за своєю природою відрізняються за кольором верхнього горизонту, що дуже ускладнює процес картографування лише за даними космічної зйомки.

Для такого складного об'єкту необхідно обов'язково проводити й польові дослідження, що, на жаль, неможливо було зробити. Таке обстеження потребує закладання ґрунтових розрізів. А це, в свою чергу, вимагає дозволу господарів цього поля та необхідної робочої сили.

ВИСНОВКИ

1. В даній роботі було опрацьовано літературу за темами водної ерозії ґрунтів, її визначення, картографування еродованих ґрунтів та можливості використання даних дистанційного зондування в цьому питанні.

Камеральний аналіз фондових матеріалів показав, що ґрунтовий покрив тестового полігону складається з 10 ґрунтових виділів, що можуть бути об'єднані у 4 агровиробничі групи ґрунтів, а також довів неактуальність існуючих картографічних матеріалів.

2. Задля вивчення питання розвитку площинної ерозії було обрано тестовий полігон, площею 56,77 га, що розташований біля м. Дергачі, Дергачівського району Харківської області. На даній території було проведено польові дослідження за методикою відбору проб, що зазначена у ДСТУ ISO 10381-1:2004.

Аналіз проб на вміст органічного вуглецю було проведено оксидометричним методом згідно з ДСТУ Б В.2.1-16:2009.

Візуальне дешифрування космічних знімків було проведено за Методичними рекомендаціями з визначення та ідентифікації водної ерозії ґрунтів в агроландшафтах за даними космічного знімання високого просторового розрізнення. Автоматичне дешифрування – за методиками роботи в програмах EasyTrace та TNTmips.

3. Візуальне дешифрування космічних знімків разом із геоінформаційним аналізом рельєфу показало, що територія тестового полігону зазнає впливу водної ерозії.

Проведене польове обстеження полігону після зливи показало, що на досліджуваній території спостерігаються значні прояви площинної ерозії.

Чисельний аналіз космічних знімків дозволив виділити на полі 4 ареали ґрунтів з однаковими спектральними властивостями. Складена картосхема може бути використана як основа для великомасштабної ґрунтової карти.

За результатами польових та лабораторних досліджень встановлено, що ґрунти полігону характеризуються вмістом органічного вуглецю від 1,3 % до 2,2 %.

В результаті чисельного дешифрування побудована картосхема вмісту органічного вуглецю, яка надалі може використовуватись при складанні великомасштабної ґрунтової карти.

В ході досліджень розроблені методичні підходи до дешифрування еродованих ґрунтів на космічних знімках та їх картографування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Світличний О. О., Чорний С. Г. Основи ерозієзнавства : навч. посіб. Суми : ВТД «Університетська книга», 2007. 266 с.
2. Геологія з основами мінералогії : навч. посіб. / П. В. Заріцький та ін. Харків : Майдан, 2012. 584 с.
3. Назаренко І.І., Польшина С. М., Нікорич В. А. Грунтознавство з основами геології : навч. посіб. Чернівці : Книги-XXI, 2006. 504 с.
4. Методичні вказівки з картографії ґрунтів : навч.-метод. посіб. / за заг. ред. М.В. Недвига. Умань: Уманський НУС: Редакційно-видавничий відділ, 2019. 69 с.
5. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте. Москва : Мысль, 1975. 426 с.
6. Шумейко В. О. Дешифрування і картографування за космічними знімками земель с/г призначення. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія*. 2013. Т 26 (65), № 1. С. 187-195.
7. Веремеєнко С. І., Фурман В. М. Картографія ґрунтів: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2012. 228 с.
8. ДСТУ ISO 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. (ISO 10381-1:2002, IDT). [Чинний від 2006-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 31 с.
9. ДСТУ Б В.2.1-16:2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення вмісту органічних речовин. [Чинний від 2010-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
10. Методичні рекомендації з визначення та ідентифікації водної ерозії ґрунтів в агроландшафтах за даними космічного знімання високого просторового розрізнення : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Тараріко, О. В. Сиротенко. Київ, 2013. 31 с.

11. Квартич Т. М. Аналіз методів автоматизованої класифікації цифрових зображень дистанційного зондування Землі. *Інженерна геодезія. Фотограмметрія та дистанційне зондування землі*. 2014. №60. С. 110–117.
12. Паньків З. П. Ґрунти України : навч.-метод. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. 112 с.
13. Практикум з ґрунтознавства : навч. посіб. / Д. Г. Тихоненко та ін. / за ред. Д. Г. Тихоненка, В. В. Дегтярьова. Вінниця: Нова книга, 2008. 448 с.
14. Публічна кадастрова карта. URL: https://map.land.gov.ua/?cc=4024717.386121333,6465030.532539255&z=11&l=gru nt&bl=dzk_overview
15. Карта ґрунтів України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/soil.html>
16. Выпущена самая полная в мире карта запасов углерода в почве. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. 2017. URL: <http://www.fao.org/news/story/ru/item/1071402/icode/>
17. Global soil organic carbon Map. URL: <http://www.fao.org/3/i8195e/i8195e.pdf>
18. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Національний центр управління та випробувань космічних засобів. URL: <https://spacecenter.gov.ua/dzz>
19. Карта ґрунтів України за нормативною грошовою оцінкою. URL: <https://ngo.land.gov.ua/uk/map/>
20. Cluster Analysis: Basic Concepts and Algorithms. URL: https://www-users.cs.umn.edu/~kumar001/dmbook/ch7_clustering.pdf
21. Глаголева І. І., Берко А. Ю. Застосування кластерного аналізу для опрацювання даних земельного кадастру. 2014. URL: http://science.lp.edu.ua/sites/default/files/Papers/plugin-47_58.pdf

ДОДАТКИ

Гідрологічний аналіз досліджуваної території



Рис. 1 – Шлях водного потоку на досліджуваному полігоні



Рис. 2 – Кордони водозбірних басейнів на території полігону та навколо

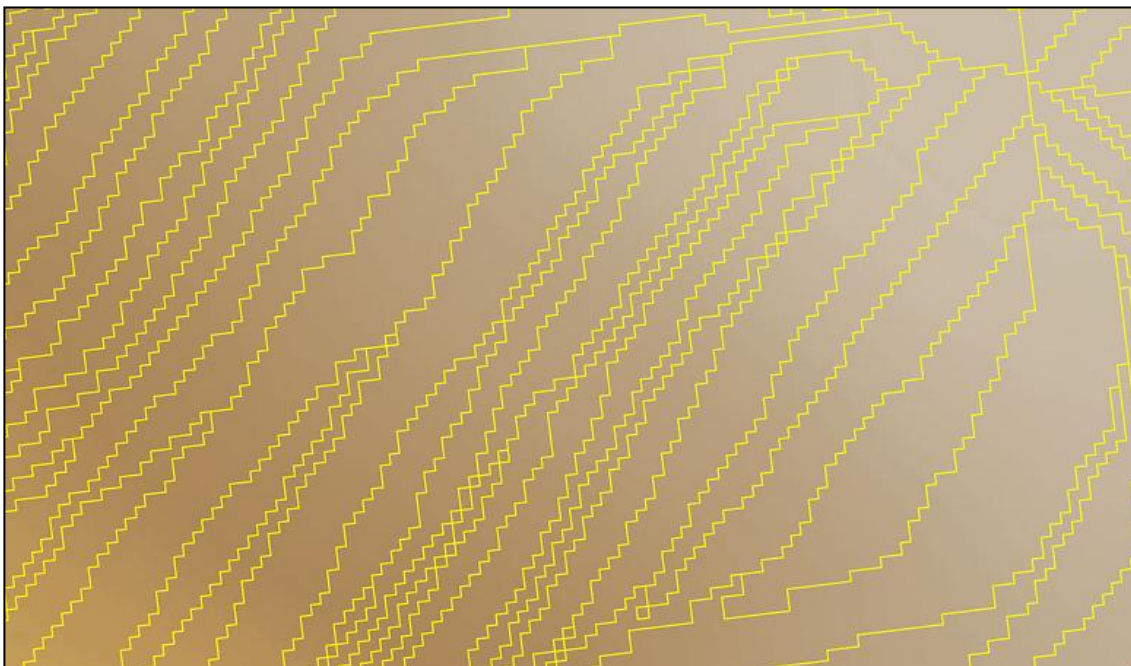


Рис. 3 – Стандартний басейн

Графіки кореляційної залежності вмісту органічного вуглецю
від яскравості ґрунтів



Рис. 1 – Кореляційна залежність значень яскравості каналу R із вмістом органічного вуглецю

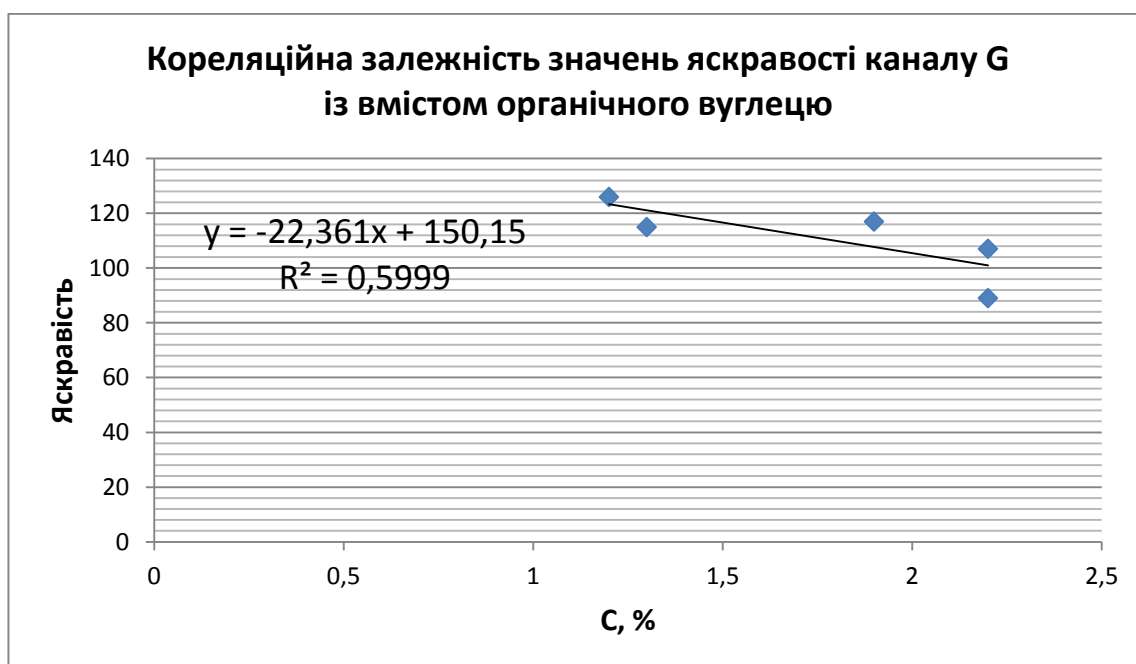


Рис. 2 – Кореляційна залежність значень яскравості каналу G із вмістом органічного вуглецю

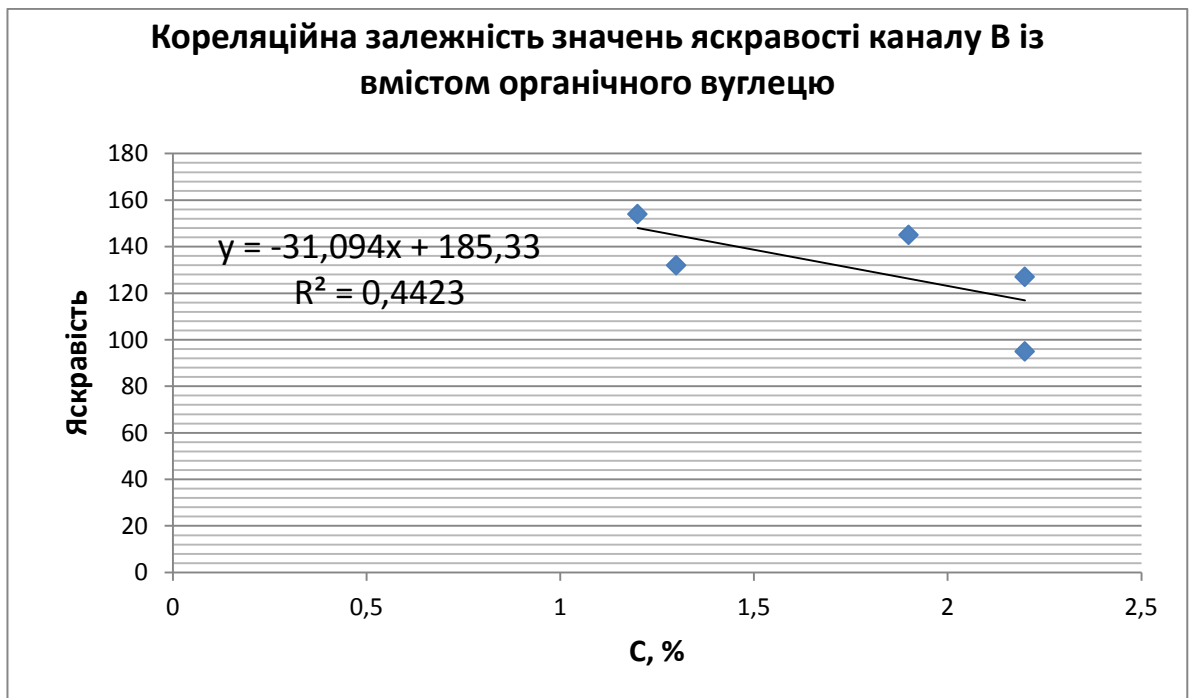


Рис. 3 – Кореляційна залежність значень яскравості каналу B із вмістом органічного вуглецю