

ДИСТАНЦІЙНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ДІЛЯНОК НА ЕРОЗІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗЕМЛЯХ

Т.Ю. Биндич

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

Апробовано методичний підхід до дистанційного визначення ділянок для моніторингу ґрунтів на ерозійно небезпечних землях, що полягає в двоступеневому тематичному дешифруванні різночасових даних космічного сканування високого просторового розрізнення за допомогою геоінформаційних систем. Оптимізація робіт під час дешифрування досягається шляхом морфометричного аналізу лінійних форм ерозії для досліджуваної території та визначення ділянок зі значним приростом розчленованості поверхні на початковому етапі. Побудова та аналіз різницевого зображення саме для цих ділянок на наступному етапі дає змогу виявити останні лінійні форми ерозії та ареали з великою ймовірністю проявів площинної ерозії.

Ключові слова: водна ерозія, ґрунтовий покрив, моніторинг ґрунтів, дистанційне зондування, геоінформаційні системи, дешифрування, динамічне картографування, різницева зображення.

Сукупність кризових явищ у соціально-економічній сфері нашої країни спричиняє інтенсивний розвиток усіх типів деградації ґрунтів. За даними Національної доповіді про стан ґрунтового покриву (ГП), водна ерозія є найпоширенішим деградаційним процесом майже в усіх регіонах України, оскільки еродовані землі становлять 38% від загальної площі сільськогосподарських угідь, або 15,9 млн га [1], з яких 4,5 млн га характеризуються середньо- і сильнозмитими ґрунтами, до того ж 68 тис. га — повністю втратили гумусовий горизонт [2]. З огляду на це, особливої ваги набуває створення вітчизняної системи ґрунтоохоронного моніторингу ґрунтів, що забезпечує можливість оперативної діагностики негативних явищ у ГП, зокрема на ерозійно небезпечних землях. Аналіз світового досвіду засвідчив, що спільним для розроблених у США та ЄС систем моніторингу є застосування даних дистанційного зондування (ДЗ) як надійної інформаційної основи просторового аналізу кризових явищ у ґрунтах. Це стосується організаційного етапу створення системи моніторингу (для обґрунтування еталонних ділянок та

точок випробування ґрунтів), і безпосередньо експертного аналізу різночасових даних ДЗ, за якими визначають напрям зміни стану ГП, здійснюють його оцінювання та прогноз [3].

Метою проведених досліджень є вдосконалення методичних прийомів дистанційного (оперативного) визначення ділянок (стаціонарних та/або для експедиційних маршрутів) для моніторингу ґрунтів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Завдання щодо розробки та опрацювання методичних підходів здійснювали на основі різночасових архівних зображень космічного апарата (КА) Landsat [4], що були відзняті в Харківській обл. упродовж 1984–2014 рр., у кількох діапазонах спектра (Я1 — 450–515; Я2 — 525–605; Я3 — 630–690; Я4 — 760–900; Я5 — 1550–1750; Я7 — 2080–2350 нм) з просторовим розрізненням близько 28 м. Зокрема, проведено дешифрування зображень, що охоплювали ерозійно-небезпечні райони Харківської обл., а саме — Ізюмський та Борівський р-ни. Загалом, відзнята територія відноситься до Бурлук-Оскольського фізико-географічного району Донецько-Оскольської підобласті згідно з відомою схемою

фізико-географічного районування України [5]. Ландшафтно-типологічна структура цього фізико-географічного району відзначається значним поширенням вододільно-хвилястих місцевостей з чорноземами типовими та звичайними і прирічковими яружно-балковими місцевостями з еродованими ґрунтами. Так, густина яружно-балкової мережі для цієї території становить 0,75–1,00 км/км², що свідчить про значну ерозійну небезпеку, особливо в умовах активного обробітку ґрунту.

У процесі досліджень використовували статистичні методи та методи геоінформаційної обробки даних. Для географічної прив'язки, основної обробки, перетворень та тематичного дешифрування космічних зображень використовували відомі геоінформаційні системи (ГІС) ArcGIS і TNT-lite.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На початковому етапі досліджень були детально проаналізовані чинні підходи до аналізу аерокосмічних даних для дослідження ГП та його моніторингу. Зокрема, визначено переваги та недоліки загальновідомого методу точкового аерокосмічного моніторингу динаміки гумусового стану ґрунтів, що передбачає двоступеневу аерокосмічну індикацію властивостей ґрунтів, під час якої на ключових ділянках утворюється банк градуїзованих кривих залежності коефіцієнта відбиття ґрунту від вмісту в ньому гумусу для усіх груп ґрунтів досліджуваного району. Потім одночасно з аерокосмічним зніманням отримують відповідні криві зв'язку оптичної щільності зображення з коефіцієнтом відбиття поверхні ґрунту у фотоактивному спектральному інтервалі для ключових ділянок, для яких проведено польове спектrophотометрування та відбір проб ґрунту для визначення вмісту гумусу [6]. До того ж часові відміни визначаються шляхом порівняння зображень, отриманих у різні роки, але в одні і ті самі агрофенологічні фази. Зрозуміло, що складне поєднання польового спектrophотометрування та порівняння різночасових зображень ґрунтової поверхні для детального врахування їх

просторово-часової неоднорідності зазвичай ускладнює хід робіт, знижує їх оперативність. Крім того, цей метод не дає змоги визначити місцезонашування дослідних ділянок («ключів»), що зазнали найбільших змін ще на початковому (попередньому) польовому етапі. На нашу думку, для виконання широкого спектра прикладних завдань організації систем моніторингу ґрунтів є потреба в оперативному аналізі та обробці новітніх матеріалів, які надають можливість визначати зі значною просторовою точністю ділянки ГП, що зазнали змін, навіть за відсутності будь-яких даних польового обстеження території або можливості їх додаткового проведення.

Для усунення деяких недоліків описаного вище підходу нами пропонується впровадити двоступеневу тематичну обробку даних ДЗ. На першому етапі проводиться кількісне оцінювання інтенсивності ерозійних процесів території шляхом морфометричного аналізу лінійних форм ерозії за даними ДЗ високого просторового розрізнення згідно з відомим алгоритмом [7–8]. Так, результатом кількісного оцінювання такого аналізу є сума довжин лінійних форм ерозії відносно одиниці площі території [9]:

$$D = \frac{\sum l}{P}, \quad (1)$$

де D — густина розчленування поверхні; l — довжина лінійної ерозійної форми; P — одиниця площі території.

Швидкість зростання густини розчленування поверхні визначається за формулою:

$$V = \frac{D_1 - D_0}{n}, \quad (2)$$

де D_0 — густина розчленування поверхні на початок дослідження; D_1 — поточна величина густини розчленування поверхні; n — кількість років між початковим та поточним виміром густини розчленування поверхні.

Зрозуміло, що збільшення в часі густини розчленування поверхні свідчить про посилення ерозії внаслідок дії як при-

родних явищ, так і внаслідок негативного впливу антропогенної діяльності.

Використання даних різночасових аерокосмічних зображень та ГІС дає змогу створювати картограми густини розчленування поверхні та приросту швидкості зростання густини розчленування поверхні ($D - D_0$) за певний час та визначати відповідні території зі значним його приростом. Надалі саме ці території слід розглядати як потенційно небезпечні щодо водної ерозії.

З огляду на все вищеперелічене, на наступному етапі дешифрування тематичну обробку спектрзональних космічних зображень проводили для ділянок земної поверхні, що характеризувалися найвищим приростом густини розчленування поверхні. На цьому етапі нами пропонується використовувати метод динамічного картографування, що полягає у створенні та аналізі різницевого спектрзональних зображень, отриманих за різночасовим космічним ДЗ у цифровому форматі [10]. Як відомо, сутність використання різницевого зображень полягає у пошуку відмінностей між зображеннями та досягається шляхом розрахунку різниці між величиною оптичної яскравості зображення території за відповідними каналами ДЗ для визначення ділянок земної поверхні, що не змінювали спектральних відбивних властивостей з часом та мають найбільший контраст порівняно з ділянками, що зазнали змін своїх оптичних характеристик. Тому необхідною умовою для створення різницевого зображення є використання космічних зображень з точною географічною прив'язкою, отриманих за подібних умов освітлення поверхні і виконаних космічними апаратами з однаковими або схожими каналами сканування. Результатом аналізу різницевого зображень є контури тих ділянок території, яскравість яких значно змінилася. Створення різницевого зображень може бути реалізовано в будь-якому програмному середовищі обробки зображень та є найефективнішим прийомом з динамічного електронного картографування для розробки системи моніторингу ґрунтів.

Опрацювання запропонованого методичного підходу для дослідної території за допомогою ГІС (проведено за участю провідного інженера лабораторії К.В. Вяткіна) розпочато у спосіб побудови облікової мережі квадратів (площею 16 км²) та розрахунку в кожному з них густини розчленування поверхні за оцифровуванням тальвегів усіх лінійних форм ерозії, що дешифруються на кожному з космічних зображень. Результати оцифровування підтвердили можливість визначення приросту лінійних форм ерозії навіть за матеріалами ДЗ високого просторового розрізнення. Обчислення загальної довжини приросту лінійних форм ерозії для кожної з чарунок облікової мережі дає змогу створити картограму густини розчленованості рельєфу за період 1983–2014 рр. Своєю чергою її аналіз надає можливість визначити ділянки території, що характеризуються найвищим приростом густини розчленування поверхні, зокрема квадрат С6 (рис. 1). Надалі саме для цієї території проаналізовано усі наявні космічні зображення та проведено розрахунок складного зонального відношення щодо пошуку полів, які перебували в оптимальних умовах ДЗ (відкрита поверхня ґрунту).

За результатами побудови та аналізу різницевого зображень у ближньому інфрачервоному каналі сканування визначено для одного з полів, ГП якого поступово змінювався впродовж 1986–2003 рр. (рис. 2-а) та 2003–2014 рр. (рис. 2-б). Аналіз першого різницевого зображення дає змогу встановити істотне підвищення оптичної яскравості поверхні ґрунту у східній частині поля. Так, найяскравіший ареал має подовжену форму та розташовується у безпосередній близькості до вже існуючої лінійної форми ерозії, що розглядалася як підвищення інтенсивності ерозійного процесу та формування новітнього елементу цієї лінійної форми ерозії впродовж 1986–2003 рр. Відзначено, що до цього висококонтрастного ареалу примикає менш контрастний зі значною площею, а це може свідчити також і про площинну ерозію в межах певної схилової системи у дослі-

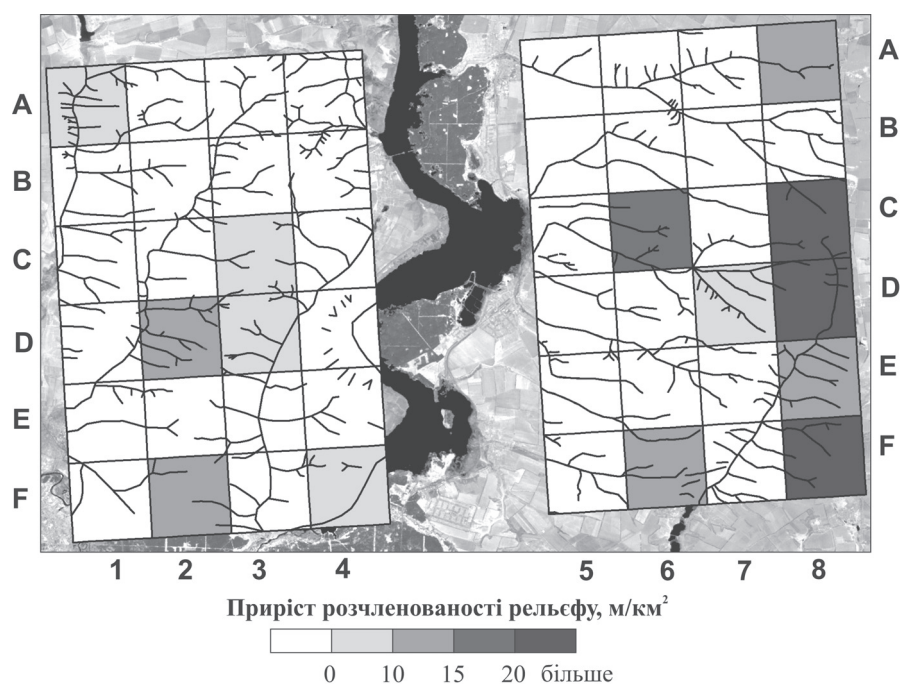


Рис. 1. Картограма приросту густини розчленованості рельєфу за 1983–2014 рр.

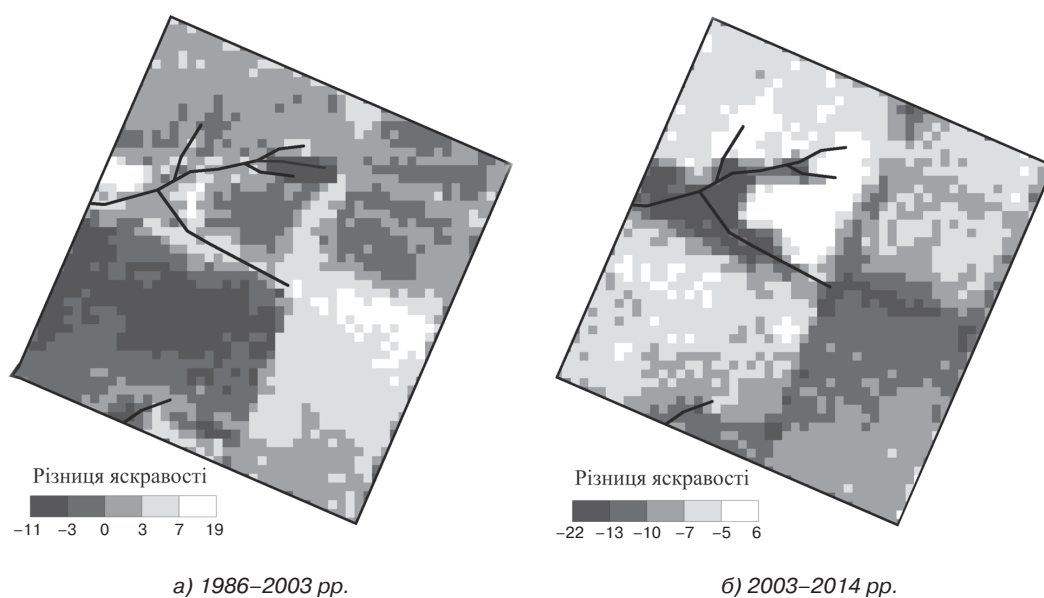


Рис. 2. Різницеві зображення полігона: а — 1986–2003 рр.; б — 2003–2014 рр.

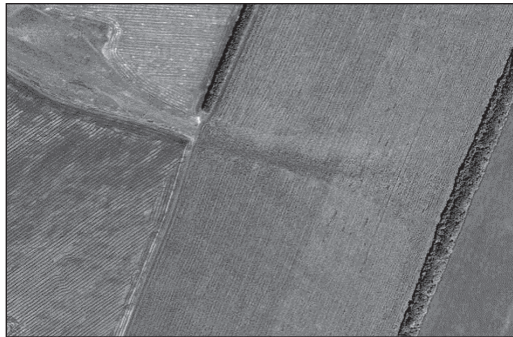


Рис. 3. Фрагмент космічного зображення надвисокого просторового розрізнення з відображенням розвиненої ерозійної форми на досліджуваному полі

джуваний проміжок часу. Наступне різницеве зображення свідчить про зменшення оптичної яскравості в межах визначеного раніше висококонтрастного виділу земної поверхні та розглядається як накопичення вологи на дні новоствореної ерозійної форми у весняний період (час проведення ДЗ — початок травня 2014 р.). Загалом запропонований спосіб дає змогу встановити продовження розвитку ерозійного процесу на цій території та обґрунтувати необхідність його моніторингу в подальшому.

Підтвердження коректності отриманих висновків демонструє фрагмент космічного зображення надвисокого просторового розрізнення для досліджуваного поля (рис. 3), що ілюструє доволі розвинену ерозійну форму в центрі знімка.

ВИСНОВКИ

Отже, використання морфометричного аналізу лінійних форм ерозії та просторовий аналіз різницевого зображень високого просторового розрізнення, здійсненого під час їх дешифрування, дає змогу отримати об'єктивну інформацію про стан ґрунтової

поверхні та визначити новоутворені форми ерозії на ерозійно небезпечних землях.

Отримані у такий спосіб дані слід використовувати для обґрунтування місцезнаходження дослідних ділянок або точок відбору проб для системи моніторингу ґрунтів та оперативної розробки протиерозійних заходів, а також здійснювати прогноз розвитку ерозійних процесів на значних територіях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про стан родючості ґрунтів України: Національна доповідь / Під ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, О.Г. Тараріка та ін. — К., 2010. — 111 с.
2. Бульгин С.Ю. Формирование экологически сбалансированных ландшафтов: проблема эрозии / С.Ю. Бульгин, М.А. Неаринг. — Х.: Типография ООО «Эней, ЛТД», 1999. — 271 с.
3. Environmental Assessment of Soil for Monitoring / J. Kibblewhite, M.G. Jones, R.J.A. Montanarella et al. — Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008. — Vol. VI. — 72 p.
4. United States Geological Survey [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://landsat.usgs.gov/index.php>
5. Физико-географическое районирование Украинской ССР / Под ред. В.П. Попова, А.М. Маринича, А.И. Ланько. — К: Изд-во Киевского ун-та, 1968. — 683 с.
6. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг гумусового состояния почв / Б.В. Виноградов // Почвоведение. — 1988. — № 4. — С. 38–48.
7. Афанасьева Т.В. Использование аэрометодов при картировании и исследовании почв / Т.В. Афанасьева. — М.: Изд-во МГУ, 1965. — 159 с.
8. Методические рекомендации по применению материалов аэрофотосъемок для исследования и расчёта характеристик водной эрозии почв. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 110 с.
9. Берлянт А.М. Картографический метод исследования / А.М. Берлянт. — М.: Изд-во МГУ, 1978. — 257 с.
10. Толмачева Н.И. Практикум по космическим методам экологического мониторинга: Учебное пособие / Н.И. Толмачева, Л.С. Шкляева. — Пермь: Пермский ун-т, 2006. — 132 с.