
РОДЮЧІСТЬ І ОХОРОНА ҐРУНТІВ

УДК 631.4:528.8

МОНІТОРИНГ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ

С.Р. Трускавецький, К.В. Вяткін, О.І. Шерстюк

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

Розглянуто підходи до оцінювання розвитку ерозійних процесів на великих за площею територіях за допомогою космічного знімання. Відзначено можливість різночасового космічного знімання та отримання даних цифрових моделей рельєфу в дешифруванні лінійних ерозійних форм і їхньої зміни в просторі та часі. Для своєчасного запобігання руйнації ґрунтового покриву водною ерозією запропоновано використовувати оперативні дані супутників.

Ключові слова: ґрунтовий покрив, ерозійні процеси, космічне знімання, деградація, цифрові моделі рельєфу.

Згідно зі ст. 14 Конституції України, земля є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави [1]. На жаль, цей постулат залишається лише декларацією. Мусимо констатувати, що в Україні майже не існує дієвої системи управління земельними ресурсами. Стан земель дедалі більше викликає занепокоєння з огляду на посилення деградаційних процесів, насамперед, процесів ерозії ґрунтів. Реформування аграрного сектора економіки з розпаюванням землі посилює вимоги до інформації про стан земельних ресурсів з метою забезпечення ефективного їх використання. Основою державної земельної інформаційної системи має стати комплекс сучасних картографічних матеріалів про ґрунтовий покрив. Без цього неможливі об'єктивний земельний кадастр, грошова оцінка і відповідна земельна податкова політика, моніторинг тощо.

Оперативну інформацію про розвиток або призупинення ерозійних ґрунтових процесів на великих (декілька десятків квадратних кілометрів) за площею територіях можна отримати лише за допомогою супутникового знімання. Об'єктивна оперативна

інформація, що надходить з супутників, відображає поточний стан земної поверхні в денний час. За допомогою повторного в часі космічного знімання можна оцінювати перебіг деградаційних процесів за відповідний період і робити певний прогноз.

Для оцінювання масштабів та темпів розвитку ерозійних процесів використовується такий показник, як густина горизонтального розчленування території [2]. Збільшення в часі цього показника свідчить про невідповідне використання території, що потребує термінового проведення певних ландшафтно-меліоративних ґрунтозахисних заходів. Крім того, на підставі аналізу цього показника визначають території не з потенційною, а з фактичною небезпекою прояву ерозійних процесів. На основі такої інформації складаються картограми територій за ступенем ерозійної небезпеки ґрунтів. Також існують методичні підходи до кількісного оцінювання стану ерозійно небезпечних ґрунтів методами дистанційного зондування та попереднього визначення кількісних характеристик чинників ерозійної небезпеки, що увійшли до багатьох уже відомих моделей ерозії [3, 4].

Такі підходи до моніторингу ерозійних процесів мають застосовуватись в процесі

© С.Р. Трускавецький, К.В. Вяткін, О.І. Шерстюк, 2015

обстеження ґрунтового покриву та під час складання карт ґрунтів різних масштабів. Буде помилковим створювати будь-які ґрунтові карти або картограми ґрунтових властивостей та процесів за відсутності даних щодо рельєфу території. За допомогою сучасних геоінформаційних систем складаються цифрові моделі рельєфу (ЦМР) у процесі ґрунтового картографування. Сучасна методика ґрунтового картографування, зокрема ерозійно небезпечних ґрунтів, має обов'язково враховувати дані ЦМР [5].

Мета наших досліджень полягає у визначенні можливостей космічного знімання для моніторингу ерозійних ґрунтових процесів на значних за площею територіях упродовж декількох років та у створенні на основі супутникового знімання й даних ЦМР картограми ступеня ерозійної небезпеки певної території.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкти досліджень охоплюють частину територій Борівського та Ізюмського р-нів Харківської обл., що є одними з найбільш ерозійно небезпечних, на яких впроваджено систему організації ґрунтозахисних агроландшафтів. Тобто сфера наукових досліджень охоплює перехідну зону Лісостепу та Степу, де поширені ґрунти чорноземного типу важкосуглинкового та легкоглинистого гранулометричного складу. На території досліджень переважно розповсюджені чорноземні ґрунти різного ступеня змиття на лесах, лесоподібних суглинках, червоно-бурих глинах тощо.

Методи досліджень зводилися до проведення лабораторних та камеральних досліджень з оцінювання ерозійної небезпеки ґрунтів, опрацювання архівних картографічних матеріалів, топографічних даних та архівних космічних знімків супутників Landsat — 5, 7 з просторовим розрізненням — 28,5 м за 1984 і 2003 роки. Для обробки даних використовували геостатистичні та розрахункові методи досліджень, інтерпретацію даних здійснювали за допомогою геоінформаційних систем (ГІС) TNT-lite, MapInfo і SAGA.

Методика проведення досліджень полягає у використанні даних дистанційного зондування для створення картограм ерозійної небезпеки, що розраховується за допомогою показника густини горизонтального розчленування поверхні. Величина приросту цього показника за певний період часу вказує на динаміку ерозійних процесів, їхню інтенсивність та обсяги. Методом оцінювання ерозійної небезпеки є розрахунок коефіцієнта густини горизонтального розчленування території за даними супутникового знімання.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Використання даних різночасового космічного знімання та геоінформаційних технологій дає змогу створювати картограми густини горизонтального розчленування поверхні та картограми приросту горизонтального розчленування території за певний часовий інтервал. Саме для створення подібних карт і використовується згаданий показник густини горизонтального розчленування [6]. Він розраховується за формулою:

$$K = L/S,$$

де L — довжина ерозійної мережі, км; S — площа території, для якої розраховано довжину ерозійної мережі, км².

У геоінформаційній системі для одного і того самого фрагмента кожного з використаних космічних знімків створюють сітку з рівновеликими квадратами для наступного розрахунку в кожному з них довжини ерозійної мережі.

Від розміру квадратів, що утворюють сітку, залежить інформативність створеної карти. У великих за розмірами площ можуть існувати істотні відмінності інтенсивності горизонтального розчленування поверхні, що зникають за середніми значеннями. Тому із зменшенням квадратів повніше передаються особливості рельєфу місцевості. Отже, в процесі створення карти наведеним способом потрібно точно розрахувати розподіл сітки квадратів. Розміри їх повинні бути такими, щоб чітко простежувались відмінності інтенсивності

горизонтального розчленування рельєфу в межах території, що картографується. Оптимальними вважаються облікові квадрати площею 4 км^2 згідно із масштабом 1:100 000, що відповідає в натуральній величині 4 км^2 [7].

Після розподілу на квадрати наносять тальвеги усіх ерозійних форм, що добре дешифруються на кожному з космічних знімків, та обчислюють загальну довжину ерозійної мережі для кожного квадрата. Отримані результати ділять на площу квадрата і у такий спосіб визначають для кожного з них показник інтенсивності розчленування, тобто довжину ерозійної мережі на 1 км^2 , величина якої пропорційна інтенсивності розчленування.

Після того як всі розрахунки буде закінчено, створюється шкала умовних позначень. Згідно з багатьма методичними рекомендаціями, ерозійний рельєф за показником густини горизонтального розчленування розділяють на густо-, середньо- та рідкорозчленований [6]. У першому випадку на 1 км^2 території приходиться понад 1 км ерозійних форм, у другому — 0,5–1, в останньому — менше ніж 0,5 км. Отже, створюються картограми густини горизонтального розчленування території для кожного з космічних знімків.

Останній етап полягає у визначенні приросту інтенсивності горизонтального розчленування для кожного з квадратів космічних знімків за певний період часу.

Завдяки наведеній методиці розрахунку густини горизонтального розчленування території з використанням космічних знімків були визначені ділянки ерозійно небезпечних ґрунтів на територіях з високим приростом густини горизонтального розчленування та на схилах, які вважаються небезпечними щодо проявів ерозії. Ці ділянки мають стати об'єктами для майбутнього польового (наземного) діагностування ерозійно небезпечних ґрунтів.

Картографування ерозійно небезпечних ґрунтів не буде достовірним без урахування проявів лінійних форм ерозії. Покращення просторової розрізненості космічних знімків та подальше удосконалення технологій

їх отримання і опрацювання значно підвищать ефективність виявлення лінійних форм ерозії. Збільшення або призупинення розвитку лінійних ерозійних форм з часом можна відслідковувати завдяки порівнюванню різночасових космічних знімків високої просторової розрізненості, які фіксують навіть незначні зміни у флювіальній мережі.

З метою апробації можливостей космічного знімання під час моніторингу ерозійних процесів на значних за площею територіях проведено розрахунки приросту горизонтального розчленування території одних з найбільш ерозійно-небезпечних районів Харківської обл. — Ізюмського та Борівського. Спочатку були підібрані космічні знімки території досліджень за 1984 та 2003 роки, зроблені із супутника LANDSAT. Потім для всебічного та достовірного аналізу території побудовано цифрову модель рельєфу місцевості також на основі даних дистанційного зондування Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Дані SRTM використовували для уточнення місць розвитку лінійних ерозійних форм під час дешифрування космічних знімків. Для спрощення розрахунків та зручності відображення й інтерпретації результатів дослідну територію умовно поділили на квадрати розміром $4 \times 4 \text{ км}$. На основі даних космічних знімків за різні роки знімання та даних ЦМР оцифровано лінійні прояви ерозійних процесів (рис. 1). У кожному квадраті (чарунці) за допомогою ПС розраховано коефіцієнт горизонтального розчленування рельєфу за відповідні роки спостережень (рис. 2). На основі отриманих результатів визначено різницю в горизонтальному розчленуванні рельєфу за період 1984–2003 рр. У ПС визначено приріст горизонтального розчленування та на основі встановлених чарунк побудовано картограму розподілу цього приросту на досліджувану територію (рис. 3). Чарунки темного кольору відображають територію з максимальним приростом розчленування рельєфу, тобто в межах цієї площі ерозія останніми роками набула найвищих проявів як за своїми обсягами, так і за інтенсив-

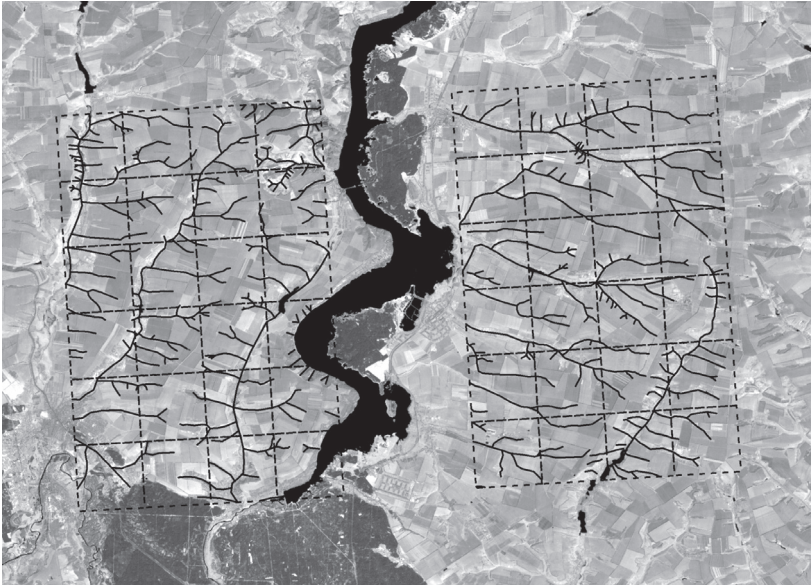


Рис. 1. Багатшарове зображення космічного знімка, оцифрованих лінійних ерозійних форм та заданої сітки

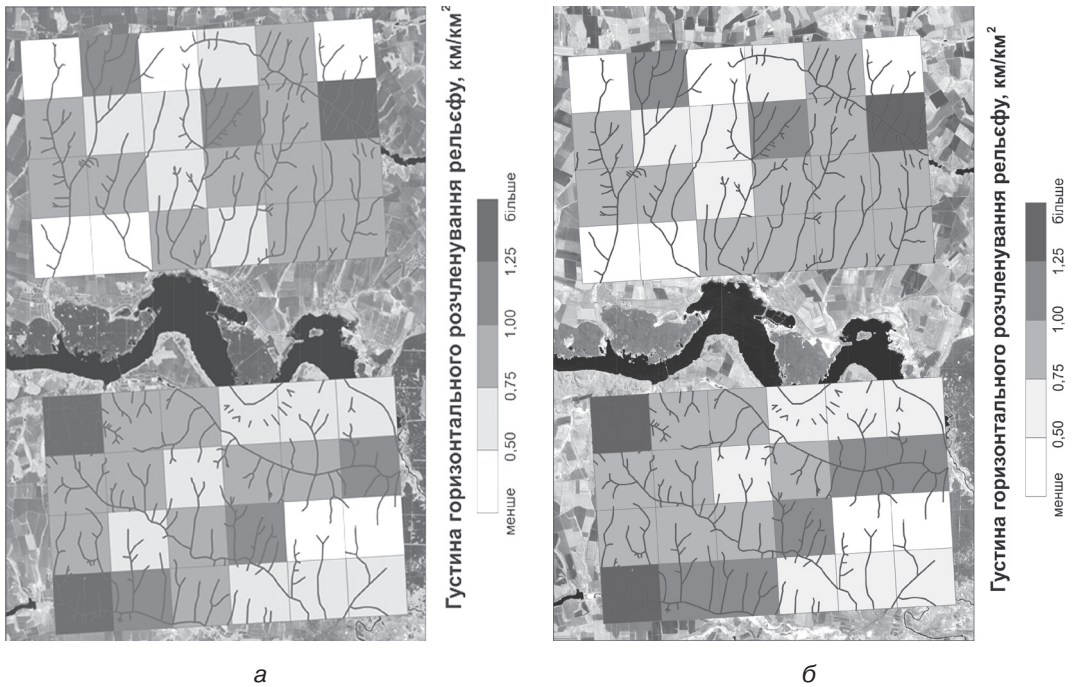


Рис. 2. Картограма розрахованої густини горизонтального розчленування рельєфу ($\text{км}/\text{км}^2$): а — у 1984 р. та б — у 2003 р. з оцифрованими лініями ерозійних форм

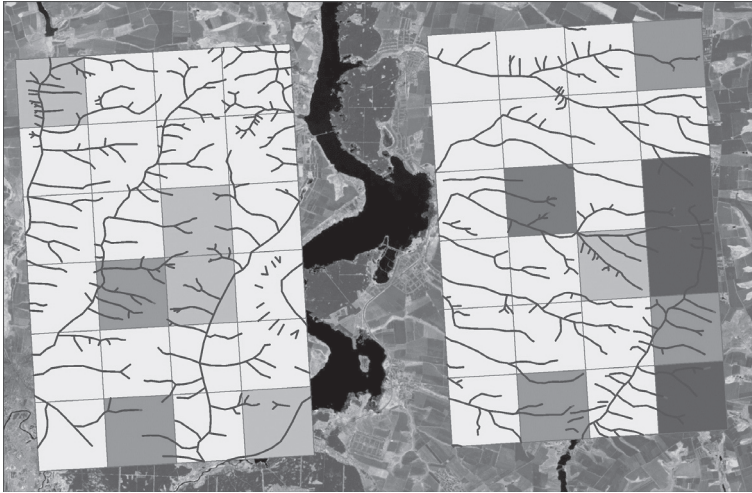


Рис. 3. Фрагмент космічного знімка з оцифрованими лінійними формами ерозійної мережі та картограмою приросту горизонтального розчленування рельєфу

ністю. І навпаки, чарунки білого кольору відповідають територіям, де не відбувалось жодних змін, тобто процеси ерозії призупинилися або їх не було взагалі.

ВИСНОВКИ

Ерозійні процеси з часом можуть виникати в непередбачуваних місцях. Супутникові спостереження дають можливість оперативно і часно зафіксувати негативні явища, які відбуваються з ґрунтовим по-

кривом, особливо в неконтрольованих у звичний спосіб місцях, на що мають відреагувати відповідні служби та керівні органи і вжити невідкладних агротехнічних заходів з призупинення та усунення ерозійних процесів, як і на розрахунки приросту густини горизонтального розчленування за різночасовими космічними знімками, що дають можливість виділяти потенційні території з найбільшою ерозійною небезпекою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>
2. Гохман О.Г. Экспертное оценивание: Учеб. пособие / О.Г. Гохман. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. — 152 с.
3. Методика кількісної оцінки стану ерозійно небезпечних ґрунтів за допомогою методів дистанційного зондування / С.Р. Трускавецький, М.М. Гічка, Т. Ю. Биндич та ін. — Х.: ННЦ ІГА, 2010. — 57 с.
4. Трускавецький С.Р. Методичні підходи до кількісної оцінки стану ерозійно небезпечних ґрунтів методами дистанційного зондування / С.Р. Трускавецький // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2011. — Вип. 74. — С. 19–24.
5. Картографування ерозійно небезпечних ґрунтів за допомогою космічної зйомки: Методичні рекомендації / Д.О. Тімченко, С.Р. Трускавецький, Т.Ю. Биндич, М.М. Гічка. — Х.: ННЦ ІГА, 2005. — 44 с.
6. Спиридонов А.И. Геоморфологическое картографирование / А.И. Спиридонов. — М.: Недра, 1975. — 184 с.
7. Кузнецов М.С. Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов. — М.: Изд-во МГУ, 1996. — 335 с.

REFERENCES

1. *Konstytutsiia Ukrainy. Zakon Ukrainy vid 28.06.1996 No. 254k/96-VR* [Constitution of Ukraine: the Law of Ukraine dated by 28.06.1996, No. 254k/96-VR]. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 1996, No. 30, p. 141. [Electronic resource], available at: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80> (in Ukrainian).
2. Gokhman O.G. (1991). *Ekspertnoe otsenivanie* [Expert valuation]. Tutorial, Voronezh: VGU Publ., 152 p. (in Russian).

3. Truskavetskyi S.R., Hichka M.M., Byndych T.Yu. (2010). *Metodyka kilkisnoi otsinky stanu eroziino nebezpechnykh gruntiv za dopomohoiu metodiv dystantsiinoho zonduvannia* [Methodology of quantitative assessment of the dangerous erosion of soils using remote sensing methods]. Kharkiv: NNTs IHA Publ., 57 p. (in Ukrainian).
4. Truskavetskyi S.R. (2011). *Metodychni pidkhody do kilkisnoi otsinky stanu eroziino nebezpechnykh gruntiv metodamy dystantsiinoho zonduvannia* [Methodological approaches to the quantitative assessment of soil erosion dangerous methods of remote sensing]. Ahrokhimiia i gruntoznavstvo [Agricultural Chemistry and Soil Science]. Kharkiv: NNTs «IGA im. O.N. Sokolovskoho» Publ., Iss. 74, p. 19–24 (in Ukrainian).
5. Timchenko D.O., Truskavetskyi S.R., Byndych T.Yu., Hichka M.M. (2005). *Kartohrafuvannia eroziino nebezpechnykh gruntiv za dopomohoiu kosmichnoi znimannia. Metodychni rekomendatsii* [Mapping of the hazardous erosive soils by means of space shooting: Guidelines]. Kharkiv: NNTs IHA Publ., 44 p. (in Ukrainian).
6. Spiridonov A.I. (1975). *Geomorfologicheskoe kartografirovanie* [Geomorphological mapping]. Moscow: Nedra Publ., 184 p. (in Russian).
7. Kuznetsov M.S. (1996). *Eroziya i okhrana pochv* [Erosion and soil protection]. Moscow, MGU Publ., 335 p. (in Russian).

УДК 631.412: 631.415.12

БУФЕРНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ЯК ПОКАЗНИК ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЕДАФОТОПІВ КРИВОРІЗЬКОЇ УРБООКОСИСТЕМИ

І.О. Сіліч

Криворізький педагогічний інститут ДВНЗ «Криворізький національний Університет»

Здійснено оцінювання екологічного стану едафотопів щодо буферності ґрунтового покриву. Встановлено, що для ґрунтів Криворізької урбоєкосистеми характерна лужна реакція та вміст гумусу в межах 2%. Розраховано сумарний показник забрудненості ґрунтів важкими металами (Zc), що відображає інтегральний ефект впливу всієї групи досліджуваних елементів на екологічний стан едафотопу, та за його результатами встановлено помірно небезпечну категорію забрудненості важкими металами — для ґрунтів Саксаганського р-ну і допустиму категорію — для всіх інших досліджуваних територій міста. Отримані дані свідчать про наявність в едафотопіях Криворізької урбоєкосистеми обмежувальних чинників надлишкового залучення хімічних елементів в біологічні цикли.

Ключові слова: ґрунт, буферність, кислотність, гумус, важкі метали.

Інтенсивний розвиток гірничодобувної та металургійної галузей спричиняє незворотні порушення та руйнування екосистем. Особливо це позначається на якості водно-хімічних показників ґрунтів. Тому серед першочергових складових охорони навколишнього природного середовища є періодичний контроль динаміки якісного стану ґрунтів, а також контроль антропогенного тиску на них з метою прогнозування еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок та розробки і впровадження відповідних охоронних заходів [1].

Загальні аспекти нинішнього стану забрудненості ґрунтів Криворізької обл. важкими металами (ВМ) різної форми рухливості досліджували такі вчені, як І.Д. Маяков, І.М. Малахов, В.М. Савосько, В.М. Гришко, В.О. Гапон [2–4]. Однак досі залишаються недостатньо висвітленими питання вмісту ВМ у ґрунтах міської агломерації щодо їх буферних властивостей — кислотності ґрунтового розчину та кількості органічної речовини. Адже чим нижчі ці показники, тим більшу небезпеку для ґрунту становлять забруднювальні речовини, зокрема ВМ [5].

© І.О. Сіліч, 2015