

## ЛЯЛЬКО

**Вадим Іванович** – академік НАН України, почесний директор Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України» (ЦАКДЗ ІГН НАН України)

## ЄЛІСТРАТОВА

**Леся Олександрівна** – кандидат географічних наук, старший науковий співробітник відділу енергомасообміну в геосистемах ЦАКДЗ ІГН НАН України

## АПОСТОЛОВ

**Олександр Анатолійович** – молодший науковий співробітник відділу енергомасообміну в геосистемах ЦАКДЗ ІГН НАН України

## ЧЕХНІЙ

**Віктор Михайлович** – кандидат географічних наук, завідувач відділу ландшафтознавства Інституту географії НАН України

## АНАЛІЗ ҐРУНТОВО-ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

*Деградація земель є актуальною і важливою проблемою сучасної України, що потребує всебічного наукового опрацювання для достеменного встановлення комплексу причин погіршення якості земель та визначення ризику подальшого розвитку процесів деградації. На основі аналізу цифрової моделі рельєфу (DEM), побудованої за даними топографічної зйомки під час космічної місії Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), для України складено карту розподілу індексу інтенсивності ерозійного розчленування рельєфу та визначено потенційно небезпечні ерозійні ділянки.*

**Ключові слова:** ерозія ґрунтів, дистанційні методи дослідження Землі, цифрова модель рельєфу, DEM, SRTM.

Сьогодні, в умовах неупинного зростання темпів і обсягів використання природних ресурсів для задоволення різноманітних потреб суспільства, що супроводжується виснаженням їх запасів і зміною якісних властивостей, особливої актуальності набувають дослідження стану та подальших перспектив ресурсного забезпечення галузей національної економіки. В Україні внаслідок багаторічного домінування ресурсо- та енергомістких технологій, незбалансованої структури земельного фонду, неощадливого використання земель, особливо сільськогосподарського призначення, в навколишньому природному середовищі значного розвитку набули деградаційні процеси [1]. Зараз раціональне, оощадливе, ефективне та рентабельне використання природних ресурсів є одним із головних пріоритетів нашої держави. Чільне місце тут посідає проблема раціонального використання земель, збереження та підвищення родючості ґрунтів. Україна має унікальні ґрунтові ресурси, які становлять основу її національного багатства і продовольчої безпеки.

Однак в останні десятиліття в Україні спостерігається неупинний розвиток деградаційних процесів ґрунтового покриву

внаслідок нехтування на практиці основними принципами охорони ґрунтів [2–4]. З-поміж численних факторів, що призводять до зниження потенціалу родючості ґрунтів, особливого розмаху набули процеси водної ерозії. Фактично третина орних земель України характеризується різними проявами еродованості, пов'язаної з дією тимчасових водних потоків [5]. Проте ці дані є орієнтовними і значною мірою застарілими, оскільки визначене законодавством України постійне поновлення інформації щодо стану ґрунтів, зокрема моніторинг їх еродованості, протягом тривалого часу не проводилося [6]. Тому сьогодні вкрай важливим завданням є опрацювання різних складових моніторингу ґрунтового покриву України, зокрема з використанням новітніх даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) [7, 8].

Враховуючи складну комплексну природу процесу водної ерозії ґрунтів, протягом другої половини ХХ – початку ХХІ ст. до її вивчення зверталися дослідники з різних галузей знань: географи (гідрологи, геоморфологи, ландшафтознавці), ґрунтознавці, агрономи, економісти та ін. В останні десятиліття дослідження з цього напрямку охоплюють широкий спектр питань щодо стану еродованості ґрунтового покриву України [9, 10], впливу водної ерозії на родючість ґрунту, зокрема у контексті сучасних соціально-економічних реалій держави [5], збалансованого використання ґрунтових ресурсів [11–15], правових аспектів охорони ґрунтів [4, 16], засад моніторингу ґрунтів [17], теоретичних та методичних питань вивчення ерозії ґрунтів [18–21], дослідження ерозії ґрунтів за даними ДЗЗ [22–24], обґрунтування використання геоінформаційних ГІС-технологій для дослідження ерозійних процесів [25], захисту ґрунтів від водної ерозії та їх відновлення [26].

Отже, проблема є складною і багатогранною та потребує проведення подальших детальних досліджень, спрямованих на виявлення інтенсивності прояву ерозійних процесів та їх впливу на трансформацію ґрунтового покриву України, зокрема досліджень методичного та прикладного характеру.

Сучасні методи дослідження ґрунтового покриву використовують дистанційні дані та комп'ютерні засоби обробки інформації, що дає можливість забезпечити високу точність, характерну для наземних методів, і дозволяє ставити завдання щодо вивчення великих за площею територій.

Для розрахунку інтенсивності ерозійного розчленування території було використано підхід, описаний у роботі [27]. При цьому інтенсивність ерозійного розчленування рельєфу доцільно розрахувати за формулою:

$$Q = \frac{\Delta H L}{P^2}, \quad (1)$$

де  $\Delta H$  – амплітуда висот, тобто відносне перевищення висоти в ковзному вікні;  $\Delta H / P$  – вертикальне розчленування рельєфу;  $P$  – площа ковзного вікна;  $L$  – сумарна довжина річкової мережі в ковзному вікні;  $\Delta L / P$  – горизонтальне розчленування рельєфу.

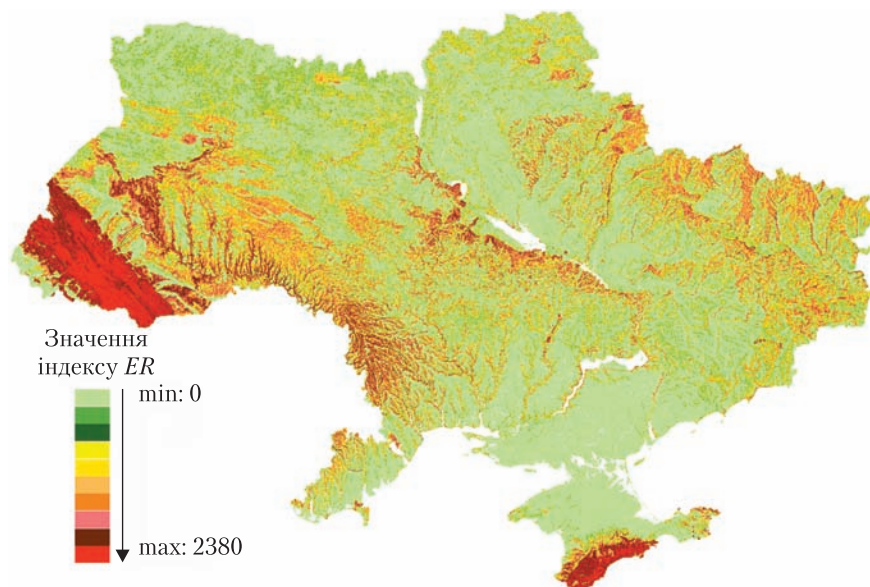
Було запропоновано замість довжини річкової мережі використовувати такий показник, як *довжина ізоліній у ковзному вікні*. У цьому разі формула для розрахунку інтенсивності ерозійного розчленування території набуває такого вигляду:

$$ER = \frac{\Delta H N l}{P^2}, \quad (2)$$

де  $N/P$  – горизонтальне розчленування рельєфу,  $N$  – кількість пікселів ізоліній у ковзному вікні,  $l$  – довжина пікселя.

Для досліджень було використано цифрову модель рельєфу (DEM) для території України на основі даних, зібраних під час міжнародної космічної місії Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM). За допомогою спеціальної радарної системи, встановленої на борту космічного корабля багаторазового використання Shuttle, в 1990-х роках було проведено топографічну зйомку більшої частини території земної суші, за винятком найпівнічніших і найпівденніших широт.

Зазначена цифрова модель рельєфу має просторову роздільну здатність 90 м. Однак для розробленої нами методики така просторова роздільна здатність була занадто малою.



**Рис. 1.** Значення індексу інтенсивності ерозійного розчленування рельєфу ( $ER$ ) для території України, розраховані на основі цифрової моделі рельєфу DEM за даними космічної місії SRTM

Тому з використанням програмного продукту з обробки космічних знімків Erdas Imagine було застосовано процедуру Bilinear Interpolation, згідно з якою вважають, що висоти земної поверхні між сусідніми пікселями змінюються лінійно зі ступенем змін 30 м. Оскільки на отриманій моделі DEM були пікселі з від'ємними значеннями, їх було замінено на додатні значення, взяті з моделі GTOPO 30, з просторовою роздільною здатністю 900 м.

Розрахунок вертикального розчленування рельєфу проводили за допомогою модуля Spatial Modeler програми Erdas Imagine за такою формулою:

$$\frac{\Delta H}{P} = (H_{\max} - H_{\min}) / P, \quad (3)$$

де  $H_{\max}$ ,  $H_{\min}$  — максимальне та мінімальне значення висот у ковзному вікні.

Для розрахунку горизонтального розчленування рельєфу спочатку за допомогою модуля Interpreter програми Erdas Imagine було побудовано ізолінії на всю територію України з висотою перерізу рельєфу 5 м. Далі розрахунок у ковзному вікні горизонтального розчленування рельєфу проводили за формулою:

$$NI / P. \quad (4)$$

Інтенсивність ерозійного розчленування території було розраховано за формулою (2) в програмі Erdas Imagine.

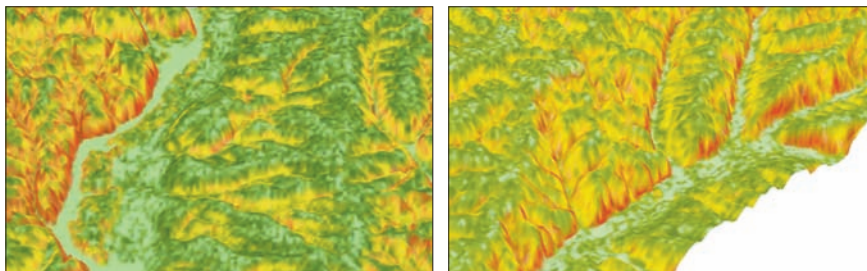
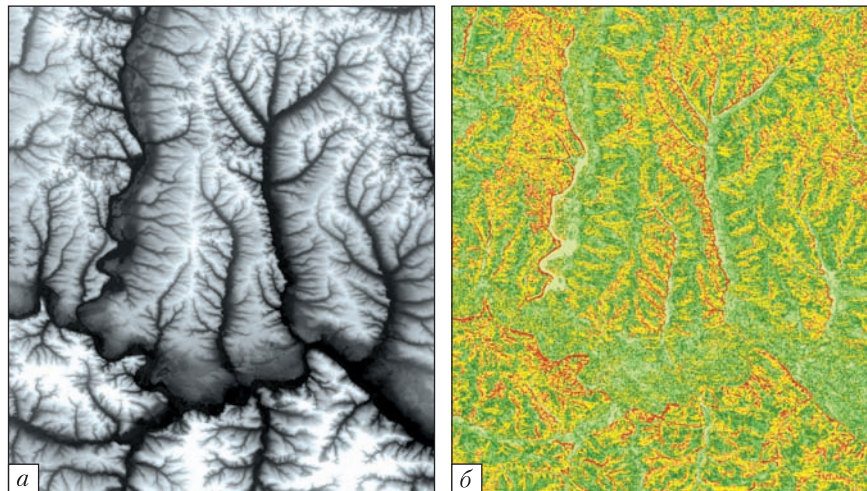
На рис. 1 наведено отриманий за запропонованою нами методикою розподіл значень індексу інтенсивності ерозійного розчленування рельєфу ( $ER$ ). Оскільки значення індексу  $ER$  залежать від висоти, для порівняння територій, які знаходяться в різних фізико-географічних умовах, індекс  $ER$  масштабували за формулою:

$$ER_{\text{new}} = 100 \left( \frac{ER - ER_{\min}}{ER_{\max} - ER_{\min}} \right). \quad (5)$$

На території Карпат та Криму значення індексів  $ER$  досить великі, і без їх нормування неможливо побачити локальні ерозійні особливості на інших територіях, зокрема рівнинних (рис. 2).

На наведених рисунках кольоровими градаціями від червоного до світло-зеленого позначено рівні небезпеки ерозійного розчленування рельєфу за індексом  $ER$ . Значення індексу від 0 до 2 (від світло- до темно-зеленого кольору) відповідають мінімальному рівню небезпеки; значення  $ER$  від 2 до 7 (гірчичний та жовтий кольори) — слабкому рівню; від 7 до 10 (світло-помаранчевий) — істотному рівню;

**Рис. 2.** Приклад використання методик для розрахунку індексу *ER* на території з координатами 37,22E 49,91N та 38,69E 48,64N у масштабі 1:500000: *а* — цифрова модель рельєфу DEM з просторовою роздільною здатністю 30 м; *б* — отримані за методикою значення індексу *ER*



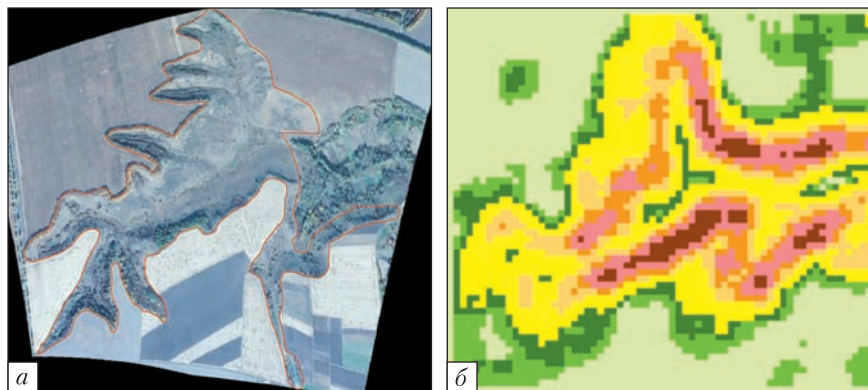
**Рис. 3.** Зіставлення отриманого індексу *ER* з цифровою моделлю рельєфу в форматі 3D на прикладі двох окремих фрагментів

від 10 до 13 (темно-помаранчевий) — сильно-му рівню; від 13 до 17 (темно-рожевий) — дуже сильно-му рівню; >17 (темно-коричневий і червоний кольори) — катастрофічному рівню небезпеки.

Було проведено зіставлення значень отриманого індексу *ER* з цифровою моделлю рельєфу за допомогою програми Erdas Imagine в форматі 3D (рис. 3). Аналіз результатів показав, що максимальні значення індексу приурочені до схилових поверхонь. Саме ці елементи рельєфу, ускладнені різними за віком і походженням ярами та балками, закономірно зазнають впливу ерозійних процесів та потребують особливої уваги з позицій ерозійної безпеки. Чітко проявляється залежність між вертикальним розчленуванням території та густотою яружної мережі, що відображує специфіку ураженості території процесами лінійної водної ерозії. Важливими у цьому аспекті

є також морфометричні параметри схилів — їх ухил, форма, довжина та ін. Тобто значення отриманого індексу *ER* дають можливість виділяти потенційно небезпечні ділянки ерозійних процесів.

З урахуванням напрацювань Є.В. Бутенка і Г.В. Рогозенка [28] нами було проведено економічну оцінку збитків від прояву ерозійних процесів на землях сільськогосподарського призначення на окремій земельній ділянці у межах території Халчанської сільської ради Кагарлицького району Київської області. Для цієї території актуальною є проблема яроутворення. Під впливом тимчасових водотоків за наявності сприятливих умов яри ростуть і стають причиною посиленої ерозії прилеглих територій. У ярах спостерігається зміщення схилових відкладів у тальвеги, ерозійно-денудаційні процеси на бортах (опливання, осипання, обвалювання та поверхневий змив)



**Рис. 4.** Оцінка стану ерозійних процесів на землях сільськогосподарського призначення на модельному ярі Халчанської сільської ради Кагарлицького району Київської області: *a* – площа яру за супутниковим знімком з КА QuickBird від 14 жовтня 2014 р.; *б* – розрахунок індексу *ER* для цієї території за даними DEM

[28]. Внаслідок цього значні площі земель вимушено вилучаються із сільськогосподарського використання.

Для встановлення площі модельного яру нами було використано космічний знімок з супутника QuickBird, що відображає стан земної поверхні на 14 жовтня 2014 р. (рис. 4). За допомогою ГІС-програми MapInfo Professional було векторизовано контур яру та обчислено його площу, яка становила 103,9 га.

За результатами раніше проведених досліджень [28] та на основі отриманих нами даних встановлено, що збільшення площі яру з 2008 до 2014 р. становило 13 га. Ґрунтовий покрив земель Халчанської сільської ради складається переважно з чорноземів типових малогумусних, легкосуглинкових [29]. Середньозважена висота гумусного горизонту становить 25 см або 2500 т/га [30], тобто втрати гумусу становлять 32 500 т. Виходячи із загальної вартості органічних добрив, необхідних для формування гумусу, за даними С.Ю. Булигіна [12, 31, 32], 1 т гумусу оцінюється приблизно у 5400 грн, або 200 дол. США (1 \$ = 27 грн за курсом НБУ на 19.04.2017); близькими до цієї величини є також оцінки В.О. Грекова і Л.В. Дацько [32]. Таким чином збитки від втрати гумусу на 1 га становлять  $5400 \times 2500 = 135\,000$  грн; відпо-

відно, для досліджуваного об'єкта площею 13 га –  $135\,000 \times 13 = 175,5$  млн грн, або 6,5 млн дол. США.

Отже, запропоновано новий індекс інтенсивності ерозійного розчленування рельєфу *ER*. Його визначення для усїєї території України дало можливість відстежити просторовий розподіл інтенсивності ерозійних процесів ґрунтів, зокрема виділити території з найбільшою потенційною ерозійною небезпекою. Ерозійні процеси призводять до трансформації ґрунтового покриву, зниження родючості ґрунтів. Лише для одного базового об'єкта оцінки площею 13 га за період 2008–2014 рр. економічні втрати становили близько 175,5 млн грн, або 6,5 млн дол. США. Ерозійні процеси можуть несподівано активізуватися в непередбачуваних місцях, зокрема в результаті нераціонального господарювання. Супутниковий моніторинг дозволяє вчасно зафіксувати прояви негативних явищ, пов'язаних з ерозією ґрунтового покриву, причому повсюдно – в межах усїєї країни, що є надійним підґрунтям для прийняття відповідними державними службами та керівними органами ефективних управлінських рішень для призупинення активних ерозійних процесів та подолання їхніх наслідків.

## REFERENCES

## [СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Rudenko L.G. (ed.). *Ukraine: Main Trends of Interaction Between Society and Nature in the Twentieth Century*. (Geographical Aspect). (Kyiv: Akadempriodyka, 2005).  
[Україна: основні тенденції взаємодії суспільства і природи у ХХ ст. (географічний аспект). За ред. Л.Г. Руденка. К.: Академперіодика, 2005.]
2. Medvedev V.V. Land reform and soil fertility. *Visnyk of Agrarian Science*. 2015. (5): 73.  
[Медведєв В.В. Земельна реформа і родючість ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 5. С. 73–79.]
3. Gadzalo Y.M., Baluk S.A., Medvedev V.V., Plisko I.V. Land reform: measures which should precede its completion. *Visnyk of Agrarian Science*. 2015. (9): 5.  
[Гадзало Я.М., Балюк С.А., Медведєв В.В., Пліско І.В. Земельна реформа: заходи, що мають передувати їй завершенню. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 9. С. 5–12.]
4. Kovalchuk T. Theoretical studies and legal problems of legal regulation in the sphere of land in Ukraine. *Visnyk of Kyiv University. Series: Law Sciences*. 2012. **92**: 16.  
[Ковальчук Т. Теоретико-правові дослідження та проблеми правового регулювання у сфері охорони земель в Україні. *Вісн. КНУ імені Тараса Шевченка. Юридичні науки*. 2012. Вип. 92. С. 16–20.]
5. Baluk S.A., Truskavetsky R.S. Systemic control of transformation directedness and fertility of soils. *Visnyk of Agrarian Science*. 2015. (10): 10.  
[Балюк С.А., Трускавецький Р.С. Системне управління трансформаційною спрямованістю та родючістю ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 10. С. 10–17.]
6. Medvedev V.V. *Monitoring soil of Ukraine: Concept. Results. Tasks*. (Kharkiv, 2012).  
[Медведєв В.В. *Моніторинг почв України: Концепції. Ітоги. Задачі*. 2-е изд. Х.: Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського, 2012.]
7. Tarariko A.G., Grekov V.A., Frolova A.M., Mudrik S.G., Panasenko V.N. Compliance of national monitoring and soil protection to EU and Council of Europe soil draft directive. *Balanced nature*. 2012. (2): 43.  
[Тараріко О.Г., Греков В.О., Фролова О.М., Мудрик С.Г., Панасенко В.М. Відповідність національної системи моніторингу та охорони ґрунтів проекту ґрунтової директиви ЄС та Ради Європи. *Збалансоване природокористування*. 2012. № 2. С. 43–50.]
8. Fateev A.I., Khristenko A.O., Tsapko Y.L. Ecological condition of soil in Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*. 2012. (2): 38.  
[Фатєєв А.І., Христенко А.О., Цапко Ю.Л. Екологічний стан ґрунтів України. *Український географічний журнал*. 2012, № 2. С. 38–42.]
9. Kolmaz Y.T., Rakoyid A.A., Protsenko L.D., Legka O.V. Evaluation process of land degradation and desertification, global and domestic experience. *Agroecology Journal*. 2015. (1): 8.  
[Колмаз Ю.Т., Ракойд А.О., Проценко Л.Д., Легка О.В. Оцінювання процесів деградації земель та опустелювання: світовий та вітчизняний досвід. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 1. С. 8–21.]
10. *National report on the state of soil fertility in Ukraine*. (Kyiv: VIK-PRINT, 2010).  
[Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. К.: ТОВ «ВИК-ПРИНТ», 2010.]
11. Baluk S.A., Medvedev V.V., Miroschnichenko M.M. Management of the soil and land resources - government support. *Visnyk of Agrarian Science*. 2009. (4): 10.  
[Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошніченко М.М. Управлінню ґрунтово-земельними ресурсами — державну підтримку. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 4. С. 10–12.]
12. Bulygin S.Y., Nearing M.A. *Formation of ecologically balanced landscapes: the problem of erosion*. (Kharkiv: Eney, 1999).  
[Бульгін С.Ю., Нейрарінг М.А. *Формирование экологически сбалансированных ландшафтов: проблема эрозии*. Х.: Эней, 1999.]
13. Sitnik V.P., Bezugly M.D., Zarishnyak A.S. *The concept of the soil protection in Ukraine*. (Kharkiv, 2008).  
[Ситник В.П., Безуглий М.Д., Заришняк А.С. та ін. *Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні*. Х.: Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського, 2008.]
14. *The strategy of sustainable use, restoration and management of land resources of Ukraine*. (Eds. Baluk S.A., Medvedev V.V.). (Kyiv: Agricultural Science, 2012).  
[*Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України*. (За ред. С.А. Балюка і В.В. Медведєва). К.: Аграр. наука, 2012.]

15. Tarariko O.G., Syrotenko O.V., Ilyenko T.V., Kuchma T.L. Sustainable management of natural resource potential of agrosphere in Ukraine on the principles of the Rio Conventions. *Agroecology Journal*. 2015. (1): 21.  
[Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Збалансоване управління природно-ресурсним потенціалом агросфери України за принципами Конвенцій Ріо. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 1. С. 21–36.]
16. Bezugly M.D., Baluk C.A., Truskavetsky R.S. Soil and its fertility in the legal framework of land market relations. *Visnyk of Agrarian Science*. 2012. (5): 5.  
[Безуглий М.Д., Балюк С.А., Трускавецький Р.С. Ґрунти та їхня родючість у правовому полі земельно-ринкових відносин. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 5. С. 5–10.]
17. Novakovska I.O. Monitoring of agricultural land use. *Visnyk of Agrarian Science*. 2016. (4): 69.  
[Новаковська І.О. Моніторинг сільськогосподарського землекористування. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 4. С. 69–76.]
18. Voloshchuk M.D., Petrenko N.I., Yatsenko S.V. *Soil erosion in Ukraine: evolution, theory and practice*. (Kyiv, 2014).  
[Волощук М.Д., Петренко Н.І., Яценко С.В. *Ерозія ґрунтів в Україні: еволюція, теорія та практика*. К., 2014.]
19. Svetlichny A.A. Studies of water erosion of soils and modern problems of erosion. *Visnyk of Odesa National University. Geography and Geology*. 2008. **13**(6): 171.  
[Светличный А.А. Исследования водной эрозии почв и современные задачи эрозиоведения. *Вісн. ОНУ. Сер. Географ. та геолог. наук*. 2008. Т. 13, № 6. С. 171–177.]
20. Svetlichny A.A., Pyatkova A.V. Research, modeling and calculation of water erosion of soils. *Visnyk of Odesa National University. Geography and Geology*. 2015. **20**(1): 15.  
[Светличный А.А., Пяткова А.В. Исследования, моделирование и расчет водной эрозии почв. *Вісн. ОНУ. Сер. Географ. та геолог. наук*. 2015. Т. 20, № 1. С. 15–25.]
21. Svetlichny A.A., Cherny S.G., Shvebs G.I. *Erosiology: theoretical and applied aspects*. (Sumy, 2004).  
[Светличный А.А., Черный С.Г., Швец Г.И. *Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты*. Сумы: Университетская книга, 2004.]
22. Byndych T.Y. Remote determination of monitoring plots on erosion-prone lands. *Agroecology Journal*. 2014. (4): 38.  
[Биндич Т.Ю. Дистанційне визначення моніторингових ділянок на ерозійно небезпечних землях. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 4. С. 38–44.]
23. Truskavetsky S.R., Vyatkin K.V., Sherstiuk O.I. Monitoring of erosion processes according to the data of satellite observations. *Agroecology Journal*. 2015. (3): 60.  
[Трускавецький С.Р., Вяткін К.В., Шерстюк О.І. Моніторинг ерозійних процесів за даними космічного знімання. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 3. С. 60–65.]
24. Khotinenko O.M. Evaluation of soil degradation according to remote sensing data. *Soil Science and Agricultural Chemistry*. 2010. **3**: 64.  
[Хотиненко О.М. Оцінка деградації ґрунтів за даними дистанційного зондування Землі. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. збір. Спец. вип. Кн. 3*. Житомир: Рута, 2010. С. 64–66.]
25. Shvets O. Identifying potential hazards manifestation of erosion using GIS technology. *Modern Achievements in Geodetic Science and Production*. 2014. **27**: 137.  
[Швец О. Визначення потенційної небезпеки прояву ерозійних процесів за допомогою ГІС-технологій. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. Вип. 27. С. 137–140.]
26. Grekov V.A., Datsko L.V., Zhylykin V.A. *Guidelines for the protection of soils*. (Kyiv, 2011).  
[Греков В.О., Дацько Л.В., Жилкін В.А. та ін. *Методичні вказівки з охорони ґрунтів*. Держ. наук.-технол. центр охорони родючості ґрунтів Мінагрополітики та продовольства. К., 2011.]
27. Zyatkova L.K., Dement'ev V.N., Pyatkin V.P. *Complex hardware automated processing of aerospace information for solving geological problems. Methodical recommendations*. (Novosibirsk, 1986).  
[Зяткова Л.К., Демент'єв В.Н., Пяткін В.П. и др. *Комплексная аппаратурно-автоматизированная обработка аэрокосмической информации для решения геологических задач. Методические рекомендации*. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1986.]
28. Butenko E.V., Rogozenko G.V. Monitoring erosion processes and their environmental and economic assessment on agricultural lands. *Agrosvit*. 2011. (9): 20.  
[Бутенко Є.В., Рогозенко Г.В. Моніторинг ерозійних процесів та їх еколого-економічна оцінка на землях сільськогосподарського призначення. *Агросвіт*. 2011. № 9. С. 20–23.]
29. *National Atlas of the Ukraine* (Eds. Paton B.Ye., Rudenko L.G.). (Kyiv: Cartographiya, 2007).  
[*Національний атлас України*. (За ред. Б.Є. Патона, Л.Г. Руденка). К.: Картографія, 2007.]

30. Butenko E.V. *Ecological and economic evaluation of agricultural land use in market conditions*. (Kyiv, 2010).  
[Бутенко Є.В. *Еколого-економічна оцінка сільськогосподарських землекористувань у ринкових умовах*. К., 2010.]
31. [http://economics.lb.ua/state/2012/01/24/133287\\_izza\\_erozii\\_gruntov\\_ukraina.html](http://economics.lb.ua/state/2012/01/24/133287_izza_erozii_gruntov_ukraina.html)
32. Chumachenko O.M., Martin A.G. *Ecological and economic assessment of losses from degradation of land resources (for example, agricultural land)*. (Kyiv: Agrar Media Group, 2010).  
[Чумаченко О.М., Мартин А.Г. *Еколого-економічна оцінка втрат від деградації земельних ресурсів (на прикладі земель сільськогосподарського призначення)*. К.: Аграр Медіа Груп, 2010.]
33. [www.ndipvt.org.ua/konf6/1/1.htm](http://www.ndipvt.org.ua/konf6/1/1.htm)

Стаття надійшла 28.04.2017.

V.I. Lyalko<sup>1</sup>, L.A. Elistratova<sup>1</sup>, A.A. Apostolov<sup>1</sup>, V.M. Chekhniy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)

<sup>2</sup> Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)

#### ANALYSIS OF SOIL EROSION PROCESSES IN UKRAINE ON THE BASIS OF REMOTE SENSING OF THE EARTH

The degradation of soils is actual and important problem of the contemporary Ukraine and needs comprehensive scientific consideration to identify the set of causes clearly connected with the deterioration of soil quality and to determine the risks of degradation process evolution. On the basis of the digital elevation model (DEM) obtained by the space vehicle Shuttle (Shuttle Radar Topography Mission) the distribution map for index of intensity of erosion rugged relief (ER) is compiled and the potentially dangerous erosion areas are distinguished.

**Keywords:** soil erosion, remote sensing methods, digital elevation model DEM.