

УДК 631.4:631.459

**П'яткова А.В.**, канд. геогр. наук, доцент,  
**Кордіс А.В.**, студентка  
кафедра фізичної географії і природокористування  
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,  
вул. Дворянська, 2, Одеса-82, 65082, Україна

## ДО ПИТАННЯ ПРО ВЕРИФІКАЦІЮ ПРОСТОРОВО-РОЗПОДІЛЕНИХ МОДЕЛЕЙ ЗМИВУ ҐРУНТУ

### Резюме

Розглянута проблема перевірки адекватності просторово-розподіленої ГІС-реалізованої моделі змиву-акумуляції ґрунту, розробленої на кафедрі фізичної географії та природокористування Одеського національного університету імені І.І. Мечникова, на основі даних польових вимірів механічного зціплення ґрунту та потужності гумусового горизонту для ділянки схилу балки Лабушна (учбовий стаціонар «Кринички», Балтський район, Одеської області).

**Ключові слова:** ґрунти, водна ерозія, просторове розподілення, верифікація, ГІС-модель змив, акумуляція.

### Вступ

Водна ерозія ґрунтів є найнебезпечнішим деградаційним процесом, який у кінцевому результаті призводить до формування бедлендів та спустелювання території. Одним з шляхів вирішення проблеми оптимізації використання ерозійнонебезпечних земель є створення адекватної моделі змиву ґрунту, яка враховує нестационарність процесу водної ерозії. Докладний огляд існуючих на сьогоднішній день моделей змиву ґрунту, частина з яких використовується для рішення різноманітних задач з природокористування, зроблений, наприклад, у [6]. Тому *провідною метою* статті є виконати дослідження верифікації просторово розподілених моделей змиву ґрунту в фізико-географічних умовах Причорноморської низовини, при ерозійно-денудаційному розчленуванні рельєфу та посушливого степу.

Сучасний рівень розвитку геоінформаційних технологій, геостатистичної обробки інформації та методів польових досліджень дають можливість виконувати просторове моделювання окремих факторів водної ерозії і змиву ґрунту для різних за масштабом територій, включаючи окремі схилі ділянки. Але існує проблема верифікації таких моделей, тобто перевірки їх адекватності на основі даних польових досліджень. Отже, тема статті є *актуальною*.

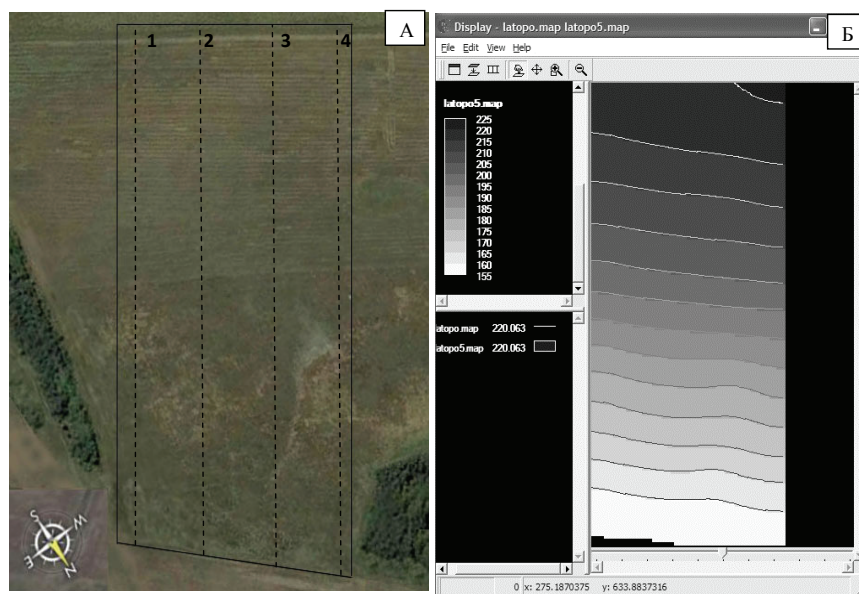
В останні десятиліття перерозподіл наносів по площі оцінюється з використанням методів магнітного та радіоцезієвого трасерів, що отримали досить широке розповсюдження [1, 2]. Розроблена на кафедрі фізичної географії та

природокористування ГІС-реалізована просторова модель змиву ґрунту верифікована з використанням вище наведених методів [7].

Оцінити адекватність просторової моделі змиву ґрунту представляється можливим і на основі співставлення розрахункових даних із вимірними у польових умовах окремими чинниками ерозії ґрунту, наприклад, протиерозійною стійкістю ґрунту, товщиною гумусового горизонту тощо. *Об'єктом* роботи є посушливий степ Причорноморської низовини. *Предметом* даної статті є верифікація ГІС-реалізованої просторової моделі змиву-акумуляції ґрунту з використанням даних польових досліджень механічного зціплення ґрунту як характеристики його протиерозійної стійкості та товщини гумусового горизонту як характеристики ступеню його змитості. Висновки роботи дозволяють більш досконало використовувати сільськогосподарські угіддя, що визначає *практичне значення* роботи.

### Матеріали та методи дослідження

Оцінка адекватності просторової моделі змиву ґрунту виконувалась на схилі балки північно-східної експозиції. Вона розташована у межах північної частини Причорноморської низовини (учбовий стаціонар «Кринички» ГГФ ОНУ, Балтський район, Одеська область), на самій крайці лісостепової зони. Ділянка має площу 18 га, довжину близько 700 м, пересічний нахил 7-8°, опукло-увігнуту форму (рис.1).



— межі ділянки в 1 см 20 м  
 1 профілі та їх номери

Рис. 1. Космічний знімок (А) та цифрова модель рельєфу (Б) ділянки схилу балки Лабушина північно-східної експозиції.

Ґрунтовий покрив тут представлений чорноземами реградованими легко глинистими, на лесоподібних суглинках різного ступеню змитості. Майже вся площа ділянки розорюється і використовується під посіви зернових, соняшника, сої тощо. Періодично ділянку лишують під перелогами.

На схилі протягом теплого періоду 2003 та 2004 рр. були виконані виміри механічного зціплення ґрунту. Це є однією з характеристик протиерозійної стійкості ґрунту, яка використовується у таких моделях змиву, як LISEM та EUROSEM [8, 9]. Вздовж схилу були закладені 4 профілі (рис. 1 А), по яких на кожних 30 м відстані здійснювались виміри механічного зціплення з використанням портативного торвейну, тарованого у  $кг/см^2$ . Особливості проведення вимірів представлені у [3]. Такий метод вимірювання характеристики протиерозійної стійкості є привабливим своєю відносно малою трудомісткістю. В результаті проведених вимірів отримані дані просторового розподілу механічного зціплення ґрунту [3, 4].

У межах даної ділянки також виконано детальну ґрунтову зйомку, в результаті якої отримані дані по товщині гумусового горизонту у межах нижньої, середньої та верхньої третин схилу та привододільної поверхні вздовж профілів, представлених на рис. 1 А. Змив ґрунту оцінювався з використанням ГІС-реалізованої просторової моделі змиву-акумуляції ґрунту, що враховує значну просторову неоднорідність всіх факторів змиву-акумуляції у межах схилувих ділянок. Модель реалізована у середовищі геоінформаційного пакету *PCRaster* з використанням мови програмування високого рівня *Visual Basic*. Більш докладно модель представлена в роботах [4, 5].

Вхідними даними для розрахунків є цифрова модель рельєфу, побудована на основі топографічних карт (масштабу 1:25 000 та 1:10 000) з коміркою растру 5 м та січенням горизонталей 5 м. Також залучалася ґрунтова карта, створена з використанням даних польової ґрунтової зйомки, дані вологості верхнього півметрового шару ґрунту та значення гідрометеорологічного фактору зливого та весняного змиву ґрунту, отримані за відповідними картами та польовим контролем [6].

### Результати та їх аналіз

На рис. 2 представлена карта просторового розподілу норми річного змиву ґрунту для ділянки схилу північно-східної експозиції балки Лабушна, створена з використанням просторової моделі змиву-акумуляції ґрунту. Треба відмітити, що на тлі суцільного нерівномірного розподілу розрахованого змиву ґрунту на ділянці чітко спостерігається чергування смуг підвищених та понижених значень змиву. Від'ємні значення (акумуляція) характерні для підніжжя схилу – зони найбільш помітного перегибу рельєфу.

Співставлення розрахованих значень річної норми змиву ґрунту, знятих з карти, із нормованими відносно середнього за два періоди досліджень по площі механічного зціплення ґрунту значеннями в цілому показують непогану їх

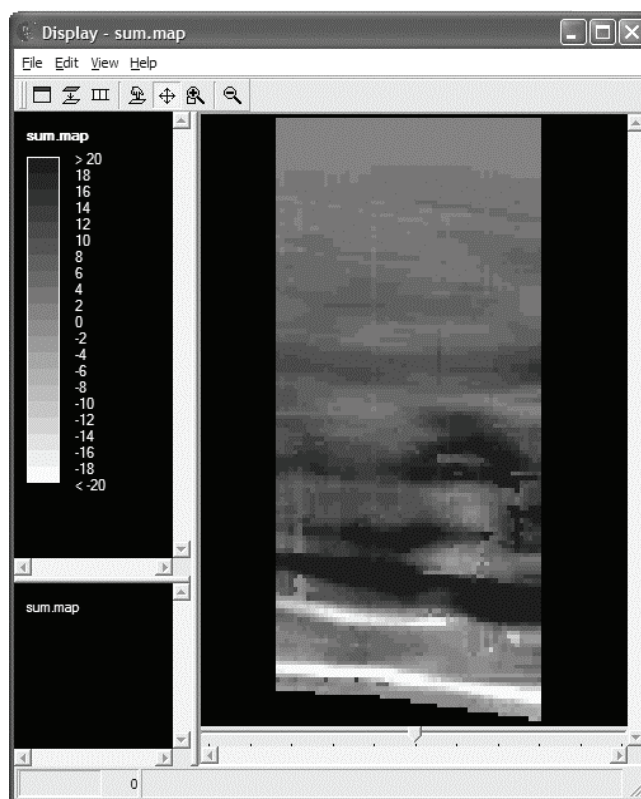


Рис. 2. Карта норми річного змиву-акумуляції ґрунту для ділянки схилу балки Лабушна північно-східної експозиції

відповідність (рис. 3). Згідно представлених графіків у більшості випадків, особливо у верхній та середній частині ділянки схилу (зниження схилу на рисунку зліва направо), спостерігається зниження змиву ґрунту при відносно високих значеннях зціплення та підвищення розрахованого змиву при зниженні зціплення.

Співставлення розрахованої норми річного змиву ґрунту із товщиною гумусового горизонту, представленою у вигляді нормованих значень відносно товщини незмитого ґрунту на вододільній поверхні, для даної ділянки – становить майже 80 см. Воно показало також достатньо тісний зворотний

зв'язок між цими двома величинами (рис. 4). Отже, на прикладі, що наводиться, підтверджується закономірність: чим більше поверхневий змив, тим меншою є товщина гумусового горизонту.

Таким чином, розрахунки змиву ґрунту з використанням просторової ГС-реалізованої моделі характеризуються достатньо високою достовірністю і сама модель може вважатися адекватною реальному процесу змиву-акумуляції.

### Висновки

Виконана перевірка адекватності просторово-розподіленої ГС-реалізованої моделі змиву-акумуляції ґрунту з використанням даних польових вимірів механічного зціплення ґрунту, як характеристики його протиерозійної стійкості, та потужності гумусового горизонту у межах схилової ділянки балки Лабушна показала досить високу адекватність даної моделі та високу достовірність результатів, отримуваних з її використанням.

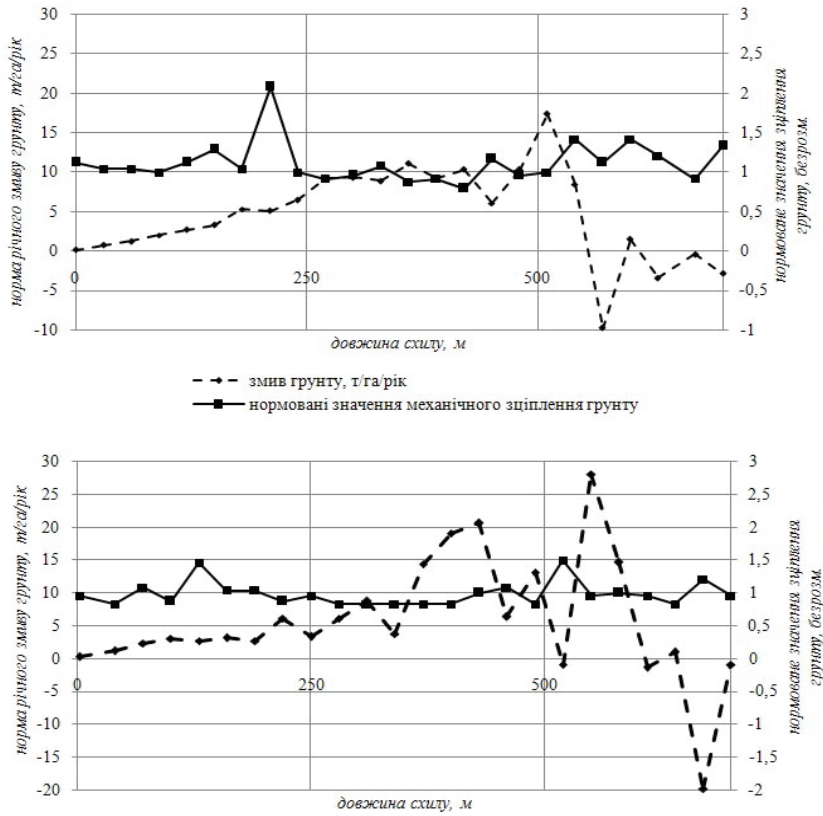


Рис. 3. Графіки зміни вздовж профілів 1 (зверху) та 3 (знизу) розрахованого змиву ґрунту та механічного зціплення

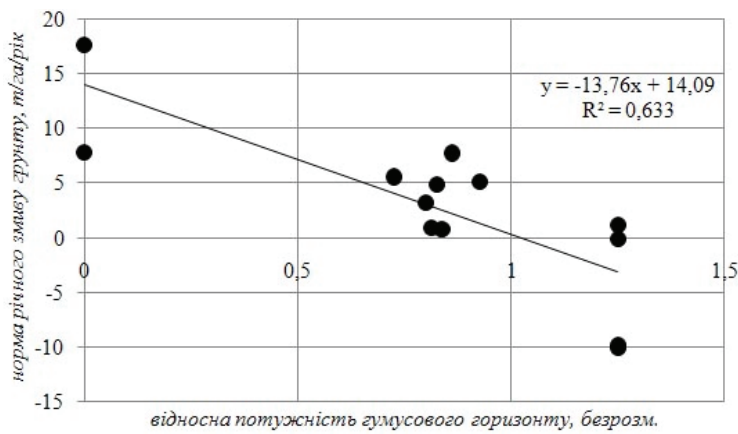


Рис. 4. Зв'язок між розрахованою нормою річного змиву ґрунту та відносною потужністю гумусового горизонту

Стаття надійшла до редакції 15 червня 2014 р.

### Список використаної літератури

1. *Беляев В. Р.* Использование  $^{137}\text{Cs}$  для оценки современной агрогенной трансформации почвенного покрова в районах Чернобыльского загрязнения / *Беляев В. Р., Маркелов М. В., Голосов В. Н., Бонте Ф., Иванова Н. Н.* // Почвоведение. – 2003. – № 7. – С. 876-891.
2. *Жидкин А. П.* Оценка эрозионных процессов методом магнитного трассера в почвах малого водосбора в Курской области / *Жидкин А. П.* // География и природные ресурсы. – 2010. – №1. – С. 149-156
3. *Иванова А.В.* Пространственные закономерности характеристик противозерозионной стойкости почв / *Иванова А.В.* // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. – Серия география. – 2003. – Т. 16. – №1. – С. 81-85.
4. *Пяткова А.В.* Особенности моделирования водной эрозии с учетом пространственной изменчивости ее факторов / *Пяткова А.В.* // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. Міжвід. наук. збірник України. – Вип. 50. – Ч. II. – Одеса: Вид. “Екологія”, 2008. – С.437-442.
5. *П'яткова А.В.* Просторова ГІС-реалізована модель зливогого змиву-аккумуляції ґрунту / *П'яткова А.В.* // Вісник ОНУ. – Серія географічні та геологічні науки. – Том 15. – Вип. 13. – 2010. – С. 162-172.
6. *Светличный А. А.* Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты / *Светличный А. А., Черный С. Г., Швебс Г. И.* – Сумы: ВТД «Университетская книга», 2004. – 410 с.
7. *Светличный А.А.* Проблема верификации пространственно-распределенных математических моделей водной эрозии почв/ *Светличный А.А., Пяткова А.А., Плотницкий С.В., Голосов В.Н., Жидкин А.П.* – Вісник ОНУ. – Серія географічні та геологічні науки. – Том 19. – Вип. 3(19). – 2013. – 38-49.
8. *De Roo A. P. J.* LISEM: A physically-based hydrological and soil erosion model incorporated in a GIS / *De Roo A. P. J., Wesseling C. G., Cremers N. H. D. T., Offermans R. J. E., Ritserma C. J., Van Oostindie K.* // J. J. Harts, H. F. L. Ottens, H. J. Scholten (eds), EGIS / MARY'94 Conference Proceedings. – Utrecht/Amsterdam: EGIS Foundation, 1994. – P. 207-216.
9. *Morgan R.P.C.* The European soil erosion model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments / *Morgan R.P.C., Quinton J.N., Smith R.E., Govers G., Poesen J.W.A., Auerswald K., Chisci G., Torri D., Styczen M.E.* // Earth Surface Processes and Landforms. – 1998, Vol. 23. – P. 527-544.

### References

- [1] V. R., Markelov M. V., Golosov V. N., Bonte F., Ivanova N. N. 2003. Ispol'zovanie  $^{137}\text{Cs}$  dlya ocenki sovremennoj agrogennoj transformacii pochvennogo pokrova v rajonah Chernobyl'skogo zagryazneniya. Pochvovedenie. (7): 876-891.
- [2] Zhidkin A. P. 2010. Ocenka `erozionnyh processov metodom magnitnogo trassera v pochvah malogo vodosbora v Kurskoj oblasti. Geografiya i prirodnye resursy. (1): 149-156.
- [3] Ivanova A. V. 2003. Prostranstvennyye zakonornosti harakteristik protivo `erozionnoj stojkosti pochv. Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional' nogo universiteta im. V.I.Vernad'skogo. Seriya geografiya. T. 16 (1): 81-85.
- [4] Pyatkova A. V. 2008. Osobennosti modelirovaniya vodnoj `erozii s uchetom prostranstvennoj izmenchivosti ee faktorov. Meteorologiya, klimatologiya ta gidrologiya. Mizhvid. nauk. zbirnik Ukraini. Vip. 50. Ch. II. 437-442. Odesa: Vid. "Ekologiya".
- [5] P'yatkova A. V. 2010. Prostorova GIS-realizovana model' zlivovogo zmivu-akumulyacii rruntu. Visnik ONU. Seriya geografichni ta geologichni nauki. T. 15 (13): 162-172.
- [6] Svetlichnyj A. A., Shvebs G. I., Chernyj S. G. 2004. Eroziovedenie: teoreticheskie i prikladnye aspekty. Sumy: VTD «Universitetskaya kniga».
- [7] Svetlichnyj A.A., Pyatkova A.A., Plotnickij S.V., Golosov V.N., Zhidkin A.P. 2013. Problema verifikacii prostranstvenno-raspredelelynyh matematicheskikh modelej vodnoj `erozii pochv. Visnik ONU. Seriya geografichni ta geologichni nauki. Tom 19 (3 – 19): 38-49.
- [8] De Roo A. P. J., Wesseling C. G., Cremers N. H. D. T., Offermans R. J. E., Ritserma C. J., Van Oostindie K. 1994. LISEM: A physically-based hydrological and soil erosion model incorporated in a GIS. EGIS / MARY'94 Conference Proceedings. 207-216. Utrecht / Amsterdam: EGIS Foundation.
- [9] Morgan R.P.C, Quinton J.N., Smith R.E., Govers G., Poesen J.W.A., Auerswald K., Chisci G., Torri D., Styczen M.E. 1998. The European soil erosion model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. Earth Surface Processes and Landforms. v. 23: 527-544.

Стаття надійшла до редакції \_\_\_\_\_

**Пяткова А.В.**, канд. геогр. наук, преподаватель,  
**Кордис А.В.**, студентка  
кафедра физической географии и природопользования  
Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова,  
ул. Дворянская, 2, Одесса-82 65082, Украина

## К ВОПРОСУ О ВЕРИФИКАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ СМЫВА ПОЧВ

### Резюме

Рассмотрена проблема проверки адекватности пространственно-распределенной ГИС-реализованной модели смыва-аккумуляции почвы, разработанной на кафедре физической географии и природопользования Одесского национального университета им. И.И.Мечникова, на основе данных полевых измерений механического сцепления почвы и мощности гумусового горизонта для участка склона балки Лабушная (учебный стационар «Кринички» в Балтском районе, Одесской области).

**Ключевые слова:** водная эрозия почв, пространственно-распределенная ГИС-реализованная модель смыва-аккумуляции, механическое сцепление почвы, балка Лабушная.

**Ryatkova A.V.**, PhD Geography, Ass. Prof.  
**Kordis A.V.**, student-bachelor

## TO THE QUESTION OF VERIFICATION OF SPACE-DISTRIBUTED SOIL EROSION MODELS

### Abstract

**Purpose.** Water soil erosion is one of the most dangerous process which eventually leads to a loss of soil fertility and landscape degradation. The solution to this problem lies in the creation of mathematical models of adequate soil flushing. The current level of geographic information technologies make it possible to perform spatial modeling of soil erosion for different scale areas. To estimate adequacy of spatial model of soil washing off is possible on the basis of comparison of calculation information with the separate factors of erosion of soil measured in the field terms.

**Methodic.** The estimation of adequacy of spatial model of soil washing off was executed on the slope of beam of north-eastern display, within the south part of Podol'ska hills. The soil washing off was estimated using spatial GIS-realized model of water erosion losses and accumulation of soil, developed on the department of physical geography and nature use of the National Mechnikov's University of Odessa, [physgeo\\_onu@ukr.net](mailto:physgeo_onu@ukr.net)

**Finding.** Comparison of the calculated values of annual rate of soil erosion, taken from digital maps of normalized relative to the average for the two periods of research in the area of mechanical cohesion soil values generally show good correspondence of. And comparison of calculated annual soil erosion standards of humus horizon showed also close enough to reverse connection between these two sizes.

**Results.** Checking of the adequacy of spatially distributed GIS model of soil flush-accumulation using data from field measurements of some factors of soil erosion showed sufficiently high adequacy of this model.

**Keywords:** water soil erosion, spatially distributed GIS model of soil flush-accumulation, mechanical cohesion of soil, Labushnaya beam.