

УДК 631.459:551.3(477.82)

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.25>

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ДИНАМІКА ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ В МЕЖАХ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Матвійчук Б.В. – к.с.-г.н., старший викладач кафедри біоресурсів,
аквакультури та природничих наук,

Поліський національний університет

Матвійчук Н.Г. – к.с.-г.н., завідувач вимірювальної лабораторії

Навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища,
Поліський національний університет

Висвітлено рівень ерозійних втрат ґрунтового покриву у межах Волинської області. Встановлено, що найвищий рівень втрат спостерігається у південних і центральних регіонах області. Східні, північні та західні регіони характеризуються значно меншою активністю водної ерозії. Навіть у межах територій, де загальний рівень ерозійних процесів знаходиться на порівняно низькому рівні, зустрічаються осередки високої ерозійної активності. За результатами метеорологічних спостережень за період досліджень річні опади склали 652 ± 11 мм. Відмінності за річною кількістю опадів за 2002-2009 та 2010-2016 роки не є статистично вірогідними ($F = 0.27, p = 0.60$). Між метеорологічними станціями встановлені статистично вірогідні відмінності за кількістю зафіксованих річних опадів ($F = 2.79, p < 0.02$).

Просторові особливості випадіння опадів у двох досліджених періодах є подібними з певними кількісними особливостями. Загальною особливістю є максимум опадів на південному заході та меншою мірою – на сході регіону. Мінімум опадів характерно для західної частини регіону. Особливість другого періоду досліджень полягає у нарощуванні контрастності режиму випадіння опадів, коли мінімальні значення опадів зменшуються, а максимальні – збільшуються. Тому проблема водної ерозії є актуальною в межах усієї Волинської області.

Найбільший рівень ерозійних втрат встановлений для чорноземів глибоких середньосуглинистих (у середньому $1,52$ т/га за рік), темно-сірих опідзолених ґрунтів (у середньому $1,18$ т/га за рік) і для ясно-сірих опідзолених ґрунтів (у середньому $1,06$ т/га за рік). Найменший рівень ерозійних втрат спостерігався у болотних і торфувато-болотних ґрунтах на різних породах (у середньому $0,06$ т/га за рік), лучно-болотних ґрунтах на делювіальних та алювіальних відкладах (у середньому $0,08$ т/га за рік) та торфовищах низинних і торфово-болотних ґрунтах (у середньому $0,12$ т/га за рік).

Ключові слова: ерозія, ґрунт, деградаційні процеси, метеорологічні умови, клімат, кластерний аналіз.

Matviichuk B.V., Matviichuk N.H. Spatial-temporal dynamics of water erosion within Volyn region

The level of soil erosion losses within the Volyn region is highlighted. It is established that the highest level of losses is observed in the southern and central areas of the region. Eastern, northern and western regions are characterized by much less water erosion activity. Even within the territories where the general level of erosion processes is at a relatively low level, there are centers of high erosion activity. According to the results of meteorological observations during the study period, the annual precipitation was 652 ± 11 mm. Differences in annual precipitation for 2002-2009 and 2010-2016 are not statistically significant ($F = 0.27, p = 0.60$). Statistically significant differences in the amount of recorded annual precipitation were found between meteorological stations. ($F = 2.79, p < 0.02$).

Spatial features of precipitation in the two studied periods are similar with certain quantitative features. A common feature is the maximum precipitation in the southwest and to a lesser extent in the east of the region. The minimum precipitation is typical for the western part of the region. The peculiarity of the second period of research is to increase the contrast of precipitation, when the minimum values of precipitation – decrease, and the maximum – increase. Therefore, the problem of water erosion is relevant throughout the Volyn region.

The highest level of erosion losses is established for humus of deep medium loamy (on average $1,52$ t/ha per year), dark gray podzolic soils (on average $1,18$ t/ha per year) and for light gray

podzolic soils (on average 1,06 t/ha per year). The lowest level of erosion losses was observed in swampy and peat-swamp soils on different rocks (average 0,06 t/ha per year), meadow-swamp soils on deluvial and alluvial deposits (average 0,08 t/ha per year) and peatlands of lowland and peat-swamp soils (on average 0,12 t/ha per year).

Key words: *erosion, soil, degradation processes, meteorological terms, climate, cluster analysis.*

Постановка проблеми. Надмірне навантаження на оброблювані землі у минулому, нераціональне і безсистемне використання земель у сучасних трансформаційних умовах зумовило значні деградаційні процеси. За даними Держкомзему України, ерозією охоплено близько 10,5 млн га, або 30% орних земель. Сучасний стан земельного фонду країни ґрунтознавці оцінюють як кризовий [1].

Проблема деградації ґрунтів – одна із найактуальніших проблем сьогодення [2]. Наслідком деградації ґрунтів є погіршення їх агрономічних властивостей і зменшення родючості як результат дії природних та антропогенних факторів [3]. Винесення з еродованим ґрунтом гумусу і поживних речовин призводить до погіршення його фізичних властивостей і зниження родючості [2; 4]. На еродованих землях спостерігається зменшення урожайності сільськогосподарських культур у середньому на 10-60% і збільшення витрат на їх агромеліорацію [5]. Крім того, поступово відбувається абсолютне зменшення обсягів земельних ресурсів, які є основним засобом виробництва у землеробстві [6].

Внаслідок ерозії відбувається зниження і втрата біологічної та економічної продуктивності, а також структури орних земель [2; 7]. Втрата біологічного різноманіття негативно впливає на перебіг ерозійних процесів [8]. Інтенсифікація та поширення на великій території ерозійних процесів призводять до деградації ґрунтів, що спричиняє значні збитки в сільському господарстві, а також ставить під загрозу стійкий розвиток людства. Процеси водної та вітряної ерозії мають найбільше значення серед процесів деградації ґрунтів [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідність агроекологічного зонування земель України об'єктивно викликана великим розмаїттям природних і господарських умов [9]. Територія країни має велику протяжність у широтному (із заходу на схід на 1300 км від 22 до 40° східної довготи) і меридіанному (з півночі на південь майже на 900 км від 52 до 45° північної широти) напрямках і характеризується значною варіативністю умов для ведення сільського господарства [10].

В Україні гостро відчувається проблема відсутності досконалої інформаційної, нормативної та організаційно-функціональної системи, яка б регламентувала і реально забезпечувала науково обґрунтоване використання земель в умовах реформування сільського господарства, реструктуризації землеволодінь, появи багатьох нових землекористувачів і землевласників, зростання конкуренції за земельні ресурси через урбанізацію, транспорт, інші несільськогосподарські використання. В Україні складання ґрунтових планів, обґрунтування використання земель та агротехніки на низовому рівні здійснювалося на підставі суцільного обстеження земельного фонду колгоспів і радгоспів, яке проводилося у 1957-1961 роках, тобто близько 60 років тому [10]. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва призводить до зростаючого зменшення кількості та розмірів меж полів.

Методи досліджень. RUSLE є методом, який широко застосовується у світі для прогнозування тривалих рівнів ерозії від рівня окремого поля до просторового рівня географічної зони. Основне припущення RUSLE полягає у тому, що

відшарування та осадження контролюються вмістом осаду в потоці [11]. Еродований матеріал не обмежений джерелом, але ерозія обмежена вантажопідйомністю потоку. Коли навантаження осаду досягає вантажопідйомності потоку, відшарування вже не може відбуватися. Осадження повинно відбуватися під час відступаючої частини гідрографа, оскільки швидкість потоку зменшується [12].

У нашому дослідженні метод RUSLE був використаний для оцінки щорічних втрат ґрунту. RUSLE був розроблений для прогнозування строкових середніх річних втрат ґрунту. Сучасний комп'ютерний інтерфейс дозволяє легко використовувати цей метод, який використовує фізично значущі вхідні значення, широко доступні в існуючих базах даних або які можуть бути легко отримані з DEM і супутникових зображень [12]. RUSLE – це найкраща доступна модель практичного прогнозування ерозії, яку можна легко застосувати на місцевому або регіональному рівнях. Багато параметрів (нахил, аспект), отриманих від DEM і LULC (ландшафтний покрив типів землекористування) із супутникових знімків, можна легко інтегрувати з RUSLE [11].

Недоліком RUSLE є те, що він не має можливості для маршрутизації осаду по каналах, отже його застосування обмежене ділянками певного розміру. Тому модель у вихідному вигляді не може бути застосована до дуже великого вододілу. RUSLE застосовується шляхом подання басейну як сітки квадратних осередків і обчислення ерозії ґрунту для кожної клітини. RUSLE [12] обчислює середньорічну ерозію, очікувану на схилах поля, використовуючи рівняння:

$$A = R + K + LS + C + P, \quad (1)$$

де A – обчислені просторові середні втрати ґрунту та середні часові втрати ґрунту на одиницю площі, виражені в одиницях, вибраних для K , за період, вибраний для R . На практиці вони здебільшого вибираються так, що A виражається в тоні на гектар на 1 рік ($t \text{ га}^{-1}/\text{рік}$); R – коефіцієнт ерозивності опадів-стоків – показник ерозії опадів плюс коефіцієнт для будь-якого значного стоку від танення снігу, виражений у МДж $\text{мм га}^{-1} \text{ год}^{-1}$ на рік; K – коефіцієнт ерозивності ґрунту – коефіцієнт втрат ґрунту на одиницю індексу ерозії для визначеного ґрунту, вимірний на стандартній ділянці, який визначається як 22,1-метрова довжина рівномірного 9%-го схилу в чистому оброблюваному падинні, виражена в $t \text{ га}^{-1} \text{ МДж мм}^{-1}$; L – коефіцієнт довжини схилу – відношення втрат ґрунту від довжини схилу поля до втрат ґрунту з довжиною 22,1 м при однакових умовах; S – коефіцієнт крутості схилу – відношення втрат ґрунту від градієнта схилу поля до втрат ґрунту із 9%-го схилу за інших ідентичних умов; C – коефіцієнт управління покриттям – відношення втрат ґрунту з площі із заданим покриттям та управлінням до втрат ґрунту з ідентичної площі при оброблюваному безперервному переломі; P – коефіцієнт практичної підтримки – це співвідношення втрат ґрунту з такою підтримкою, як контур, стрижка смуг або терасування до втрат ґрунту при прямолінійному землеробстві угору та вниз по схилу.

L і S фактори позначають безрозмірний вплив довжини і крутості схилу, а C і P – безрозмірний вплив систем обрізання та управління, практик контролю ерозії. Загалом параметри рівняння RUSLE були згруповані у три класи: ерозивність, чутливість до ерозії та фактори управління. Усі ці параметри визначалися з геоморфологічних і кліматичних характеристик [11].

Виклад основного матеріалу дослідження. Рельєф впливає на характер сільськогосподарського виробництва. Безпосередньо рельєф впливає на розміщення орних земель, при використанні сільськогосподарської техніки. Місцеві кліма-

тичні умови, радіаційний і тепловий баланси території, її освітлення та зволоження також залежать від рельєфу певної місцевості [13]. У межах Волинської області спостереження за кліматичними умовами ведеться на шістьох метеостанціях, які знаходяться в межах Поліської, перехідної та Лісостепової зон.

За результатами метеорологічних спостережень за період досліджень річні опади склали 652 ± 11 мм. Відмінності за річною кількістю опадів за 2002-2009 та 2010-2016 роки не є статистично вірогідними ($F = 0.27$, $p = 0.60$). Між метеорологічними станціями встановлені статистично вірогідні відмінності за кількістю зафіксованих річних опадів ($F = 2.79$, $p < 0.02$). Найменша кількість опадів встановлена для метеостанцій Світязь (614 ± 24 мм) і Луцьк (616 ± 28 мм), найбільша – для метеостанцій Любешів (669 ± 30 мм) і Володимир-Волинський (660 ± 23 мм) (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка опадів (у мм) за результатами обліку на метеостанціях регіону в періоди 2002-2009 та 2010-2016 років

Місяць	Метеорологічна станція					
	Володимир-Волинський	Ковель	Луцьк	Любешів	Маневичі	Світязь
2002-2009 роки						
1	37.1	39.4	29.5	43.5	46.8	34.8
2	43.1	42.1	35.1	42.6	51.9	38.4
3	45.9	46.6	39.0	44.6	51.6	40.3
4	39.9	37.6	42.3	46.4	51.3	34.5
5	76.0	68.4	72.6	82.8	72.3	79.6
6	68.3	69.4	58.1	70.4	78.6	62.6
7	104.9	91.9	109.5	96.9	115.5	69.4
8	84.3	82.0	73.3	82.1	91.6	102.5
9	44.6	34.1	42.1	34.4	39.9	35.3
10	51.0	50.9	48.6	50.4	56.0	48.5
11	38.6	39.9	33.9	42.3	47.6	34.8
12	32.1	35.1	28.4	36.5	42.0	30.9
Усього	665.8	637.4	612.4	672.8	745.0	611.4
2010-2016						
1	56.0	51.1	45.4	51.9	58.4	49.0
2	30.7	25.4	26.4	29.3	31.1	28.7
3	37.3	31.4	28.0	31.7	37.4	34.3
4	40.1	41.3	37.9	41.3	51.1	49.9
5	78.1	78.3	76.7	77.7	84.4	73.0
6	89.3	83.6	74.4	69.4	75.1	68.6
7	72.7	60.7	96.6	77.0	76.9	79.7
8	70.4	59.9	65.0	77.4	68.4	58.6
9	55.9	69.3	49.6	63.7	69.0	50.0
10	41.0	36.6	38.6	41.4	37.3	39.3
11	38.0	39.6	37.0	52.0	51.1	42.7
12	42.7	44.3	44.3	51.9	60.4	43.6
Усього	652.3	621.4	619.9	664.7	700.9	617.3

Загальним трендом річної динаміки опадів є зростання їх кількості у період із травня по серпень (рис. 1). У період 2002-2009 років максимум опадів спостерігався у липні (мінорний локальний максимум спостерігався у травні), а в період 2010-2016 років максимум спостерігався у травні. Метеостанції Любешів, Маневичі та Світязь знаходяться у Поліссі. Для метеостанції Любешів у період 2002-2009 років характерним був максимум опадів у липні, який становив 97 мм. Варто зазначити про локальний максимум опадів у травні на рівні 83 мм. Для періоду 2010-2016 років характерним є зменшення інтенсивності опадів влітку до локального максимуму 77 мм. При цьому максимум спостерігається у травні та становив 78 мм. Також для цього періоду було характерне значне зниження кількості опадів наприкінці зими та на початку весни порівняно з попереднім періодом.

Подібною є динаміка опадів, зафіксована на метеостанції Маневичі. Максимум опадів спостерігався в період 2002-2009 років у липні та становив 115 мм. У період 2010-2016 років максимум у травні становив 85 мм. За даними метеостанції Світязь, наявність максимуму опадів у липні-серпні спостерігалася протягом усього досліджуваного періоду. Максимум опадів у період 2002-2009 років спостерігався у серпні та становив 103 мм. Максимум опадів у період 2010-2016 років спостерігався у липні та становив 80 мм.

Варто зазначити про наявність локальних максимумів опадів у травні. У перехідній зоні знаходиться метеостанція Ковель. Для періоду 2002-2009 років був встановлений максимум опадів у липні, який становив 92 мм. Для періоду 2010-2016 років максимум змістився на травень-червень стани овив 84 мм.

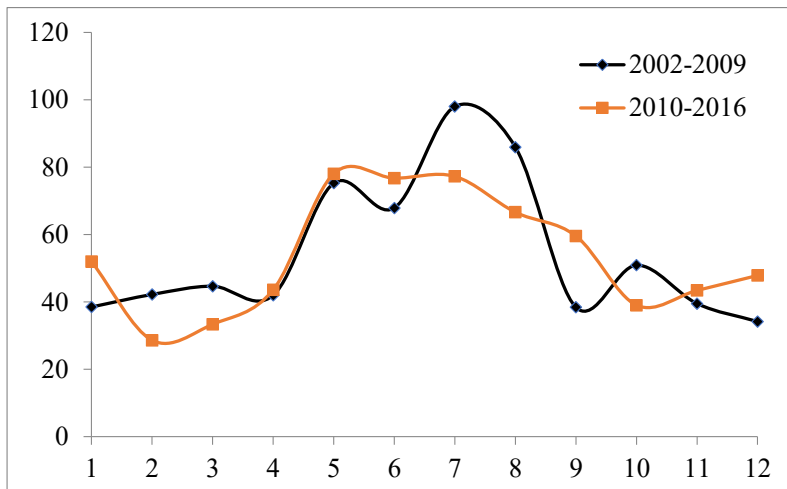


Рис. 1. Помісячна динаміка опадів за період 2002-2009 та 2010-2016 роки.

Ось абсцис – порядок місяців у році, ось ординат – опади, мм

Також локальний максимум був встановлений для липня. У Лісостеповій зоні розміщені метеостанції Володимир-Волинський і Луцьк. За спостереженнями, на метеостанції Володимир-Волинський у 2002-2009 роках був встановлений максимум опадів у липні, який становив 105 мм. Також необхідно зазначити про наяв-

ність локального максимуму у травні. Для періоду 2010-2016 років максимум опадів спостерігався у червні і становив 89 мм.

Для метеостанції Луцьк річний розподіл опадів характеризувався подібністю в обидва періоди з максимумом у липні та локальним максимумом у травні. Найбільша кількість опадів у 2002-2009 роках становила в середньому 110 мм, а у 2010-2016 роках – 97 мм. Загалом для регіону в річній динаміці випадіння опадів характерна наявність максимуму, який спостерігається наприкінці весни або на початку чи всередині літа.

Початковий період досліджень (2002-2009 роки) характеризувався наявністю максимуму влітку, а у другий період досліджень (2010-2016 роки) максимум здебільшого зсувався на більш ранній період. Це призводило до сполучення максимуму та локального максимуму разом, внаслідок чого спостерігався один стан екстремуму, який є більш тривалим у часі. Застосування просторових змінних і регресійних рівнянь для калібрування просторових даних дозволило зробити оцінку просторового варіювання опадів на дослідженій території (рис. 2).

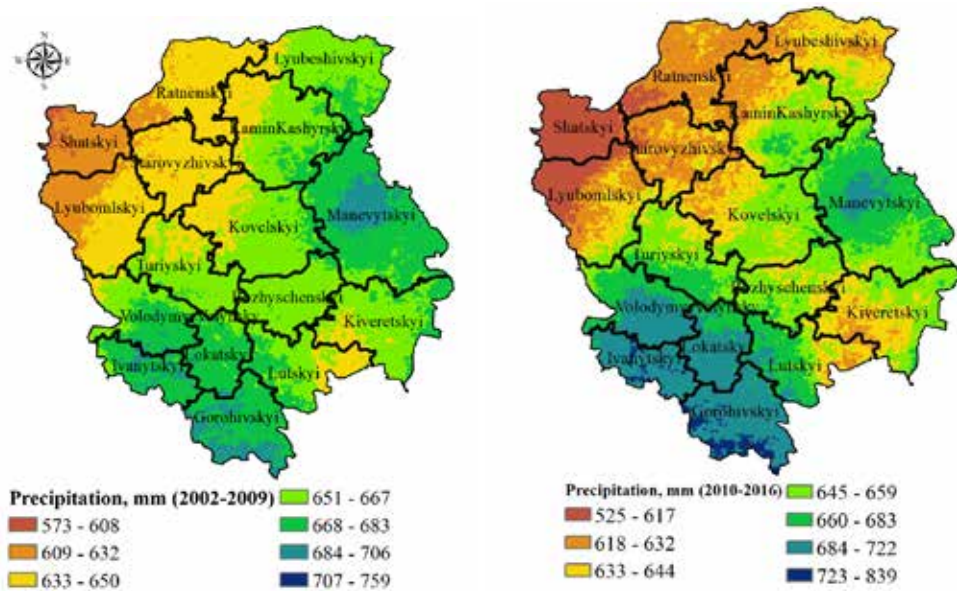


Рис. 2. Просторовий розподіл річних опадів

Просторові особливості випадіння опадів у двох досліджених періодах є подібними з певними кількісними особливостями. Загальною особливістю є максимум опадів на південному заході та меншою мірою – на сході регіону. Мінімум опадів характерний для західної частини регіону. Особливість другого періоду досліджень полягає у нарощуванні контрастності режиму випадіння опадів, коли мінімальні значення опадів зменшуються, а максимальні – збільшуються.

Два досліджених періоди (2002-2009 та 2010-2016 роки) характеризуються практично однаковим рівнем випадіння опадів. Відмінності між цими періодами стосуються зміни ритміки випадіння опадів протягом року та варіювання їх випадіння у просторі. Для першого періоду характерним є більш контрастний режим випадіння опадів у часі, що виражається в наявності менш тривалого діапазону

річного максимуму опадів, який відбувається влітку. У другий період цей діапазон стає більш тривалим, але амплітуда цього максимуму зменшується. Для другого періоду характерним є більш контрастний режим випадіння опадів у просторі. Зони максимумів і мінімумів опадів набувають більш чітких меж. Загальний просторовий патерн випадіння опадів та його динаміка протягом року є інваріантною особливістю дослідженої території.

Очевидно, що збільшення контрастності випадіння опадів у просторі або часі може спричиняти збільшення інтенсивності ерозійних процесів у межах, де інтенсивність опадів внаслідок цієї контрастності зростає. Тому безумовний інтерес полягає у дослідженні наслідків більшої просторової або часової контрастності режиму випадіння опадів для активізації водної ерозії. Кластерний аналіз процесу випадіння опадів по районах протягом року дозволив виділити три типових групи адміністративних районів – кластери (рис. 3).

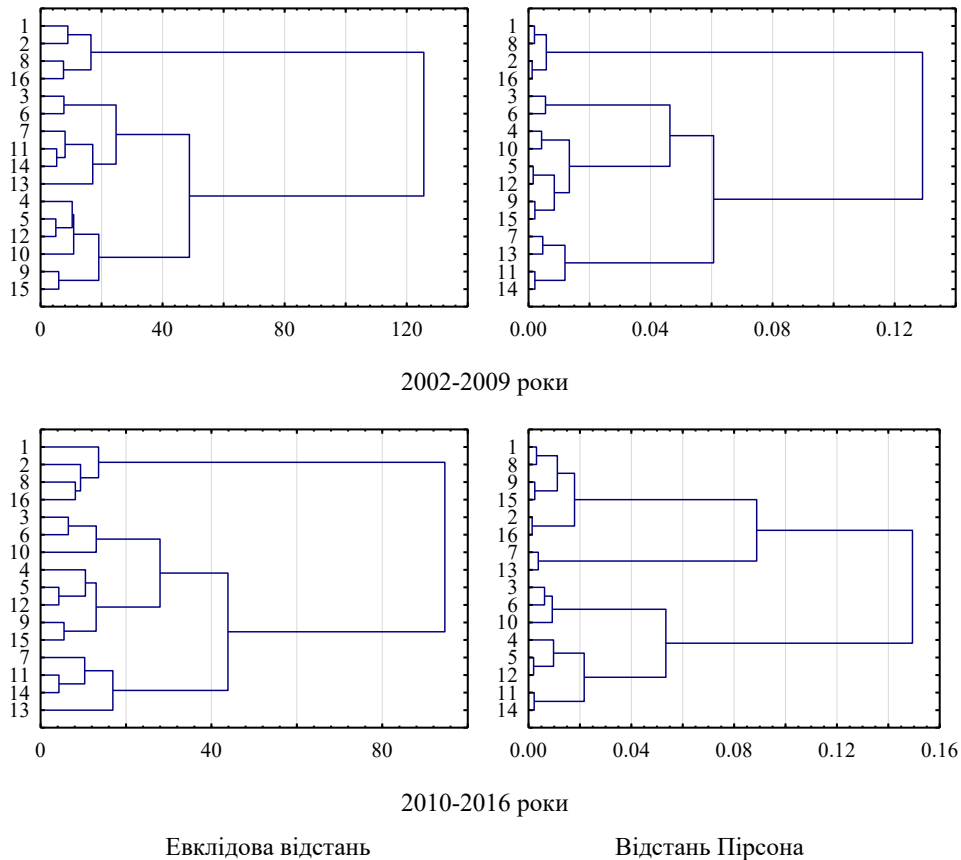


Рис. 3. Кластерний аналіз за методом Варда адміністративних районів Волинської області за річною динамікою випадіння опадів у період 2002-2009 та 2010-2016 років: 1 – Gorohivskiy; 2 – Ivanytskyi; 3 – Kamin Kashyrskiy; 4 – Kiveretskiy; 5 – Kovelskiy; 6 – Lyubeshivskiy; 7 – Lyuboml'skiy; 8 – Lokatskiy; 9 – Lutskiy; 10 – Manevytskyi; 11 – Ratnenskiy; 12 – Rozhyschenskiy; 13 – Shatskiy; 14 – Starovyzhivskiy; 15 – Turiyskiy; 16 – VolodymyrVolynskiy

Приналежність району до кластеру залежить не тільки від кількісної динаміки випадіння протягом року, яка характерна для відповідної території, але і від аспекту подібності, який взятий за основу для проведення процедури кластеризації. Для проведення кластеризації були застосовані відстань Евкліда та відстань на основі коефіцієнта кореляції Пірсона.

Метрика Евкліда є чутливою до абсолютної відстані у багатовимірному просторі ознак між досліджуваними об'єктами. У нашому випадку це абсолютні значення випадіння опадів протягом року по місяцях. Об'єкт буде з більшою ймовірністю класифікований як такий, що належить до певного кластеру за метрикою Евкліда, якщо кількість опадів по місяцях є подібною до цього показника для інших об'єктів відповідного кластеру. Метрика Пірсона є більш чутливою до форми розподілу величин, на основі яких здійснюють кластеризацію. Для характеристики форми можна розглядати швидкість зміни інтенсивності опадів у часі, яку кількісно необхідно оцінити за допомогою похідної.

Кластерні рішення для двох досліджених періодів часу на за двома метриками відстані є подібними, але характеризуються певними особливостями. Профільний розподіл опадів протягом року, який характерний для кожного кластеру, може надати можливості для змістовної їх інтерпретації (рис. 4). Кластер 1 характеризується певним переважанням кількості опадів практично протягом усього року з найбільшим зростанням цієї переваги у липні. Кластер 2 характеризується дуже близькими значеннями випадіння опадів, за винятком червня та липня, коли опади у межах цього кластеру є найменшими для досліджуваної території. Кластер 3 займає проміжне положення між кластерами 1 і 2.

Кластери, виділені на основі метрики Пірсона, більш чутливі до похідної від кривої перебігу інтенсивності випадіння опадів, тому для їх інтерпретації за основу взяті саме похідні. Кластер 1 характеризується найбільш інтенсивним зростанням випадіння опадів у липні порівняно з попереднім місяцем. Також для цього кластеру є характерним найбільш швидке зменшення кількості опадів у серпні. Кластер 1 – це території із найбільш контрастним режимом зволоження влітку. Для кластера 2 характерною є найбільша швидкість кількості опадів у вересні. Зменшення кількості літніх опадів у вересні є особливістю і кластера 3. Пік інтенсивності літніх опадів припиняється для кластеру 1 у серпні. Для кластера 3 характерний найбільш вирівняний перебіг змін інтенсивності опадів протягом року.

Кластери формують компактні просторові утворення, які загалом відповідають фізико-географічному районуванню території. Кластери, виділені за різними метриками, також можуть бути співставлені. Так, кластер 1 загалом пов'язаний із лісостеповими ландшафтами, кластер 2 – із Поліссям, кластер 3 – з перехідною зоною. Цей зв'язок є досить широким, що особливо підкреслюється варіюванням конфігурації кластерів у різні періоди досліджень.

Головною особливістю динаміки просторового розміщення кластерів, виділених на основі метрики Евкліда, є збільшення площі кластеру 3 за рахунок кластеру 2 у період 2010-2016 років порівняно із попереднім періодом. Площа кластеру 1 залишилася без змін. Очевидно, що ця трансформація у зоні переходу була зумовлена збільшенням опадів у червні та липні та зменшенням опадів у серпні, що впливає з особливостей випадіння кількості опадів у часі, які характерні для кластерів 2 і 3. Така обставина дуже важлива для розуміння динаміки ерозійного процесу, оскільки синхронізація спалахів інтенсивності випадіння опадів та щільності рослинного покриву і є найбільш важливими факторами, що впливають на водну ерозію.

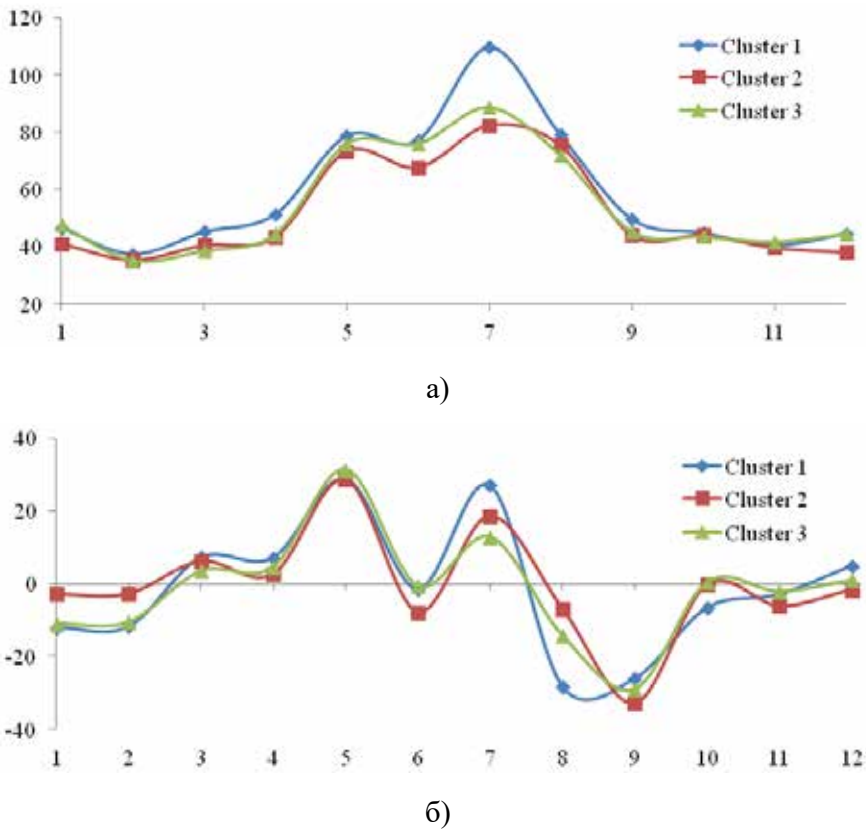


Рис. 4. Річна кількість опадів по місяцях у межах кластерів

Ось абсцис – порядок місяців у році; а) кластери, виділені на основі відстані Евкліда, ось ординат – опади, мм; б) кластери, виділені на основі відстані Пірсона; ось ординат – похідна від опадів (приріст порівняно з попереднім місяцем), мм/місяць

Висновки і пропозиції. Найбільший рівень ерозійних втрат ґрунту спостерігається у південних і центральних регіонах області. Східні, північні та західні регіони характеризуються значно меншою активністю водної ерозії. Навіть у межах територій, де загальний рівень ерозійних процесів знаходиться на порівняно низькому рівні, зустрічаються осередки високої ерозійної активності. Тому проблема водної ерозії є актуальною в межах усієї Волинської області.

Найбільший рівень ерозійних втрат встановлений для чорноземів глибоких середньосуглинистих (у середньому 1,52 т/га за рік), темно-сірих опідзолених ґрунтів (у середньому 1,18 т/га за рік) та для ясно-сірих опідзолених ґрунтів (у середньому 1,06 т/га за рік). Найменший рівень ерозійних втрат спостерігався у болотних і торфувато-болотних ґрунтах на різних породах (у середньому 0,06 т/га за рік), лучно-болотних ґрунтах на делювіальних та алювіальних відкладах (у середньому 0,08 т/га за рік), торфовищах низинних і торфово-болотних ґрунтах (у середньому 0,12 т/га за рік).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Santra P., Moharana P.C., Kumar M., Soni M.L., Pandey C.B., Chaudhari S.K., Sikka A.K. (2017) Crop production and economic loss due to wind erosion in hot arid ecosystem of India. *Aeolian Res* 28:71–82.
 2. Lang A. Bork HR. (2006) Past Soil Erosion in Europe. In: *Soil Eros. Eur.* John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. P. 463–476.
 3. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. (2015) A new European slope length and steepness factor (LS-factor) for modeling soil erosion by water. *Geosci* 5:117–126.
 4. Orgiazzi A., Panagos P. (2018) Soil biodiversity and soil erosion. It is time to get married. *Glob Ecol Biogeogr* 27:1155–1167.
 5. Thorne M.E., Young F.L., Pan W.L., Bafus R., Alldredge J.R. (2003) No-till spring cereal cropping systems reduce wind erosion susceptibility in the wheat / fallow region of the Pacific Northwest. *J Soil Water Conserv* 58:250–267.
 6. Пічура В.І. (2016) Геомодельовання водно-ерозійних процесів у басейні річки Дніпро. *Agroecol J* 4:66–75.
 7. Potapenko O., Kunah O.M., Fedushko M.P. (2019) The effect of technological oil spill in soil within electrical generation substations, analysed by ecological regime in the context of relief properties. *Biosyst Divers* 27:43–50.
 8. Arnold J.G., Srinivasan R., Mutiah R.S., Williams J.R. (1998) Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development. *J Am Water Resour Assoc* 34:73–89.
 9. Busari M.A., Kukul S.S., Kaur A., Bhatt R., Dulazi A.A. (2015) Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *Int Soil Water Conserv Res* 3:119–129.
 10. Міщенко Н.М., Гуменюк К.В. (2006) Оцінка потенціалу сільськогосподарських земель України за методологією агроекологічного зонування ФАО. *Економіка і прогнозування* 4:55–75.
 11. Zerihun M., Mohammedyasir M., Sewart D., Adem A., Lakew M. (2018) Assessment of soil erosion using RUSLE, GIS and remote sensing in NW Ethiopia. *Geoderma Reg* 12:83–90.
 12. Kim H. (2006) Soil Erosion modeling Using RUSLE and GIS on the IMHA Watershed. South Korea. Master Thesis. Colorado State University, Colorado. References – Scientific Research Publishing.
 13. Мольчак Я.О., Потапова А.Г. (2010) Конструктивно-географічний аналіз та оцінка природного агроресурсного потенціалу Волинської області. РВВ ЛНТУ, Луцьк.
-