

Морфодинаміка елементів ярково-балкових систем Брюховицького масиву Розточчя (за даними багаторазових спостережень)

Галина Р. Байрак 

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Morphodynamics of the gully-balka system elements in the Briukhovychi Massif of Roztochchia (based on multiple observation data)

Galyna R. Bayrak

Ivan Franko National University of Lviv, 41, Doroshenko st., Lviv, 79000, Ukraine

ABSTRACT

Recent exogenous processes developing in the gullies and balkas of the Briukhovychi Massif of the Ukrainian (Lviv) Roztochchia are described. The main task was to clarify intensity of these processes by the recent relief forming conditions. Within the studied territory the erosion forms are characterized by large sizes – gullies depth is up to 3 meters, the balkas have depth up to 40 meters. Investigated area is forested. The dynamics of the processes on the slopes and valley bottoms during 6 year period has been analyzed on the base of stationary field observations. To determine the representative study sites the remote sensing and the author's program which modeled the places of development of erosion-denudation processes has been used. Detail investigations have been carried out by the methods of stems and photoplans. The stems were set on 0,3–0,7 m depth on different segments of the erosion forms. The slopes and valley bottoms morphology were studied by digital photofixation and indirect geobotanical methods. Defluction processes intensity has been determined according to uncovered tree roots. In the small balkas and gullies the defluction is developed mainly on the slopes. Their development rate amounts 0,016 m/year. Due to the slope processes the steepness of upper slope parts has noticeable increased and the kerbs have appeared. In the medium-sized balkas on the slopes almost everywhere defluction is observed and somewhere – gravitation processes, mainly landslides. In deep balkas linear erosion and accumulation within the valley bottoms dominate, landslides and screes dominate on the slopes lower parts and defluction in the middle parts. Linear erosion develops most intensive in the valley bottoms, in their middle and lower parts. In the middle parts of balkas the erosion intensity was 0,08–0,10 m/year, in the lower – 0,15–0,25 m/year. Accumulation dominates in foots and lower parts of the balkas. The debris cones amount 6 m², their thickness increased by 0,3 m. It's necessary to note that during the observation period only three wet years have been observed. The rest years were relatively dry and water runoff was not significant. So, based on non-expendable stationary observations on the recent exogenous processes in the Ukrainian Roztochchia it is ascertained that intensity of their development is still noticeable. These processes continue cutting of the relief surface and mark slight tectonic lifting of the area.

KEYWORDS

Erosion, gullies and balkas, defluction, recent exogenous processes, intensity, Ukrainian (Lviv) Roztochchia

1. Вступ

Сучасні морфодинамічні процеси, пов'язані з дією постійних і тимчасових водотоків, – це та рушійна сила, яка призводить до видозмін флювіальних форм рельєфу, одними з яких є ярково-балкові системи. На перший погляд річні зміни в них незначні, проте в геологічній тисячолітній історії вони відіграють суттєву роль, зумовлюючи пониження відміток висот та загальне вирівнювання рельєфу. Ярково-балкові мережі утворюють первинну ланку річкового стоку басейну і задають темп морфодинамічних процесів у системі “схил-русло”. Процеси, які в них відбуваються, визначають хід рельєфотворення у цілому в регіоні. Тому важливо знати спектр та інтенсивність їхнього проходження для прогнозування негативних впливів на довкілля.

Зарубіжні дослідження у різних регіонах Землі – Центральній Європі, Італії, Бразилії, Північній

Африці, на Близькому Сході, Середньоруській височині, Ірані, Японії, вказують на нерівномірний розвиток ерозійних процесів, які найбільше залежать від інтенсивності опадів, площі стоку та антропогенного втручання і менше – від використання земель чи типу ґрунтів. З'ясована роль довготермінових польових спостережень як найбільш ефективних та об'єктивних методів дослідження. Вони дали можливість встановити велику мінливість показників розвитку ерозії в зазначених регіонах у різних середовищах. Так, наприклад, швидкість росту відвершків ярів або лінійні коефіцієнти ерозії коливаються від 0,01 до 135 м/рік (середнє 0,89 м/рік), ареальні показники змінюються від 0,01 до 3628 м²/рік і в середньому в світі становлять 3,12 м²/рік (Vanmaercke, 2016). Відзначається, що протиерозійні заходи в місцях розвитку відвершків ярів значно сповільнюють їх ріст, зокрема, до 0,34 м/рік або в ареальному вимірі – до 1,70 м²/рік (Frankl, 2012).

Сучасні морфодинамічні процеси на

території Українського Розточчя відбуваються доволі інтенсивно, про що свідчать результати стаціонарних і напівстаціонарних спостережень за їхнім розвитком різними авторами. Так, І. Ковальчук (1978-1979) детально досліджував інтенсивність площової та лінійної ерозії в улоговинних і річкових басейнах подільських горбогір'їв, зайнятих різними видами сільськогосподарських культур та в різні сезони. Темп ерозії в улоговинних (балкових) повністю розорюваних водозборах склав 0,15–0,19 мм/сезон під час сніготанення і 0,12–0,46 мм/сезон після літніх злив (Kovalchuk, 1997). В. Брусак, І. Дикий (1995-1997) з'ясували, що у Верещицькому масиві швидкості зміщення піщаних відкладів уздовж вертикалі ґрунтового профілю коливаються в межах 0,08–1,23 см/рік залежно від крутості й експозиції схилів (Brusak, 1997). Закономірності ерозії в ярах басейну Дністра досліджувала М. Симоновська (Symonovska, 2003). На інтенсивність яркового розчленування як дестабілізуючого чинника еколого-географічної ситуації в регіоні вказувала М. Петровська (Kovalchuk and Petrovska, 2003). Про важливість проведення моніторингу ярково-балкових форм (дебрів) Розточчя для вивчення сезонної морфодинаміки сучасного рельєфотворення зазначали С. Благодир та Ю. Зінко (Blagodyr, 1997; Zinko, 2006). Л. Косик (2005-2007) визначила, що інтенсивність площинної ерозії на сільськогосподарських угіддях в один з періодів сніготанення становила 0,286 кг/га (Kosyk, 2007). Дослідження проводили здебільшого в освоєних районах Розточчя. Проте на лісовкритих землях, які становлять більше 50% площі території, подібних досліджень не виконували. Зважаючи, що Розточчя є ерозійно активним регіоном, вивчення інтенсивності морфодинамічних процесів на цій території залишається актуальним.

2. Матеріали та методи

Для досліджень морфодинамічних процесів в ярково-балкових мережах Брюховицького масиву Українського Розточчя використані методи напівстаціонарних спостережень та картометричні. Напівстаціонарні спостереження виконували протягом шести років, з осені 2012 р. по осінь 2018 р. Вимірювання здійснювали періодично, у весняні та осінні сезони, оскільки відомо, що сучасні екзогенні процеси найбільше активізуються після літніх інтенсивних злив та весною після швидкого сніготанення.

Застосовували методи стержнів, фотофіксації та геоботанічний (Bayrak, 2018). Металічні та дерев'яні стержні довжиною до 0,5 м були закладені на глибину 0,3–0,7 м біля брівок та днищ балкових форм. У плані вони були встановлені здебільшого в середніх і нижніх частинах цих форм, зрідка – у верхніх. Стержні розташовували здебільшого

на схилах південної і східної експозиції, оскільки там процеси проходять більш інтенсивно, як було з'ясовано попередніми дослідженнями різних авторів. Періодично здійснювали фотофіксацію їхнього розташування та змін, що відбуваються.

Використовували геоботанічний метод непрямої фіксації темпу морфодинамічних процесів. Зокрема, визначали величину оголення коріння дерев, яке відбулося внаслідок схилових процесів. Для цього встановили вік дерев, які проростають на схилах. Виміряли обхват дерев на рівні 1,3 м від землі і визначили їхній діаметр, розділивши коло на число π (How to..., 1999). Прийняли в середньому, що якщо в даній місцевості діаметр дерева 1 м, то його вік приблизно 155 р. Заміряли величину оголень коріння на тих частинах схилів балкових форм, на яких екзогенні процеси найінтенсивніші.

Картометричні методи застосовували для з'ясування горизонтального і вертикального розчленування Брюховицького масиву. Знаходили середні довжини та глибини яркових і балкових форм для визначення репрезентативних форм цієї території. Дослідження виконували на картах масштабу 1:50 000, уточнювали за картами масштабу 1:10 000. Було виконане поздовжнє і поперечне профілювання в польових умовах і авторському програмному модулі (Bayrak and Mukha, 2015) для наочного відображення ділянок активізації процесів. Вихідними даними для побудови профілів у комп'ютерній програмі були крутість падіння днища балок та кінетична швидкість гіпотетичних тимчасових потоків, розвинута після зливових опадів.

3. Результати

Брюховицький масив належить до Львівського Розточчя – одного із районів Південного (Українського) Розточчя – лінійно витягнутого пасма, що простягнулось в північно-західному напрямі між Львовом (Україна) та Краснік (Польща). Брюховицький масив розташований на крайньому південно-східному закінченні Львівського



Рис. 1. Розташування Брюховицького масиву в межах Південного Розточчя

Fig. 1. Location of the Briukhovychi Massif within the Southern Roztochia.

Розточчя (рис. 1). Височина Розточчя являє собою новітнє горстоподібне підняття на краю Західно-Європейської платформи (Buraczynski, 2002). Це тектонічно активний регіон, який мав значні градієнти тектонічних піднять протягом неоген-четвертинного часу та, як показують геодезичні, геофізичні знімання і різні опосередковані дослідження, залишається активним у сучасний історичний період (Gofshtejn, 1979; Polivcev, 2011; Tretjak, 2012). Височина складена корінними крейдово-неогеновими породами, покритими сучасними делювіальними відкладами. Характерна ярусність рельєфу, виражена у вигляді різновисотних платоподібних поверхонь (Gnatjuk, 1998). Значна висота і вкритість поверхні пухкими суглинистими відкладами зумовлюють широкий розвиток морфодинамічних процесів з утворенням специфічних глибоких ерозійних форм.

Рельєф Брюховицького масиву складається із видовжених пасм і горбів ерозійно-денудаційного походження. Максимальні абсолютні висоти становлять 372–364 м. Переважаючи 340 м. Обриси пасм і горбів заокруглені, найбільше перевищення над дном р. Млинівки становить 108 м. Ріки, які обмежують Брюховицький масив, зазвичай широкі, заболочені, оскільки служили шляхом стоку льодовикових вод, а зараз стали базисом ерозії для ярково-балкових систем масиву.

Найбільша глибина розчленування, за даними морфометричних картографічних вимірювань в масштабі 1:50 000, спостерігається у північній частині масиву і становить 80–90 м/км². Середня 51–70 м/км² характерна для центральної частини масиву. Мінімальна 30 м/км² властива південній частині.

Горизонтальне розчленування є значним на всій території масиву, максимальні його значення, за нашими дослідженнями, становлять 2,7 км/км².

Вони спостерігаються у верхів'ях балкових систем, де знаходяться багато дрібних ерозійних форм. Переважаюча густина розчленування становить 1,5 км/км². Мінімальні значення простежуються у низів'ях балок. Кількість вершин ярково-балкових форм, визначена на основі карти 1:10 000, 8–30 од/км².

Притоки часто сходяться під прямим кутом, а самі долинні форми прямолинійного характеру. Це вказує на велику обумовленість долинної мережі тектонікою регіону та тріщинуватістю порід. Ярково-балкова мережа закладена вздовж вже сформованих у дочетвертинний час прабалках, які прорізають товщу неогенових порід повністю і приурочені до зон тектонічної тріщинуватості порід крейдової поверхні (Zinko and Bayrak, 1995; Buraczynski, 1997). Загалом в плані яри і балки мають деревоподібний малюнок. Він властивий для лесовкритих територій, де ерозія у пухкому покриві зумовлює розгалужену мережу. Леси пізньоплейстоценового віку. У днищах глибоких балок нерідко виходять на поверхню верхньокрейдові мергелі, проте частіше вони вкриті пролювіальними накопиченнями. На схилах форм залягають товщі делювіальних відкладів. Поширення лесоподібних пухких відкладів разом із великою глибиною розчленування і крутістю схилів та зливовим характером опадів стають визначальними чинниками, які сприяють розвитку ерозійно-денудаційних процесів у цьому регіоні.

Поздовжні профілі ярково-балкових форм виявляють виразну східчастість днищ. Це зумовлено чергуванням донних врізів на ділянках з аномально високим падінням днища з конусами акумуляції. У протяжних балкових формах спостерігаємо до трьох таких врізів. Профіль має чіткий випукло-ввігнутий характер, що говорить про те, що ерозійні форми на Розточчі перебувають

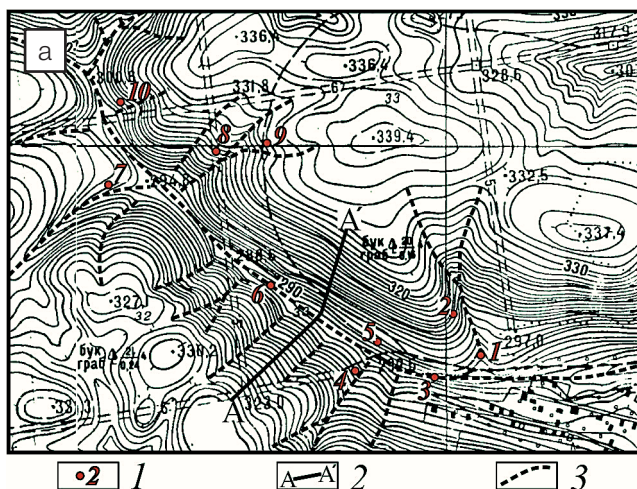


Рис. 2. Точки спостережень у балковій системі на південно-східному мезосхилі масиву:

а – на топографічній карті масштабу 1:10 000 (Умовні позначення: 1 – точки закладання реперів, 2 – лінія поперечного профілю, 3 – тальвеги); б – репер №9 на місцевості.

Fig. 2. The observation points of in the balka system on the south-eastern meso-slope of the Massif a – on a topographic map of scale 1:10 000 (Legend: 1 – the locations of the marks, 2 – line of cross-section, 3 – thalwegs); b – the locations of the marks №9 on the ground.

на 3-й стадії розвитку, яка завершує період найбільш активного росту форми, що відповідає приблизно 40% загального часу яроутворення (Zorina, 2006). На цій стадії ярково-балкові форми активно не зростають у довжину, зате розширюють свої стінки і розвиваються в об'ємі.

Виділяємо три морфологічні типи ерозійних форм, які відрізняються характером екзогенних процесів у них: яркові і малі балкові форми довжиною до 200 м, середні балкові форми довжиною 300–700 м і глибокі протяжні балки 1,0–2,5 км довжини. Яркові форми зазвичай глибиною до 3 м, крутістю схилів 30–40°. Середні за розмірами балки мають глибину 8–12 м і крутість схилів 40–60°. Глибина великих балок сягає 30–40 м, а крутість в нижній приднищевій частині зростає до 80°.

В одній з балкових систем на південно-східному мезосхилі Брюховицького масиву було розставлено 10 точок спостережень (рис. 2). В іншій системі, на північно-західному мезосхилі – 6 точок. Балка південно-східного мезосхилу має довжину 2,1 км. Крутість придоліних схилів 60–85°, глибину врізу у середній частині 60 м. Площа басейну 1,45 км². Схили у верхніх частинах вкриті лесоподібними суглинками, у середній і нижній – піщано-суглинним матеріалом з рідкими домішками жорстви корінних порід (неогенових вапняків). У днищі на невеликих відрізках між реперами №3 і №6 розкриті корінні верхньокрейдові мергелі. Балка стала еталоною для з'ясування процесів, які відбуваються у глибоких балкових системах масиву.

На схилах малих балок і яркових форм розвиваються головні процеси площинного змиву. Лінійна ерозія слабка, оскільки форми вкриті чохлом пухкого матеріалу, завалені сухим листям, гілками дерев, які перешкоджають розмиву.

Внаслідок схлилових процесів за шість років спостережень збільшилась крутість стінок малих балок у верхніх частинах схилів та виокремились брівки (рис. 3). Це відбулося за рахунок поступового і постійного знесення тимчасовими водами частинок лесоподібних суглинків, якими складений схил. Таке явище спостерігається головні на оголених схилах південної експозиції, в місцях, де деревна рослинність розріджена, немає листового опаду. Темп денудації становить близько 0,016 м/рік, згідно вимірювань на металевих стержнях, закладених на прибрівкових частинах схилів.

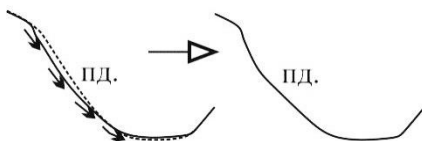


Рис. 3. Зміни морфології схилів унаслідок діяльності ерозійно-денудаційних процесів у малих балках і ярах.

Fig. 3. The morphological changes of slopes as a result of erosion-denudation processes in the small balkas and gullies.



Рис. 4. Оголення коренів дуба внаслідок схлилових процесів.

Fig. 4. The outcrop roots of an oak as a result of sloping processes.

Зауважимо, що масив знаходиться недалеко від населеного пункту і часто відвідуваний мешканцями, які можуть порушувати ґрунтовий покрив на схилах.

У середніх за розмірами балках переважають площинні змиви, а на локальних ділянках – сповзання й осування поверхні ґрунту. Впливають на формування мікрорельєфу форм також падіння дерев у результаті підрізання ерозійно-денудаційними процесами кореневої системи або вітровалів. Після вивалів дерев на схилах балок залишаються виїмки глибиною до 1,5 м. Детальне поперечне польове профілювання дозволило зафіксувати поглиблення вигнутих сегментів схилів або зростання їхньої крутості внаслідок знесення частини ґрунту потужними коренями вивалених дерев.

У малих і середніх балках спостерігали оголення коренів дерев (рис. 4). На схилах проростають дерева віком 23–110 р. Перші 10–15 років дерева не мають ознак оголення. Лише після набуття достатньої товщини стовбура у дерева наростає коренева маса, на яку починають діяти схлилові процеси. Можна приблизно визначити темп денудації 0,02–0,07 м/рік. Оголення коренів проявляється в тих місцях, де дерева знаходяться на крутих чи випуклих ділянках схилів. Прямовисні приднищеві ділянки схилів глибоких балок, як правило, незаліснені внаслідок частих гравітаційних зміщень поверхневих шарів. Про повільне сповзання маси порід на схилах свідчать також нахилені стовбури дерев, так звані "п'яний ліс". Такі ділянки спостерігаємо на крутих схилах біля брівок, на середніх частинах схилів великих балок перед урвистими елементами.

У глибоких балках домінують процеси лінійної ерозії й акумуляції матеріалу у днищах, зсуви та осипи на приднищевих схилах, площинні змиви і дефлюкція у середніх частинах схилів. Найбільш інтенсивно проходить донна ерозія у середніх і нижніх частинах днищ протяжних балкових форм. За шестирічний період спостережень з'ясовано, що у днищах періодично наміваються і частково розмиваються конуси акумуляції матеріалу. Вони складені жорствяно-суглинними накопиченнями

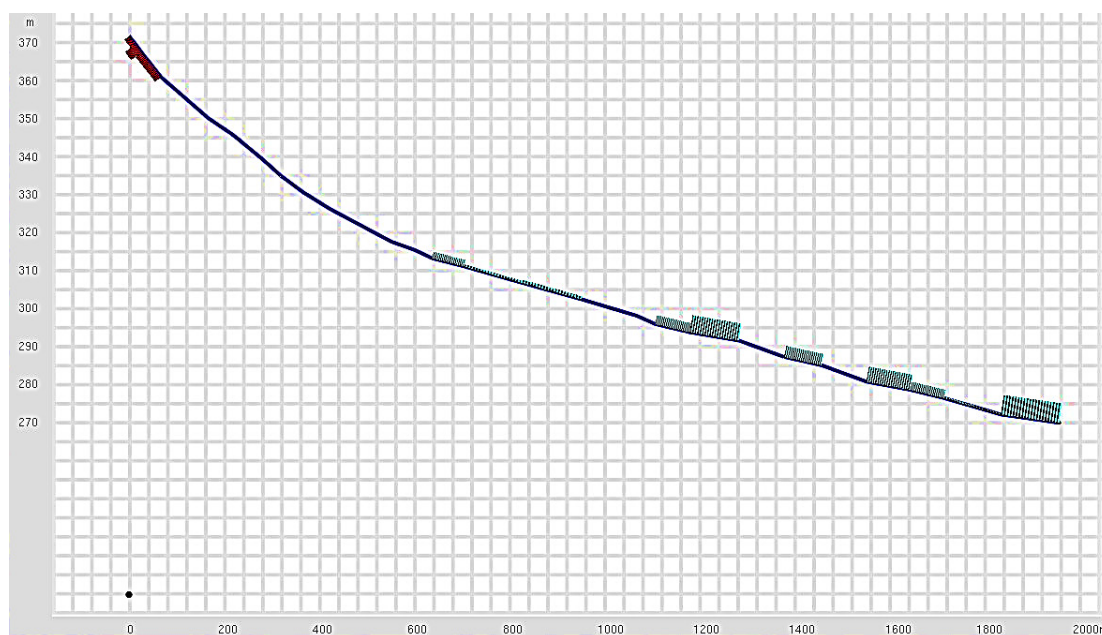


Рис. 5. Поздовжній профіль балки на південно-східному мезосхилі Брюховицького масиву (див. рис. 2а). Голубими прямокутниками виділені місця акумуляції.

Fig. 5. The longitudinal profile of balkas on the south-eastern meso-slope of the Briukhovychi Massif (see Fig. 2a). Blue rectangles are marked accumulation places.

шаруватої текстури: знизу більш дрібний матеріал, зверху – з жорсткими включеннями. Максимальна величина конусів виносу становить 6 м² при висоті підніжжя 0,35–0,75 м.

Для еталонної балки південно-східного мезосхилу був побудований поздовжній профіль в авторському програмному модулі. На профілі відобразились ділянки акумуляції матеріалу в середній та нижній її частині (рис. 5). Визначені у програмі чотири ділянки акумуляції були підтверджені на місцевості. На двох з таких ділянок були закладені репери №3 і №6 (див. рис. 2а). За їхньою допомогою з'ясовували зміни наносів на конусах виносу в польових умовах. За результатами спостережень відзначаємо нерівномірність зростання накопичень на акумулятивних конусах. За час спостережень було лише три вологих роки,

коли внаслідок інтенсивного стоку відбулося поповнення матеріалу на конусах виносу, решта – посушливі, коли тимчасовий стік був незначним. Потужність накопичень загалом збільшилась на 0,3 м за роки спостережень або 0,05 м/рік.

У нижніх частинах схилів глибоких балок активно відбуваються гравітаційні процеси – зсуви та осипи. За механізмом руху переважають зсуви-опливини, зсуви-зриви і зсуви-спливи. Площа ділянок з активними схиловими процесами становить до 2% від всієї площі басейну балки. Виконаний в авторському програмному модулі поперечний переріз еталонної балки з гіпотетичною моделлю розвитку ерозійно-денудаційних процесів показав найбільшу просторову приуроченість процесів до придолинних схилів, про що свідчать і польові спостереження (рис. 6 а). Головні чинники їхнього

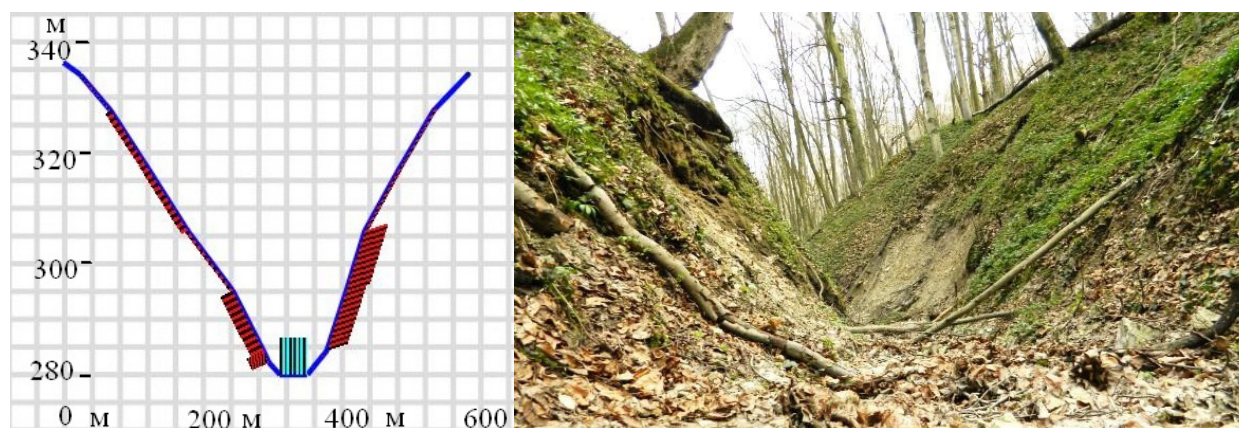


Рис. 6. Поперечний профіль балки вздовж лінії А–А' на південно-східному мезосхилі Брюховицького масиву (див. рис. 2а). Червоним кольором виділені ділянки активних ерозійно-денудаційних процесів, голубим – місця акумуляції (а); фото балки (б).

Fig. 6. The cross-section by line A–A' of balkas on the south-eastern meso-slope of the Briukhovychi Massif (see Fig. 2a). Red color are marked areas of erosive-denudation processes, blue color – accumulation places (a); photo of balkas (b).

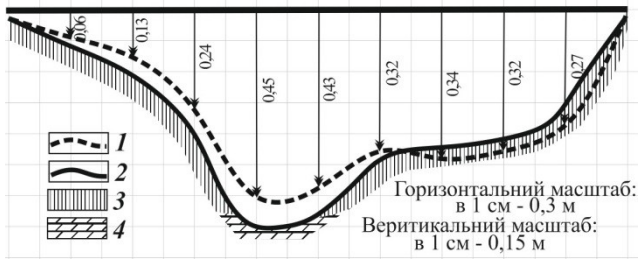


Рис. 7. Поперечний профіль дна балки в точці №6 (див. рис.2а) на основі різночасових польових спостережень. Умовні позначення: 1 – станом на 2012 р., 2 – станом на 2018 р., 3 – лесовидні відклади, 4 – мергелі.

Fig. 7. The cross-section by the bottom of the balka at point №6 (see Fig. 2a) based on multi-time field observations. Legend: 1 – as of 2012, 2 – as of 2018, 3 – loess-like deposits, 4 – marls.

виникнення – це товща лесоподібних суглинків, яка значно набухає під час сильних злив і сповзає в місцях урвистих схилів або внаслідок підмивання знизу тимчасовим водним потоком. Глибина свіжих зсувів незначна – 0,8–1,5 м. Існують також кілька давніх великих зсувів у верхній частині балки, які сформували східчастий характер схилів північно-східної експозиції. На ділянках, де у суглинках спостерігається жорсткий матеріал корінних неогенових порід, розвиваються невеликі осипи. Описані схилі процеси зумовлюють зростання крутості стінок у приднищевих частинах балок. Висота оголень сягає 2–3, іноді 6 м (рис. 6 б). Результати спостережень показують, що площі зсувних ділянок збільшуються за рахунок обвалювання нависаючих стінок відриву або сповзання матеріалу у вершинах зсувів. На оголених стінках відбувається осипання щебенистого матеріалу і поглиблення поверхні ковзання.

На основі неодноразових польових обстежень з'ясовано також, що тимчасові потоки поступово прорізають русла в акумулятивних конусах. В середніх частинах балок глибина донної ерозії здебільшого становила 0,08–0,10 м, у нижніх – 0,15–0,25 м, максимальна – 0,86 м (рис. 7). Підміті також нижні частини схилів величиною у 0,5–1,2 м. На перепадах висот, де немає акумуляції, тимчасові потоки врізались до корінних порід і розкрили на поверхні шар світло-сірих мергелів. На свіжість розмиву вказує світлий не вивітрілий колір порід. Глибина ерозії на таких ділянках до 0,5 м.

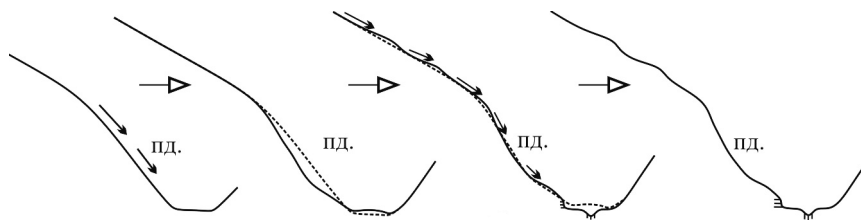


Рис. 8. Зміни морфології схилів та дна внаслідок діяльності ерозійно-денудаційних процесів у глибоких балках.

Fig. 8. The morphological changes of slopes and bottoms as a result of erosive-denudation processes in the deep balkas.

4. Обговорення

Геоморфологічні методи, зокрема, морфометричні та напівстаціонарні польові спостереження за темпом денудації, є одними з методів, які дозволяють виявляти тектонічну активність регіону. Глибоке та густе ерозійне розчленування, різкі врізи долиної мережі, чіткі брівки ярково-балкових форм, а також активний розвиток ерозійних і гравітаційних процесів – це ті опосередковані ознаки, які вказують на тектонічну обумовленість рельєфу території. Активна морфодинаміка регіону підтверджує голоценові повільні тектонічні підняття структурного блоку Брюховицького масиву Розточчя.

Проведені нами спостереження особливостей сучасної морфодинаміки елементів ярково-балкових форм доповнюють дослідження закономірностей проходження ерозійних процесів і впливу на них природних та антропогенних факторів (Poesen at al., 2003; Buccolini and Coco, 2010). З'ясовано, що зміну елементів морфології долининних форм у великій мірі зумовлює взаємодія ерозійних та гравітаційних процесів на схилах та акумулятивно-ерозійних у руслі. Вони направлені на подальше розчленування поверхні, акумуляцію у долинах продуктів ерозії-денудації із частковим винесенням їх за межі басейнів, зміни відміток висот аж до загального вирівнювання рельєфу. Таке вирівнювання, за нашими дослідженнями, розпочинається з нижніх придонних ділянок схилів, що підтверджує морфодинамічну модель еволюції рельєфу В. Пенка (1924).

У вироблених балкових формах розвиваються схилі процеси на приднищевих частинах, пов'язані зі зсуванням та осипанням матеріалу, що призводить до зростання крутості стінок (рис. 8). Поширення урвистих стінок у нижніх частинах схилів призводить до зменшення його стійкості. Відповідно сюди привноситься матеріал з вище розташованих ділянок схилів, на яких переважають процеси дефлюкції чи площинних змивів. Зростає крутість схилів на верхніх ділянках, виокремлюються брівки. На наступному етапі брівки будуть зруйновані, а акумульований на схилах матеріал переноситиметься на нижчі рівні. З часом він частково заповнить дна чи буде винесений за його межі. Зменшуватиметься площа

вершинних поверхонь внаслідок руйнування брівок і наступання (розширення) верхніх ділянок схилів. За ними розширюватимуться і нижні ділянки, на яких активні схилі процеси вилучатимуть частину матеріалу. Процес повторюватиметься доти, поки не стабілізується тектонічний режим або поки тектонічні підняття не зумовлять підняття базису ерозії.

5. Висновки

Морфодинамічні процеси в ярково-балкових системах Брюховицького масиву Розточчя – це головно природні процеси, на які слабо впливає людина. Вони відзначаються нестабільністю розвитку: в одні роки зміни не відчутні, в інші – розвиток активний. І тільки багаторічні напівстаціонарні спостереження дозволяють виявити їхню тенденцію. В цілому, вони проходять доволі активно і їхня діяльність направлена на переміщення матеріалу з вищележачих на нижчележачі рівні зі збільшенням крутості і ступінчастості схилів, пониженням вододілів, розширенням днищ ярково-балкових форм. Активність процесів неминуче пов'язана зі здебільшого висхідним режимом тектонічних рухів даного структурного блоку Брюховицького масиву.

Список посилань

- Bayrak, G.R., Mukha, I.S. (2015). Doslidzhennja erozijno-akumuljatyvnyh procesiv rik Ukrai'ns'kyh Karpat na osnovi GIS ta avtorskogo programnogo modula [Research of erosion-accumulative processes of the rivers of the Ukrainian Carpathians based on GIS-technologies and the author's program module]. In Problemy bezpererвної geografichnoi osvity i kartografii, 21, 13-18. Harkiv: HNU V.N. Karazina. (In Ukrainian).
- Bayrak, G.R. (2018). Metody geomorfologichnyh doslidzen': navch. posibnyk [Methods of geomorphological research: Manual]. Lviv: VC LNU I. Franka. (In Ukrainian).
- Blagodyr, S.F. (1997). Sezonna morfodynamika jarkovyh form Lvivskogo Roztochchja [Seasonal morphodynamics of the gully-forms of Lviv Roztochchia]. In Ukrainska geomorfologija: stan i perspektyvy (pp. 79-81). Lviv: LNU I. Franka. (In Ukrainian).
- Brusak, V. (1997). Problemy i perspektyvy vyvchennja defljukcijnyh procesiv na Roztochchi [Problems and the prospects of studying of deflection processes on Roztochchja]. In Ukrainska geomorfologija: stan i perspektyvy (pp. 87-91). Lviv: LNU I. Franka. (In Ukrainian).
- Buccolini, M., Coco, L. (2010). The role of the hillside in determining the morphometric characteristics of "calanchi": The example of Adriatic central Italy. *Geomorphology*, 123, 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.06.003>
- Buraczynski, J. (1997). Roztocze. Lublin: Wydawnictwo Lubelskie. (In Polish).
- Buraczynski, J. (Eds.). (2002). Roztocze srodowisko przyrodnicze. Lublin: Wydawnictwo Lubelskie. (In Polish).
- Gnatjuk, R. (1998). Osnovni elementy rel'jefu Pivdennogo Roztochchja [Main elements of a relief of Southern Roztochchja]. *Visnyk L'viv. universytetu. Serija geogr.*, 21, 126-129. (In Ukrainian).
- Gofshtejn, Y. (1979). Neotektonyka zapadnoj Volyno-Podolii [Neotectonics of the western Volyn-Podillia]. Kyiv: Naukova dumka, 156. (In Ukrainian).
- Frankl, A., Poesen, J., Deckers, J., Haile, M., Nyssen, J. (2012). Gully head retreat rates in the semi-arid highlands of Northern Ethiopia. *Geomorphology*, 173-174, 185-195. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.06.011>
- How to Determine Site Index in Silviculture. Participant's Book. (1999). <http://www.for.gov.bc.ca/hfp/training/00011>
- Kosyk, L. (2007). Rezultaty stacionarnykh ta napivstacionarnykh doslidzen suchasnykh ekzogennykh geomorfologichnyh procesiv v Ukrainskomu Roztochchi. [Spatial-time dynamics of present geomorphological processes in Ukrainian Roztochchja] *Visnyk Lviv. universytetu. Serija geogr.*, 34, 135-142. (In Ukrainian).
- Kovalchuk, I., Petrovska, M. (2003). Geoekologija Roztochchja. Monografija [Geoecology of Roztochchja. Monograph]. Lviv: VC LNU im. I. Franka. (In Ukrainian).
- Kovalchuk, I.P. (1997). Regional'nyj ekologo-geomorfologichnyj analiz [Regional ekologo-geomorphological analysis]. Lviv: In-t ukrainoznavstva. (In Ukrainian).
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*, 50, 91-133. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00143-1](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00143-1)
- Polivcev, A.V. (2011). Karta vertykalnyh golocenovyh ruhiv Volyno-Podillja ta Peredkarpattja [The map of vertical holocene movements of Volyno-Podillja and Pre-Carpathians]. *Geodynamika*, 10 (1), 58-70. (In Ukrainian).
- Symonovska, M. (2003). Vyvchennja dynamiky jariv napivstacionarnymi metodami [Studying of dynamics of gullies by semistationary methods]. *Visnyk L'viv. universytetu. Serija geogr.*, 29, 153-162. (In Ukrainian).
- Tretjak, K. R., Vovk, A. I. (2012). Doslidzhennja dynamiky goryzontal'nyh ruhiv zemnoi' kory Jevropy za danymy GNSS sposterezhen' (2000-2010 rr.) [Study of dynamics of horizontal crustal movements in Europe according to GNSS – observation (2000-2010)]. *Geodynamika*, 2 (13), 5-17. (In Ukrainian).
- Vanmaercke, M., Poesen, J., Van Mele, B., Demuzere, M., Bruynseels, A., Golosov, V.,...Yermolaev, O. (2016). How fast do gully headcuts retreat? *Earth-Science Reviews*, 154, 336-355. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.01.009>
- Zinko, Ju. (2006). Donni erozijni formy (debry) Zahidnogo Podillja ta i'h naukovo-osvittnja i pryrodoohoronna ocinka [The lowing ravine of form (debri) of Western Podillja and them scientifically educational and nature protection estimation]. In Erozijno-akumuljatyvni procesy i richkovi systemy osvoyenyh regioniv (pp. 295-299). Lviv: VC LNU im. I. Franka. (In Ukrainian).
- Zinko, Ju., Bayrak (Chupylo), G.R. (1995). Morfotektonichni osoblyvosti zapovidnyka "Roztochchja" [Morphotectonics features of the reserve "Roztochchja"]. *Nauk. visnyk: Zbirnyk naukovo-tehn. prac' UkrDLTU*, 4, 26-32. (In Ukrainian).
- Zorina, E. (Eds.). (2006). Geografiya ovrazhnoy erozii [Geography of a gully erosion]. Moskva: Izd-vo MGU. ISBN 5-89575-113-X. (In Russian).

Байрак Г. Р. Морфодинаміка елементів ярково-балкових систем Брюховицького масиву Розточчя (за даними багаторазових спостережень). Фізична географія та геоморфологія, 94 (2): 21–28.

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Дорошенка, 41, Львів, 79000, Україна

Описано сучасні екзогенні процеси, які розвиваються в ярах і балках Брюховицького масиву Українського (Львівського) Розточчя. Основним завданням було з'ясувати темп цих процесів у сучасних умовах рельєфотворення. На цій території ерозійні форми досягають великих розмірів – яри глибиною до 3 м, балки – до 40 м. Територія вкрита лісом. Досліджено динаміку процесів на схилах та в днищах цих форм за 6-річний період на основі стаціонарних польових спостережень. Для визначення репрезентативних ділянок використовували дистанційні методи, а також авторську програму, яка змодельовала місця розвитку ерозійно-денудаційних процесів. Детальні дослідження виконували методами стержнів і фотоплощин. Стержні були закладені на глибину 0,3–0,7 м на різних ділянках ерозійних форм. Морфологія схилів і днищ була зафіксована методами цифрового фотографування. Були використані також непрямі геоботанічні методи. Зокрема, темп дефлюкційних процесів визначено за оголеним корінням дерев. В малих балках і ярах

розвиваються головні процеси дефлюкції на схилах. Їхній темп становить 0,016 м/рік. Внаслідок схилових процесів збільшилась крутість верхніх частин схилів та виокремились брівки. У середніх за розмірами балках на схилах повсюдно теж розвинена дефлюкція, а на окремих ділянках – гравітаційні процеси, зокрема, зсуви. У глибоких балках домінують процеси лінійної ерозії й акумуляції матеріалу у днищах, зсуви та осипи на приднищевих схилах, дефлюкція у середніх частинах схилів. Найбільш інтенсивно проходить донна ерозія у днищах балкових форм, у їхніх середніх і нижніх частинах. В середніх частинах балок глибина донної ерозії становила 0,08–0,10 м, у нижніх – 0,15–0,25 м/рік. Акумуляція переважає на окремих ділянках – на перепадах висот та у низів'ях балок. Величина конусів виносу становить 6 м², потужність накопичень зросла на 0,3 м за роки спостережень. Зазначимо, що за час спостережень було лише три вологих роки, решта – посушливі, коли тимчасовий стік був незначним. Отже, на основі багаторазових спостережень за сучасними екзогенними процесами на Українському Розточчі виявлено, що інтенсивність їхнього проходження залишається великою. Вони продовжують розчленування поверхні рельєфу та вказують на помірне тектонічне підняття території.

Ключові слова: ерозія, яри і балки, дефлюкція, темп сучасних екзогенних процесів, Українське (Львівське) Розточчя.