

УДК 911.9:631.459.2

DOI: 10.18524/2303–9914.2021.2(39).246191

О. О. Світличний, д. геогр. наук, професор**А. В. П'яткова**, к. геогр. наук, доцентОдеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра фізичної географії, природокористування та
геоінформаційних технологій

Шампанський пров., 2, Одеса, 65058, Україна

svetlitchnyi.aa.od@gmail.com, avpyatkova2011@gmail.com

ВОДНА ЕРОЗІЯ ҐРУНТІВ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Виконана кількісна просторово-розподілена оцінка інтенсивності ерозійних втрат ґрунту на 3-х ключових ділянках, розташованих у межах правобережного Лісостепу України на південних відрігах Подільської височини з урахуванням сучасних гідрометеорологічних умов водної ерозії та землекористування. Для кількісної оцінки ерозійних втрат ґрунту використана просторово-розподілена ГІС-реалізована фізико-статистична математична модель змиву-аккумуляції ґрунту, розроблена в Одеському національному університеті імені І. І. Мечникова.

Ключові слова: водна ерозія ґрунтів, кількісна оцінка, просторова мінливість, Україна, Правобережний Лісостеп.

ВСТУП

Проблема водної ерозії є однією з найбільш важливих світових екологічних проблем, оскільки в результаті водної ерозії відбувається знищення ґрунтового покриву – практично невідновлювального природного ресурсу. Знищення ґрунту фактично позбавляє людство можливості його продовольчого забезпечення. На думку професора Д. Монтгомері (Монтгомері, 2015), втрата сільськогосподарських ґрунтів лімітує терміни існування цивілізацій. На жаль, ситуація з ерозійною деградацією ґрунтового покриву сільськогосподарських земель на нашій планеті стає все більш напруженою. За інформацією, наведеною у монографії (Ерозия почв..., 1981), у кінці 1970-х років в результаті ерозії у різних країнах було зруйновано біля 430 млн. га земель. У рамках виконаного у 1988–1990 рр. міжнародного проекту GLASOD (Oldeman, 1992) площа еродованих земель на земній кулі оцінена у 1093,7 млн. га, а щорічні втрати продуктивних земель у результаті ерозії у світі складали 5–7 млн. га. Поточного часу площа еродованих земель перевищує 1,2 млрд. га за (Монтгомері, 2015). За оцінкою Б. Уілкінсона (Wilkinson, 2005) інтенсивність сучасної ерозії більше, ніж у 20 разів перевищує інтенсивність протікання так званої геологічної ерозії за останні 500 млн. років.

Рішенням проблеми водної ерозії ґрунтів є досягнення балансу між інтенсивностями ерозії ґрунту і ґрунтоутворення. Поточного ж часу «при швидкості ґрунтоутворення у декілька дюймів за тисячу років темпи ерозії в умовах загальноприйнятого орного агровиробництва складають декілька дюймів на десятиріччя» (Монтгомері, 2015, с. 258), тобто перевищують темпи ґрунтоутворення у десятки і навіть сотні разів, суттєво змінюючись у залежності від місцевих природних та господарських факторів.

В Україні наприкінці першого десятиріччя ХХІ століття у відповідності до (Національна доповідь..., 2010) площа еродованих сільськогосподарських угідь склала 15,954 млн. га або 38,4% їх площі, у тому числі 12,940 млн. га – орних земель або 39,9% їх площі. При цьому площа еродованих сільськогосподарських угідь за 50 років, які минули після проведення у 1957–1961 рр. суцільного крупномасштабного ґрунтового обстеження, збільшилась у 1,5 рази, тобто у середньому на 1% на рік. Аналіз динаміки зміни площі еродованих сільськогосподарських земель протягом цих п'яти десятиріч, виконаний на основі опублікованих даних (Новаковський, 1985; Полупан, 1989; Смирнова і др., 1989; Структура..., 2000; Національна доповідь..., 2010; Новаковський, Новаковська, 2017), показує, що площа еродованих земель протягом цього часу збільшувалась із зростаючою інтенсивністю. Так, за перші 20 років цього періоду щорічний приріст еродованих сільгоспугідь складав 0,75%, протягом наступних 20-ти років – 0,87%, а у 2010-ті роки – вже з інтенсивністю 1,48% на рік.

Вочевидь і все зростаюча незбалансованість темпів ерозії і ґрунтоутворення. Інтенсивність ґрунтоутворення зональних типів ґрунтів Лісостепу України у відповідності до (Каштанов і др., 1994; ДСТУ 7081:2009, 2010) складає від 0,1 до 2,4 т/га/рік у залежності від ступеня еродованості ґрунту, технології та інтенсивності його використання. Інтенсивність ерозійних втрат ґрунту у країні набагато перевищують ці цифри. У відповідності до кількісних оцінок, виконаних з використанням різних математичних моделей переважно у другій половині 80-х – на початку 90-х років минулого століття, середньорічна інтенсивність ерозійних втрат ґрунту на орних землях у Лісостепу України змінюється від 5–8 т/га/рік у межах низовинних регіонів до 12–30 т/га/рік – у межах височинних (Швебс, 1987; Моргун і др., 1988). У середньому по Україні середній багаторічний змив ґрунту оцінювався приблизно у 15 т/га/рік (Дмитренко і др., 1993; Bulygin, 1994; Канаш та ін., 2003). У регіоні Правобережного Лісостепу ерозійні втрати ґрунту у відповідності до (Швебс, 1987) складали 13,5 т/га/рік, з яких 10,4 т/га/рік були обумовлені зливовим зливом, 3,1 т/га/рік – зливом у період весняного сніготанення. Для регіону південних відрогів Подільської височини, який територіально відповідає північним районам Одеської області, розрахований змив ґрунту відповідно до (Моргун і др., 1988) складав 15,1 т/га/рік.

Наведені величини ерозійних втрат (змиву ґрунту) отримані з використанням логіко-математичної моделі змиву ґрунту Г.І. Швебса (1974–1981 рр.), ма-

тематичної моделі зливогого змиву ґрунту Ц. Є. Мірцхулаві (1970 р.), формули Г. П. Сурмача (1979–1985 рр.) і Універсального рівняння ерозійних втрат ґрунту США (USLE, 1978 р.). Всі вони відносяться до математичних моделей з зосередженими параметрами, які характеризують пересічні темпи водної ерозії ґрунту на орних землях у межах достатньо великих за площею територій, таких як адміністративний район (Швебс, 1987) або фізико-географічна область (Моргун и др., 1988). Ці моделі оперують середніми у межах території, що розглядається, значеннями вхідних змінних і параметрів, у зв'язку з чим вони не враховують і принципово не можуть враховувати просторову мінливість змиву ґрунту у межах схилів, інформація про яку, зокрема, є основою проектування ґрунтозахисних систем землеробства. Поточного часу у зв'язку із появою просторово розподілених математичних моделей водної ерозії ґрунту з'явилась можливість оцінити не тільки середні на певній території величини ерозійних втрат ґрунту, але й просторову мінливість цих втрат у межах схилу, сівозмінної ділянки, навіть окремого поля, при цьому з урахуванням сучасних гідрометеорологічних умов водної ерозії та особливостей господарської діяльності.

Власне, метою цієї статті і є просторово-розподілена кількісна оцінка інтенсивності ерозійних втрат ґрунту у межах Правобережного Лісостепу України і визначення площі орних земель з різним ступенем ерозійного навантаження з урахуванням сучасних змін клімату та землекористування.

Завданнями дослідження, спрямованими на досягнення сформульованої мети є: 1) виконати оцінку середніх багаторічних ерозійних втрат ґрунту в сучасних кліматичних і господарських умовах в межах регіону, що розглядається; 2) встановити зміну ерозійних втрат ґрунту під впливом природних та господарських факторів за останні три десятиліття; 3) оцінити просторовий розподіл ерозійної небезпеки сільськогосподарських земель у межах схилів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення поставлених завдань у статті використаний метод характерних (ключових) ділянок. В якості ключових обрані три схилі ділянки (К1-р, К2-р, К3-р) у межах навчально-наукового стаціонару геолого-географічного факультету Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, розташованого у Подільському районі на півночі Одеської області у межах південних відрогів Подільської височини у лісостеповій зоні. Ділянки являють собою частини схилів балок (рис. 1), які щорічно розорюються та використовуються для вирощування сільськогосподарських культур.

Ділянка К1-р площею 211,2 га займає частину вододільного простору, привододільний схил та верхню і середню частини схилу балки Лабушна переважно південно-західної експозиції. Оскільки ділянка має неправильну багатокутну форму (рис. 1), середня довжина вздовж ліній току змінюється від 690 до 900 м. Середній ухил – 4,7% (2,7°). Схили мають складний поперечний, у більшості опукло-ввігнуто-опуклий, профіль.

Ділянка K2-р площею 21,6 га займає площу від лінії вододілу до підосви схилу, має північно-східну експозицію (рис. 1). Довжина ліній току 690 м. Середній ухил поверхні 8,8% ($5,0^\circ$). Профіль схилу має опукло-ввігнуту форму.

Ділянка K3-р площею 25,3 га розміщується частково на вододільній поверхні, приводільному схилі та у верхній третині схилу балки. Довжина складає 420–450 м, середній ухил поверхні 6,3% ($3,6^\circ$). Форма схилу здебільшого опукла.

За своїми морфометричними характеристиками ділянки K1-р та K3-р є типовими для даної території, у той час як ділянка K2-р характеризується великими ухилами і при цьому повністю розорюється і використовується для вирощування в тому числі і просапних культур.

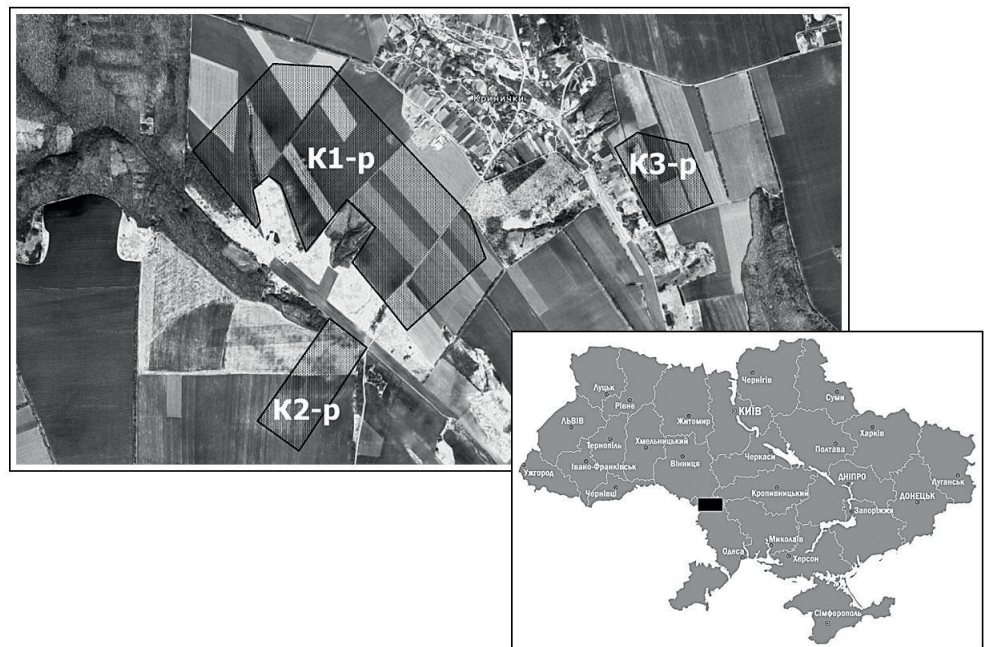


Рис. 1. Місцез положення ділянок дослідження

Ґрунтовий покрив ділянок представлений чорноземами типовими на важких суглинках та подекуди на глинах, різного ступеня змитості, а також намитими.

Ділянки в останні десятиріччя використовуються для вирощування найбільш рентабельних сільськогосподарських культур – озимої пшениці, кукурудзи на зерно, ячменю (ярового та озимого), соняшника. Спроби виявити науково-обґрунтоване чергування культур в межах ділянок протягом останніх 20 років на основі архівних даних та опитування місцевих землекористувачів показали повну відсутність сівозмін як таких. Є дані, що до 2000-х років на ділянці K3-р у нижній частині використовувалася ґрунтозахисна кормова сівоз-

міна, яка включала озиму пшеницю, багаторічні трави, кукурудзу та соняшник на зелений корм.

У статті використано розрахунковий метод оцінки ерозійних втрат ґрунту. В якості робочої математичної моделі для оцінки середньобагаторічних ерозійних втрат ґрунту в умовах поточного землекористування, тобто з урахуванням особливостей обробки ґрунту та протиерозійних властивостей сільськогосподарських культур, використана просторово-розподілена фізико-статистична модель змиву-аккумуляції ґрунту, розроблена та програмно реалізована з використанням мовних та аналітичних можливостей пакету PCRaster (Університет міста Утрехта, Нідерланди) на кафедрі фізичної географії, природокористування та геоінформаційних технологій Одеського національного університету імені І.І. Мечникова (Швебс, 1974, 1981; Svetlitchnyi, 1999; Светличный и др., 2004; П'яткова, 2010; Svetlitchnyi, Piatkova, 2019). Модель враховує нестационарність процесу схилового наносоутворення при формуванні зливого змиву та просторову мінливість всіх факторів водної ерозії ґрунту як в теплий, так і у весняний періоди року. Модель добре теоретично обґрунтована та успішно валідована з використанням даних багаторічних спостережень на стокових майданчиках та схилових водозборах в межах України та Молдови, а також з використанням радіоцезієвого метода та метода магнітних трасерів (Проблема ..., 2013; Жидкин и др., 2015; Светличный, Пяткова, 2017).

Оцінка змін гідрометеорологічних умов зливого змиву та змиву під час весняного сніготанення за 30 років, які пройшли з періоду попередніх розрахунків ерозійних втрат ґрунту (друга половина 1980-х – початок 1990-х років), виконана з використанням методик, наведених у роботах (Светличный, 2018; Svetlitchnyi, 2020).

Базою вхідних просторово розподілених були гідрологічно коректні цифрові моделі рельєфу ділянок, а також растрові цифрові карти ґрунтового покриття і землекористування, побудовані на основі топографічних та тематичних карт масштабу 1:10000. Розмір комірки растру – 30 м.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті кількісної оцінки середнього багаторічного змиву ґрунту з урахуванням зливової та весняної складової отримано, що на ділянці К1-р середньозважені по площі втрати ґрунту складають 14,2 т/га на рік, а на ділянках К2-р та К3-р відповідно 26,3 та 14,8 т/га/рік. Високе значення змиву ґрунту для ділянки К2-р обумовлено екстремально високими для орних земель ухилами поверхні (до 0,13, або 7,4°). За умов застосування ґрунтозахисної сівозміни у нижній найбільш ерозійно небезпечній частині схилу, на якому розташована ділянка К3-р, розрахований середньозважений по площі змив ґрунту складає 9,2 т/га/рік, тобто на 5,6 т/га/рік або на 37,8% менше ніж при застосуванні звичайної польової сівозміни.

Оцінка обумовлених сучасними змінами клімату змін гідрометеорологічних умов водної ерозії показала, що відносно стандартного кліматичного періоду 1961–1990 рр. протягом останніх тридцяти років (1991–2029 рр.) природні умови зливної ерозії в середньому практично не змінилися. Але цього не можна сказати у зв'язку з сучасним потеплінням клімату і про природні умови весняного змиву ґрунту. За даними метеостанції Умань, найближчої до району досліджень метеорологічної станції з тривалим періодом спостережень, середня за останнє тридцятиріччя температура порівняно з попереднім періодом підвищилася на 1,4 °С. Згідно з методикою (Svetlitchnyi, 2020) це призвело до зниження гідрометеорологічного фактору весняного змиву ґрунту і, відповідно, середнього багаторічного модулю змиву під час весняного сніготанення практично вдвічі.

Просторовий розподіл сумарного змиву ґрунту має хвилеподібний характер, при якому зони з підвищеними значеннями змінюються зонами із пониженими і від'ємними значеннями, що свідчать про акумуляцію наносів. На рис. 2 наведений просторовий розподіл розрахованого змиву ґрунту для ділянки К1-р. Значні площі ділянки К1-р підвернені сильній (10–20 т/га/рік) та дуже сильній (20–50 т/га/рік) ерозії – відповідно, 16 та 15% площі. На 7,6% площі ділянки змив ґрунту характеризується як катастрофічний (>50 т/га/рік) (рис. 3).

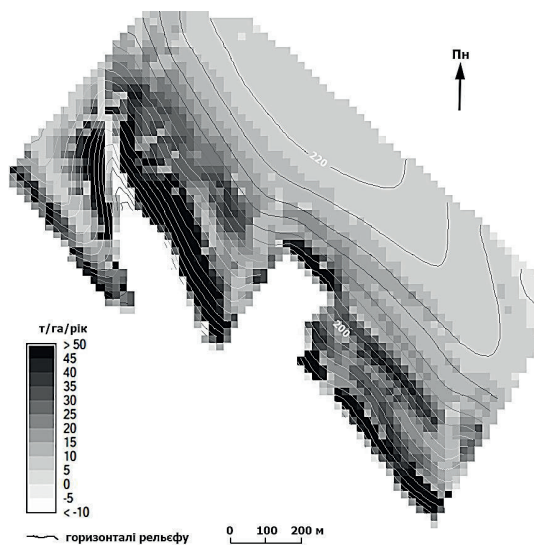


Рис. 2. Просторовий розподіл середнього багаторічного змиву ґрунту на ділянці К1-р

На ділянці К3-р відкладення наносів відбувається на 4% площі ділянки, а зони із умовною відсутністю ерозійної небезпеки сумарно дорівнюють 28% площі території. Тобто на типових для Правобережного Лісостепу за морфоло-

тричними показниками ділянках К1-р и К3-р відсутня загроза ерозійної деградації ґрунту лише на третині їх площі.

На ділянці К2-р зона акумуляції значно більша – 17% площі території, вона притаманна нижній третині схилу, а області із ерозійним змивом у діапазонах від 0 до 2 т/га/рік складають лише близько 5% площі. Відносно велика площа акумуляції наносів у нижній третині ділянки є наслідком високих темпів змиву ґрунту з верхніх її частин і увігнутою формою поздовжнього профілю нижньої частини ділянки.

Для ділянки К3-р при її використанні з застосуванням польової сівозміни просторовий розподіл сильного, дуже сильного і катастрофічного змиву схожий на розподіл у межах ділянки К1-р. Зокрема, площі із сильною та дуже сильною ерозійною небезпекою складають 15 та 21%, з катастрофічною – 5,7%. На ділянці К2-р ситуація інша. Тут площі з сильним і дуже сильним змивом дорівнюють 20 та 22%, з катастрофічним – 21% (рис. 3).

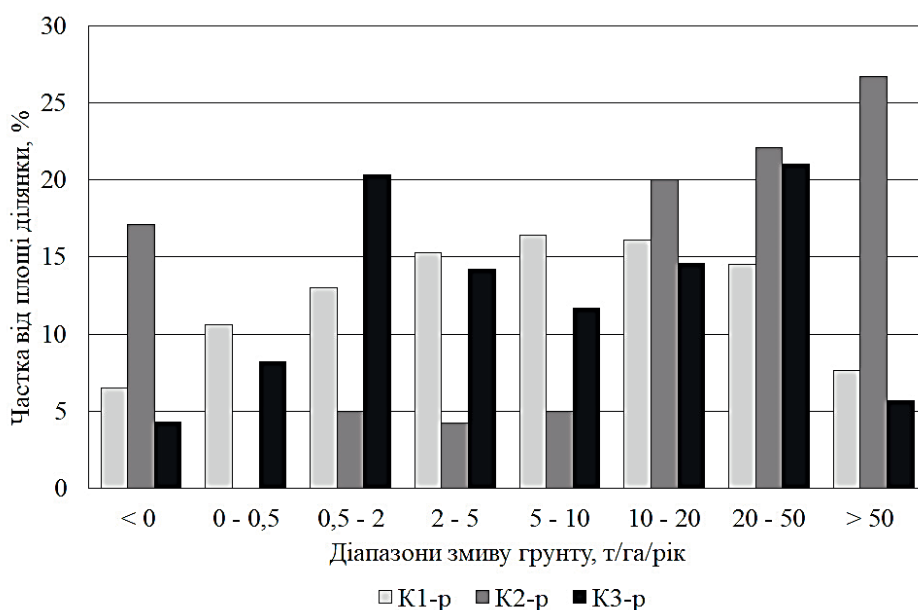


Рис. 3. Просторовий розподіл змиву ґрунту на ділянках К1-р, К2-р і К3-р

Для ділянок К1-р, К2-р та К3-р частка площі з сумарними втратами ґрунту, що перевищують 20 т/га/рік, при яких спостерігається прискорена та катастрофічна деградація земель, складають відповідно 23, 49 та 27%. Це саме ті площі, на яких слід запроваджувати ландшафтно-адаптивні системи землеробства або які слід лишати під суцільне залуження або заліснення, повністю вилучивши їх зі складу орних земель, у відповідності до рекомендацій, наприклад, (Наукові ..., 2010).

За умов застосування ґрунтозахисної кормової сівозміни на ділянці КЗ-р у верхній, найбільш ерозійно небезпечній, третині схилу балки, просторовий розподіл сумарного змиву ґрунту змінюється (рис. 4). Зростає зона акумуляції наносів (до майже 6%), збільшуються області із слабкою (2–5 т/га/рік) та середньою (5–10 т/га/рік) інтенсивністю ерозії та суттєво зменшується зона катастрофічного змиву – з 5,7 до 1,1%. Загалом, області із сильним, дуже сильним та катастрофічним змивом ґрунту за умов використання ґрунтозахисної сівозміни на частині ділянки зменшуються з 41,3 до 32,0%. Середньозважений по площі змив зменшується на 37,8% (з 14,8 до 9,2 т/га/рік).

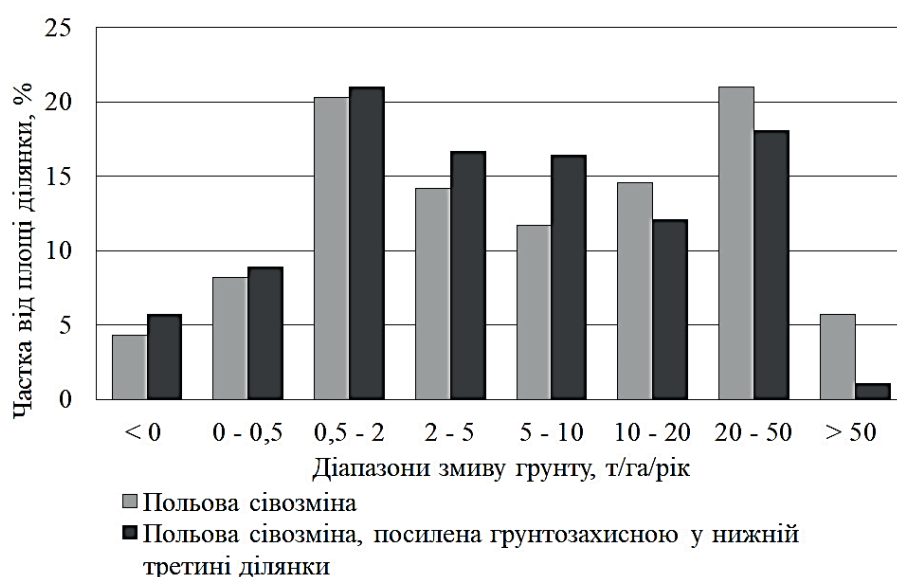


Рис. 4. Просторовий розподіл змиву ґрунту на ділянці КЗ-р з використанням ґрунтозахисної сівозміни та без неї

Найбільш екстремальні умови водно-ерозійної деградації ґрунтового покриву демонструє ділянка К2-р. Середній багаторічний розрахунковий модуль змиву ґрунту у її межах (26,3 т/га/рік), і площі із змивом ґрунту вище 20 т/га/рік (48,8%) є неприпустимими ні з економічної, ні з екологічної точок зору.

ВИСНОВКИ

Кількісна оцінка сучасних водно-ерозійних втрат ґрунту із урахуванням землекористування у межах ключових ділянок, розташованих на південних відрогах Подільської височини, які повністю розорюються та використовуються для вирощування високорентабельних культур, показала високі темпи ерозійної деградації ґрунтового покриву – в середньому 14–26 т/га/рік).

Однак сучасні середні річні темпи ерозійних втрат ґрунту не вище у порівнянні з тими, які були отримані у другій половині 1980-х – початку 1990-х років (Швебс, 1987; Моргун и др., 1988 та ін.). Це обумовлено тим, що гідрометеорологічні умови зливової ерозії з того часу практично не змінилися, а гідрометеорологічний фактор весняного змиву ґрунту в останні три десятиріччя майже вдвічі зменшився під впливом підвищення температур повітря. При цьому суттєвого зниження щорічного змиву ґрунту не відбулося у зв'язку з тим, що частка весняного змиву в межах району дослідження складає лише 15–20% від річного.

Високі значення середнього по площі змиву ґрунту та істотні площі із сильним та дуже сильним змивом (у середньому близько третини схилів орних земель) свідчать про прискорену водно-ерозійну деградацію ґрунтів, що у підсумку призводить до зниження економічної та екологічної цінності земель і у подальшому повної втрати їх родючості. Розрахунки показали, що застосування навіть на невеликих найбільш ерозійно небезпечних площах ґрунтозахисних сівозмін суттєво зменшує середні величини змиву ґрунту та позитивно впливає на розподіл зон із різними темпами прояву водної ерозії.

Розорювання схилів земель з ухилами більше 5° та їх використання для вирощування сільськогосподарських культур в польовій сівозміні без проти-ерозійного захисту призводить до прояву на половині, або більшій частині їх площі дуже сильного (20–50 т/га/рік) і навіть катастрофічного (>50 т/га/рік) змиву ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Дмитренко В. Л., Лавровский А. Б., Гайдамака Е. Н. Дифференцированные показатели потерь почвы от водной эрозии. *Вісник аграрної науки*. 1993, № 6. С. 37–40.
- ДСТУ 7081:2009. Ерозія ґрунту. Допустимі норми, 2010. [Чинний від 2011–01–01]. Київ: Держпоживстандарт України. 12 с.
- Жидкин А. П., Голосов В. Н., Светличный А. А., Пяткова А. В. Количественная оценка перераспределения наносов на пахотных склонах на основе использования полевых методов и математических моделей. *Геоморфология*. 2015. № 2. С. 41–53.
- Захист ґрунтів від ерозії / За ред. В. А. Джамалі і М. М. Шелякіна. Київ: Урожай, 1986. 240 с.
- Канаш О., Осипчук С. Ерозія ґрунтів України: Сучасний стан, аспекти районування, тенденції багаторічних змін. *Генеза, географія та екологія ґрунтів*: зб. наукових праць. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2003. С. 158–163.
- Каштанов А. Н., Лисецкий Ф. Н., Швебс Г. И. Основы ландшафтного земледелия. Москва: Колос, 1994. 128 с.
- Монтгомери Д. Р. Почва: Эрозия цивилизаций. Анкара: Субрегиональное отделение ФАО ООН по Центральной Азии, 2015. 434 с.
- Моргун Ф. Т., Шикун Н. К., Тарарикр А. Г. Почвозащитное земледелие. Киев: Урожай, 1988. 256 с.
- Новиковский Л. Я. Экономические проблемы использования и охраны земельных ресурсов. Киев: Вища школа, 1985. 208 с.
- Новиковський Л. Я., Новиковська І. О. Еколого-економічні та правові проблеми охорони земель. *Вісник аграрної науки*. 2017, № 11. С. 61–70.
- Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні: монографія / за ред. С. А. Балюка, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО. Харків: НТУ «ХПІ», 2010. С. 332–338.
- Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / редкол. Балюк С. А. та ін. Київ: ТОВ «ВИК ПРИНТ», 2010. 111 с.

Полупан Н. И. Почвенные ресурсы Украинской ССР, их структура и современное состояние. *Чтобы не уставало плодородие земли*. Киев: Урожай, 1989. С. 6–18.

Проблема верификации пространственно-распределенных математических моделей водной эрозии почв / А. А. Светличный и др. *Вісник Одеського національного університету. Серія географічні та геологічні науки*. 2013. Том 18. Вип. 3. С. 38–48.

П'яткова А. В. Просторова ГІС-реалізована модель зливогого змиву-аккумуляції ґрунту. *Вісник Одеського національного університету. Серія географічні та геологічні науки*. 2010. Том 15. Вип. 10. С. 135–142.

Светличный А. А., Черный С. Г., Швебс Г. И. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты / ред. А. А. Светличный. 2004. Сумы: Унивентситетская книга. 410 с.

Светличный А. А. Оценка изменений гидрометеорологических условий ливневой эрозии почвы в Степи и Лесостепи Украины в связи с изменениями климата. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*. 2018. Том 23. Вип. 1 (32). С. 53–71.

Светличный А. А., Пяткова А. В. Оценка адекватности пространственного моделирования интенсивности смыва-аккумуляции почвы на основе физико-статистической модели. *Вісник Одеського національного університету. Серія географічні та геологічні науки*. 2017. Том 22. Вип. 2 (31). С. 48–60.

Смирнова Е. М., Можейко Г. А. Эрозия почв и пути решения противоэрозионной проблемы. *Чтобы не уставало плодородие земли*. Киев: Урожай, 1989. С. 19–45.

Структура, динаміка та розподіл земельного фонду України (за станом на 1 січня 2000 року). Київ, 2000. 125 с.

Швебс Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. Ленинград, 1974. 184 с.

Швебс Г. И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев-Одесса: Вища школа, 1981. 223 с.

Швебс Г. И. Территориальная организация землепользования и мелиорация земель. Физическая география и геоморфология. 1987. Вып. 34. С. 96–100.

Эрозия почв и борьба с ней / под ред. В. Д. Панникова. Москва: Колос, 1980. 367 с.

Bulygin S. Ju. On the system of national accounts. *Newsletter of European Society for Soil Conservation*, 1994, № 1+2. Pp. 15–17.

Oldeman L. R. Global Extent of Soil Degradation. *Bi-Annual Report 1991–1992*, Wageningen, The Netherlands: ISRIC, 1992. pp. 19–36. Available at: <https://edepot.wur.nl/299739>.

Svetlitchnyi A. A. The principals of improving empirical models of soil erosion // *Eurasian Soil Science*, 1999. 32(8). Pp. 917–923.

Svetlitchnyi O. O. Long-term forecast of changes in soil erosion losses during spring snowmelt caused by climate within the plain part of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2020. № 29 (3). pp. 591–605.

Svetlitchnyi A. A., Piatkova A. V. Spatially distributed GIS-realized mathematical model of rainstorm erosion losses of soil. *Journal of geology, geography and geoecology*. 2019. Issue 28(3). Pp. 562–571.

Wilkinson B. H. Humans as geologic agents: A deep-time perspective. *Geology*, 2005, 33:161–64. Available at: DOI: 10.1130/G21108.1.

REFERENCES

Dmitrenko, V. L., Lavrovskij, A. B., Gajdamaka, E. N. (1993), Differencirovannye pokazateli poter' pochvy ot vodnoj ehrozii (Differentiated indicators of soil loss from water erosion). *Bulletin of Agricultural Science*, 6, 37–40 [in Russian].

DSTU7081:2009. Eroziia ґрунту. Dopustymi normy (State Standard – Soil erosion. Permissible norms), (2010), [Chynnyi vid 2011–01–01]. Kyiv: Derzhpozhyvstandart Ukrainy, 12 p. [in Ukrainian].

Zhidkin, A. P., Golosov, V. N., Svetlichnyj, A. A., Pyatkova, A. V. (2015), Kolichestvennaya ocenka pereraspredeleniya nanosov na pakhotnykh sklonakh na osnove ispol'zovaniya polevykh metodov i matematicheskikh modelej (Quantification of sediment redistribution on arable slopes based on the use of field methods and mathematical models). *Geomorphology*, 2, 41–53 [in Russian].

Dzhamal, V. A., Sheliakin, M. M. (1986), *Zakhyst gruntiv vid erozii (Protection of soils from erosion)*. Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian].

Kanash, O., Osypchuk, S. (2003), Eroziia ґрунтів України: Suchasnyi stan, aspekty raionuvannia, tendentsii bahatorichnykh zmin (Soil erosion of Ukraine: Current state, aspects of zoning, trends of long-term changes). *Soil genesis, geography and ecology*, 158–163 [in Ukrainian].

Kashtanov, A. N., Liseckij, F. N., Shvebs, G. I. (1994), *Osnovy landshaftnogo zemledeliya (Foundation of landscape farming)*. Moscow: Kolos. [in Ukrainian].

Montgomeri, D. R. (2015), *Pochva: Ehroziya civilizacij (Dirt: the erosion of civilizations)* Ankara: Subregional'noe otделение FAO OON po Central'noj Azii. [in Russian]

- Morgun, F. T., Shikula, N. K., Tarariko, A. G. (1988). *Pochvozashchitnoe zemledelie (Conservation agriculture)*. Kyiv: Urozhaj. [in Russian].
- Novakovskij, L. Ya. (1985). *Ehkonomicheskie problemy ispol'zovaniya i okhrany zemel'nikh resursov (Economic problems of the use and protection of land resources)*. Kyiv: Vishcha shkola. [in Russian].
- Novakovskiy, L. Ya., Novakovska, I. O. (2017). Ekolohe-ekonomichni ta pravovi problemy okhorony zemel (Ecological, economic and legal problems of land protection). *Bulletin of Agricultural Science*, 11, 61–70 [in Ukrainian].
- Baliuk S. A., Tovazhnianskyi L. L. (2010). *Naukovi ta prykladni osnovy zakhystu gruntiv vid erozii v Ukraini: monohrafiia (Scientific and applied bases of soil protection against erosion in Ukraine)*. Kharkiv: NTU «KhPI», 332–338 [in Ukrainian].
- Baliuk, S. A. etc. (2010). *Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy (National report on the state of soil fertility in Ukraine)*. Kyiv: TOV “VYK PRYNT”. [in Ukrainian].
- Polupan, N. I. (1989). Pochvennye resursy Ukrainsoj SSR, ikh struktura i sovremennoe sostoyanie (Soil resources of the Ukrainian SSR, their structure and current state) *Chitoby ne ustavalo plodorodie zemli*, Kyiv: Urozhaj, 6–18 [in Russian].
- Svetlichnyj, A. A., Piatkova, A. V., Plotnitskyi, S. V., Golosov, V. N., Zhidkin, A. P. (2013). Problema verifikacii prostranstvenno-raspredeleennykh matematicheskikh modelej vodnoj ehrozii pochv (The problem of verifying spatially distributed mathematical models of water erosion of soils). *Odesa National University Herald, Series geography and geology*, 3, 38–48 [in Russian].
- Piatkova, A. V. (2010). Prostorova GIS-realizovana model zlyvovogo zmyvu-akumulyatsii gruntu (Spatial GIS-realized model of water erosion losses and accumulation of soil). *Odesa National University Herald, Series geography and geology*, 18, 82–87 [in Ukrainian].
- Svetlitchnyi, A. A., Chornyy, S. G., Shvebs, H. I. (2004). *Eroziovedenie: teoreticheskie i prikladnye aspekty (Soil erosion science: theoretical and applied aspects)*. VTD «University Book, Sumy [in Russian].
- Svetlichnyj, A. A. (2018). Ocenka izmenenij gidrometeorologicheskikh uslovij livnevoj ehrozii pochv v Step i Lesostepi Ukrainy v svyazi s izmeneniyami klimata (Assessment of changes in hydrometeorological conditions of torrential soil erosion in the Steppe and Forest-steppe of Ukraine due to climate change). *Odesa National University Herald, Series geography and geology*, 1, 53–71 [in Russian].
- Svetlichnyj, A. A., Piatkova, A. V. (2017). Ocenka adekvatnosti prostranstvennogo modelirovaniya intensivnosti smyva-akkumulyatsii pochvy na osnove fiziko-statisticheskoy modeli (Assessment of the adequacy of spatial modeling of soil washout-accumulation intensity based on a physical-statistical model). *Odesa National University Herald, Series geography and geology*, 2, 48–60 [in Russian].
- Smirnova, E. M., Mozhejko, G. A. (1989). Ehroziya pochv i puti resheniya protivoehrozionnoj problem (Soil erosion and ways to solve the anti-erosion problem). *Chitoby ne ustavalo plodorodiyae zemli*, Kiev, Urozhaj, 19–45 [in Russian].
- Struktura, dinamika ta rozpodil zemelnogo fondu Ukrainy (za stanom na 1 sichnia 2000 roku) (Structure, dynamics and distribution of the land fund of Ukraine (on January the 1, 2000))* (2000). Kyiv [in Ukrainian].
- Shvebs, H. I. (1974). *Formirovanie vodnoj jerozii, stoka nanosov i ih ocenka (Formation water erosion, sediment runoff and evaluation)*. Leningrad: Hydrometeoizdat [in Russian].
- Shvebs, H. I. (1981). *Teoreticheskie osnovy jeroziovedeniya (Theoretical basis of soil erosion science)*. Kiev–Odesa: Publishing House «Vishcha Schkola» [in Russian].
- Shvebs, H. I. (1987). Territorial'naya organizaciya zemlepol'zovaniya i melioraciya zemel' (Territorial organization of land use and land amelioration). *Physical geography and geomorphology*, 34, 96–100 [in Russian].
- Ehroziya pochv i bor'ba s nej (Soil erosion and fighting it)* (1980). Moscow: Kolos. [in Russian].
- Bulygin, S. Ju. (1994). On the system of national accounts. *Newsletter of European Society for Soil Conservation*, 1+2, 15–17.
- Oldeman, L. R. (1992). Global Extent of Soil Degradation. *Bi-Annual Report 1991–1992*, Wageningen, The Netherlands: ISRIC, 19–36. Available at: <https://edepot.wur.nl/299739>.
- Svetlitchnyi, A. A. (1999). The principals of improving empirical models of soil erosion. *Euras. Soil Sci.*, 32(8), 917–923
- Svetlitchnyi, O. O. (2020). Long-term forecast of changes in soil erosion losses during spring snowmelt caused by climate within the plain part of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 29 (3), 591–605. Available at: DOI <https://doi.org/10.15421/112054>
- Svetlitchnyi, A. A., Piatkova, A. V. (2019). Spatially distributed GIS-realized mathematical model of rainstorm erosion losses of soil. *Journal of geology, geography and geoecology*, 28(3), 562–571. Available at: DOI <https://doi.org/10.15421/111953>.
- Wilkinson, B. H. (2005). Humans as geologic agents: a deep-time perspective. *Geology* 33:161–164. Available at: DOI: 10.1130/G21108.1.

Надійшла 20.11.2021

А. А. Светличный, докт. геогр. наук, профессор
А. В. Пяткова, канд. геогр. наук, доцент
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра физической географии, природопользования и
геоинформационных технологий
Шампанский пер, 2, Одесса, 65058, Украина
svetlitchnyi.aa.od@gmail.com, avpyatkova2011@gmail.com

ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ ПОЧВ В ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Выполнена количественная пространственно-распределенная оценка интенсивности эрозионных потерь почвы на 3-х ключевых участках, расположенных в пределах правобережной Лесостепи Украины на южных отрогах Подольской возвышенности с учетом современных гидрометеорологических условий водной эрозии и землепользования. Для количественной оценки эрозионных потерь почвы использована пространственно-распределенная ГИС-реализованная физико-статистическая математическая модель смыва-аккумуляции почвы, разработанная в Одесском национальном университете имени И. И. Мечникова.

Ключевые слова: водная эрозия почв, количественная оценка, пространственная изменчивость, Украина, правобережная Лесостепь.

O. O. Svitlychnyi
A. V. Piatkova
Odesa I. I. Mechnikov National University
Department of Physical Geography, Nature Management and
Geoinformation Technology
Champaign Lane, 2, Odesa, 65058, Ukraine
svetlitchnyi.aa.od@gmail.com, avpyatkova2011@gmail.com

WATER SOIL EROSION IN RIGHT-BANK UKRAINIAN FOREST-STEPPE ZONE

Abstract

Problem Statement and Purpose. A water soil erosion is one of the most important ecological problems of the world because in the result of it the soil cover completely destroys and is not able to renew for a long time. In opinion of dr. Montgomery D., the loses of agricultural soils even limited the lifetime of ancient civilizations and the same problem closely touches today human being. Following to the information of scientists in 1970-s, about 430 million ha of lands were destroyed in different countries because of water soil erosion. Annual loses of product lands on our planet equal 5–7 million ha. In Ukraine at the end of first decade of 2000s following to National report (2010) the square of eroded agricultural lands equaled 15.954 million ha or 38.4 per cent of their common territory including 12.940 million ha of arable

lands or 39.9 per cent. On average the soil loses about approximately 15 t/ha/year. Thereby the purpose of the study is a spatial distributed quantitative assessment of the intensity of erosion soil loses in the right-bank forest-steppe zone of Ukraine and definition of arable squares with different rates of erosion load considering present climate changes and land use peculiarities.

Data & Methods. For the estimation of average soil wash off three typical slope plots (K1-p, K2-p, K3-p) were used. The plots are situated within the territory of Educational and Scientific Stationary of the Odesa I.I. Mechnikov National University that is in Podilsk district of the north part of Odesa region. This territory is on south hills of Podolska upland in forest-steppe zone. The plots are the different parts of small valleys slopes which are annual plowed up and used for growing of the most profit-making crops – wheat, corn, barley and sunflower. No any scientifically based crop rotation uses there at least for the last twenty years. The spatial distributed physical and statistical model of soil wash off and accumulation was used as a working model for the estimation of average annual soil loses considering the peculiarities of land cultivation and anti-erosion crops properties. The model was developed in Department of Physical geography, Nature Management and Geoinformation Technology of Odesa I.I. Mechnikov National University and realized in GIS-package PCRaster (Utrecht University, Netherlands).

Results. The quantitative assessment of today erosion soil loses on typical plots considering land use demonstrates very high rate of soil erosion degradation which is obviously representative for the most territories of the right-bank forest-steppe zone of Ukraine. Areas of more than 20 t/ha/year wash off equal 23–27 per cent. Areas of less than 2 t/ha/year wash off where the intensity of soil erosion equals to soil restoration are about one third of all arable lands. The average values of wash off for plots K1-p, K2-p, K3-p are 14.2; 26.3 and 14.8 t/ha/year respectively. However, these values are not above the same ones obtained earlier, but even some less. This is due to the decreasing of soil erosion because of snow melting in the spring which is connected with global warming. But simultaneously the hydrometeorological conditions of rainstorm erosion have not change. And essential decreasing of wash off has not happened because the part of snow melting erosion is only 15–20 per cent in the right-bank forest-steppe zone of Ukraine. The huge values of average wash off and significant areas with high and very high wash off (about one third of arable lands) evidence about decreasing of economic and ecological worth of lands commonly. Applying of soil protection crops rotation well influence on soil decreasing the rate of erosion. The plowing of lands with great slopes (6–7° and more) and using them for row crops without rotation leads to catastrophic wash off and increasing of areas with high erosion danger. Such lands need to be exclude of plowing up.

Keywords: water soil erosion, quantitative estimation, spatial distribution, Ukraine, Right-Bank Forest-Steppe zone.