

ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

УДК (UDC) 502:338.43(14)

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-01>

А. О. АЧАСОВА канд. біол. наук, доц.

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»
вул. Чайковського, 4, 61024, м. Харків, Україна

e-mail: achasova@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6294-2445>

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ЗБИТКІВ ВІД ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ

Актуальність. Незважаючи на майже вікову історію оцінок збитків від ерозії, це питання дотепер остаточно не вирішене. Якщо економічна складова збитків може бути відносно легко підрахована, то екологічні та соціально-екологічні збитки майже не піддаються вартісному обрахуванню.

Мета. На підставі аналізу екологічних, економічних та соціальних наслідків водної ерозії ґрунтів та світового досвіду оцінки збитків від ерозії показати можливості та обмеження використання окремих показників для оцінки збитків та еколого-економічного обґрунтування протиерозійних заходів.

Результати. Збитки від ерозії на сьогодні найчастіше вимірюються за обсягом втраченого ґрунту (т/га), вартістю відновлення втрачених поживних речовин та органічної речовини, а також вартістю сільськогосподарської продукції, недоотриманої внаслідок зниження врожайності на еродованих ґрунтах та виведення земель з обробітку. Втрати ґрунту, як правило, оцінюються за результатами математичного моделювання. Різні підходи до оцінки збитків дають розбіжність оцінок в десятки разів, що знижує довіру до них при прийнятті рішень. Землекористувачі не зацікавлені вкладати в протиерозійні заходи більше, ніж вартість врожаю, який вони зможуть додатково отримати. В Україні це призводить до фактичного нехтування проблемою ерозії, яка самопідсилюючись за принципом позитивного зворотного зв'язку, призводить до поглиблення соціально-економічних проблем та погіршення продовольчої безпеки.

Висновки. Для обґрунтування протиерозійних заходів на рівні землекористувачів єдиним достовірним джерелом підрахунку потенційних збитків від ерозії є недобір сільськогосподарської продукції та втрата органічної речовини ґрунту та добрив. Реальні збитки від ерозії лежать в площині глобальних екологічних процесів та продовольчої безпеки, отже проблема ерозії має вирішуватись на загальнодержавному рівні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: деградація ґрунту, еколого-економічна оцінка, ерозія ґрунту, збитки від ерозії, продовольча безпека

Achasova A. O.

National Scientific center «A. N. Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry»

MODERN APPROACHES TO ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ESTIMATION OF DAMAGE FROM SOIL EROSION

Actuality. Despite a nearly century-old history of erosion damage assessments, this issue has not yet been finally resolved. If the economic component of losses can be relatively easily calculated, then environmental and socio-environmental damage are almost impossible to calculate.

Purpose. To show the possibilities and limitations of using individual indicators for assessment of damage and the environmental and economic justification of anti-erosion measures based on analysis of the environmental, economic and social consequences of soil erosion, and world experience in assessing damage from erosion.

Results. Losses from erosion today are most often estimated by the mass of washed soil (t / ha), the cost of restoring lost nutrients and organic matter, as well as the cost of agricultural products lost due to reduced

© Ачасова А. О., 2020



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

yields on eroded soils and stop cultivation of hard eroded soils. Soil losses are usually estimated by mathematical modeling. Different approaches to the assessment of losses give a ten-fold difference in the estimates, which reduces the credibility of them when making decisions. Land users are not interested in investing in anti-erosion measures more than the cost of the crop, which they can additionally receive. In Ukraine, this leads to a de facto neglect of the problem of erosion, which, developing on the principle of positive feedback, leads to the deepening of socio-economic problems and the deterioration of the country's food security

Conclusions. To justify anti-erosion measures at the level of land users, the only reliable source for quantifying the potential damage from erosion is the shortage of agricultural products and the loss of soil organic matter and fertilizers. The real damage from erosion lies in the plane of global environmental processes and food security, therefore, the problem of erosion should be addressed at the national level.

KEYWORDS: degradation, environmental and economic assessment, soil erosion, erosion losses, food security

Ачасова А. А.

Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского»

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ УЩЕРБА ОТ ЭРОЗИИ ПОЧВЫ

Актуальность. Несмотря на почти вековую историю оценок ущерба от эрозии, этот вопрос до сих пор окончательно не решен. Если экономическая составляющая убытков может быть относительно легко подсчитана, то экологический и социально-экологический ущерб почти не поддаются стоимостному подсчету.

Цель. На основании анализа экологических, экономических и социальных последствий водной эрозии почв, и мирового опыта оценки ущерба от эрозии показать возможности и ограничения использования отдельных показателей для оценки ущерба и эколого-экономического обоснования противоэрозионных мероприятий.

Результаты. Убытки от эрозии сегодня чаще всего оцениваются по массе смытой почвы (т/га), стоимости восстановления утраченных питательных веществ и органического вещества, а также стоимости сельскохозяйственной продукции, недополученной вследствие снижения урожайности на эродированных почвах и вывода земель из обработки. Потери почвы, как правило, оцениваются по результатам математического моделирования. Различные подходы к оценке убытков дают расхождение оценок в десятки раз, что снижает доверие к ним при принятии решений. Землепользователи не заинтересованы вкладывать в противоэрозионные мероприятия больше, чем стоимость урожая, который они смогут дополнительно получить. В Украине это приводит к фактическому пренебрежению проблемой эрозии, которая развиваясь по принципу положительной обратной связи, приводит к углублению социально-экономических проблем и ухудшению продовольственной безопасности страны.

Выводы. Для обоснования противоэрозионных мероприятий на уровне землепользователей единственным достоверным источником количественной оценки потенциального ущерба от эрозии является недобор сельскохозяйственной продукции и потери органического вещества почвы и удобрений. Реальный ущерб от эрозии лежит в плоскости глобальных экологических процессов и продовольственной безопасности, следовательно, проблема эрозии должна решаться на общегосударственном уровне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: деградация почв, эколого-экономическая оценка, эрозия почвы, ущерб от эрозии, продовольственная безопасность

Вступ

Водна ерозія ґрунтів є одним з найпоширеніших деградаційних процесів в світі. За даними [1] водній ерозії піддано до 40% території Азії, 30% земель в Африці, 25% в Європі та 35% – в Америці. Захист ґрунтів від ерозії полягає в застосуванні спеціально розробленого для конкретних умов комплексу агротехнічних, гідротехнічних, агролісомеліоративних та організаційно-господарських заходів. При цьому, одним із головних чинників, що лімітують використання протиерозійних заходів є економічна доцільність їх застосування.

В ринкових умовах землевласники та землекористувачі мають бути зацікавлені у

проведенні протиерозійних заходів, отже економічний ефект від їх застосування не може бути меншим за їх вартість. Економічне обґрунтування протиерозійних заходів є обов'язковою умовою їх впровадження та воно дає змогу визначити головні кількісні критерії, за якими визначається доцільність застосування протиерозійних заходів та їх підбір для певної території. Вартісне обрахування шкоди від ерозійних процесів є нетривіальним завданням, оскільки значна частина збитків, що завдаються ерозією навколишньому середовищу не підлягає коректному обрахуванню. Незважаючи на складність, та певну невизначеність розрахунків

економічних та екологічних збитків від ерозії ґрунтів, вони є необхідною умовою вибору стратегії протиерозійного захисту території та економічного стимулювання діяльності з охорони ґрунтів.

Питанню економічної оцінки наслідків водної ерозії та ефективності протиерозійних заходів дослідники приділяли увагу майже з початку розвитку ерозієзнавства. В США перші спроби оцінки збитків від ерозії припадають на тридцять років XX сторіччя, коли ерозія ґрунтів стала одною з причин занепаду сільського господарства країни [2], у відповідь на що у 1933 р. з ініціативи Х. Беннетта була створена служба ерозії ґрунтів «Soil Erosion Service»), яка в подальшому перетворилася в потужну Службу охорони ґрунтів - SCS (Soil Conservation Service). Х. Беннетт грав провідну роль у створенні SCS та боротьбі із ерозією ґрунтів в США на протязі 1920-1950рр. Він поклав багато зусиль на пропаганду необхідності боротьби із ерозією ґрунтів, та зокрема, він оприлюднив одну з перших робіт в світі [3], в яких піднімається питання збитків, що завдаються ерозійними процесами господарству.

Впродовж XX сторіччя розвиток ерозієзнавчих досліджень проходив в двох основних напрямках:

- по-перше, накопичення емпіричних даних про втрати ґрунту за різних комбінацій умов «ґрунт-рельєф-агрофон» за допомогою вимірювання обсягів поверхневого та ґрунтового стоку на стокових майданчиках при природному формуванні поверхневого стоку та при штучному дощуванні, а також шляхом вимірювання втрат ґрунту через визначення об'ємів розмивів після конкретних ерозійних подій;

- по-друге, розвитку методів математичного моделювання ерозійних процесів.

Математичні моделі, що дозволяють прогнозувати втрати ґрунту залежно від умов «ґрунт – клімат – рельєф – агрофон» розроблялись на основі накопиченого емпіричного матеріалу та стали новим етапом розвитку теорії та практики ерозієзнавства [4-7]. Паралельно з цим постійно піднімалися питання економічного обґрунтування застосування протиерозійних заходів.

Так, матеріали загальносоюзної конференції «Теоретичні основи протиерозійних заходів», що проходила в м. Одеса в 1979 р. містять окремих розділ «Економічна оцінка збитків від водної ерозії і ефективність протиерозійних заходів». Експериментальні дослідження щодо економічної оцін-

ки збитків від ерозії були спрямовані на встановлення обсягів втрат врожаю на еродованих землях та, навпаки, приросту врожаю за умов застосування протиерозійних заходів [8-9].

Матеріали експериментальних досліджень 70-80х років XX сторіччя є унікальними за своїм обсягом та працемісткістю та досі не втратили наукового та практичного значення. Так, в роботі Льєва та Гордієнко [8] був проведений аналіз зниження врожайності сільськогосподарських залежно від еродованості ґрунтів. Вони показали, що врожайність основних зернових культур на еродованих ґрунтах знижується. Відносно врожайності на не еродованих ґрунтах, що приймають за 100%, вона складає – 71-83% на слабозмитих, 39-48% на середньозмитих та 26-41% на сильнозмитих ґрунтах. За їх підрахунками на 1978 рік недобір врожаю на еродованих землях складав 40 млн. ц [8]. Вже в сімдесяті роки минулого сторіччя оцінку зниження родючості проводили як за прямим вимірюванням продуктивності ґрунтів через врожайність основних сільськогосподарських культур, так і через зміну бонітету ґрунтів. Так, В. М. Любин [9] розміри збитку від ерозії пропонував визначати через втрати чистого прибутку від зниження родючості ґрунту, тобто втрати продукції на ґрунтах різного ступеня еродованості та повністю зруйнованих внаслідок яроутворення. Такий підхід пройшов випробування часом та досі використовується як один з основних.

В другій половині XX сторіччя з ростом уваги світової спільноти до екологічних проблем, все більшого значення набуває врахування екологічного впливу будь-якої діяльності, та мова йде вже про оцінку не лише економічних, а й екологічних збитків від ерозії ґрунтів та еколого-економічне обґрунтування протиерозійних заходів.

Однак, як підкреслювалось в рішенні Глобального симпозиуму з ерозії ґрунтів (GSER2019), що проходив в Римі 15-17 травня 2019 року, хоча ерозія ґрунту – це глобальне і добре відоме явище, яке потрібно вирішувати в різних масштабах, світова спільнота визнає, що ерозія є складною проблемою, оскільки має наслідки як у місцях прояву, так і поза межами ділянок [10]. І що це ускладнює її оцінку, особливо економічну.

На думку експертів ФАО [11] розрахункові втрати ґрунту внаслідок ерозії складають від 20 до 50 Гт/рік. Однак, як вказується в звіті ФАО 2015 року щодо стану ґру-

нтів Світу [11], на глобальному рівні оцінка розміру збитків від ерозії за даними різних авторів, коливається в межах от 20 до 200 Гт/рік, що свідчить про недосконалість методів оцінки.

В рішенні GSER2019 [10] підкреслено, що наслідки ерозії ґрунту часто не визнаються землевласниками та землекористувачами, особливо у випадку сільського господарства з високими інвестиціями, коли ерозія не обов'язково призводить до помітних втрат продуктивності впродовж короткого терміну. Однак у довгостроковій перспективі наслідки ерозії для суспільства є руйнівними, і пов'язані з цим витрати можуть бути величезними. Саме таке невизнання очевидно гострої проблеми ерозійної деградації ґрунту є характерним, за нашим досвідом спілкування з землекористувачами різних рівнів, і для України, де щорічні збитки від

ерозії оцінюються на рівні 6 млрд. доларів США [7].

За оцінками [12] в світовому масштабі ерозія ґрунтів спричиняє щорічне зниження виробництва продовольства (тобто недоотримання продукції) на 33,7 млн. тон. В умовах все більшого загострення продовольчої проблеми на тлі постійного зростання чисельності населення Землі це досить вагома причина для боротьби із ерозією та відновлення еродованих ґрунтів.

Мета – на підставі аналізу екологічних, економічних та соціальних наслідків водної ерозії ґрунтів та існуючого досвіду оцінки збитків від ерозії показати можливість та обмеження використання окремих показників для оцінки збитків та еколого-економічного обґрунтування ґрунтоохоронних заходів.

Результати дослідження та їх обговорення

На теперішній час ключовим моментом у визначенні збитків від ерозії ґрунтів є виділення двох груп збитків – «on-site» – збитки безпосередньо на місці події, на полі та «off-site» – зовнішні збитки, що спричиняються поза межами поля. Це є визнаною загальносвітовою практикою, та такий поділ використовується в більшості відомих робіт з оцінки збитків [10, 11, 13, 14], в тому

числі він використовувався як базове поняття в матеріалах GSER2019. В таблиці 1 наведено узагальнене за літературними джерелами та міркуваннями автора уявлення про збитки від ерозії ґрунтів за їх видами.

Як видно з таблиці 1, ерозія ґрунтів призводить до широкого кола збитків, яке може бути подане у вигляді розгалуженої схеми причинно-наслідкових зв'язків (рис. 1)

Таблиця 1
Класифікація збитків від ерозії залежно від джерела та місця їх виникнення
(за узагальненими даними)

on-site збитки	off-site збитки
Втрати ґрунту (зниження потужності родючого шару ґрунту); втрати поживних речовин; втрати органічної речовини; зниження родючості ґрунтів, пов'язане із погіршенням їх фізичних та біологічних властивостей та зниженням вмісту поживних речовин; зниження врожайності на еродованих землях; втрата продуктивності; скорочення площ, придатних для вирощування сільськогосподарських культур (виведення земель з обробітку); зростання витрат пального на обробіток еродованих ділянок; пришивидчення зносу техніки	Замулення водойм, джерел, заплав, та об'єктів інфраструктури; затоплення та підтоплення; забруднення води та евтрофікація водойм, погіршення якості води; зниження та втрата біорізноманіття; зниження здатності водних об'єктів до накопичення вологи; зсуви; руйнування автошляхів, залізниць, водних шляхів та іншого суспільного майна; негативні наслідки очищення води; негативні наслідки в галузі гідроенергетики; зниження запасів продовольства; підвищення цін на продовольство; та відповідне ослаблення продовольчої безпеки; обмеження рекреаційної діяльності на водних об'єктах; додаткове надходження парникових газів в атмосферу та глобальне потепління

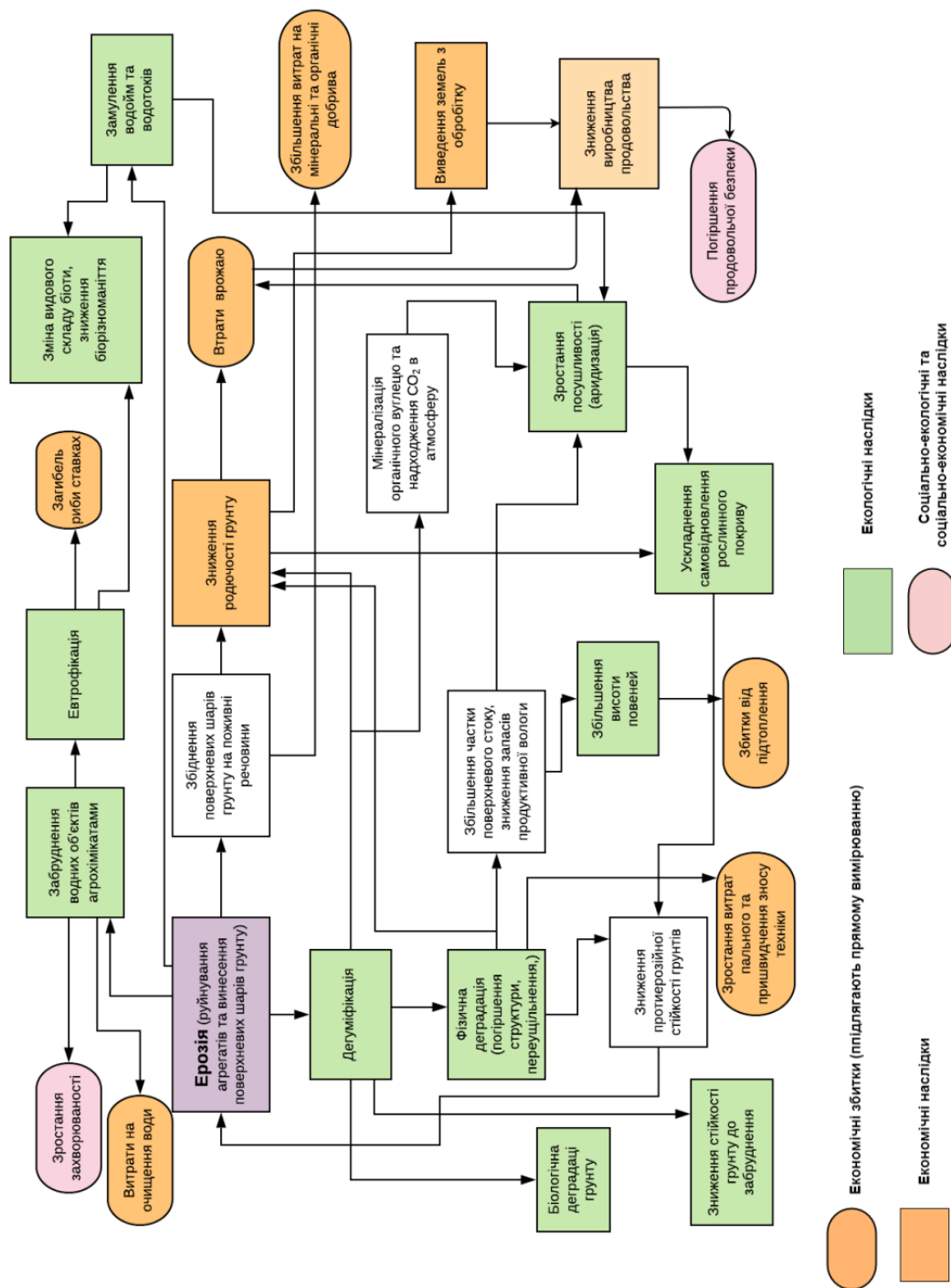


Рис. 1 – Наслідки водної ерозії ґрунтів

яка демонструє зв'язок ближніх та більш віддалених наслідків ерозії та посилення ерозійних процесів за принципом позитивного зворотного зв'язку внаслідок зниження протиерозійної стійкості ґрунту з наростанням його еродованості.

Відрив та винесення за межі поля часток ґрунту призводить до збіднення ґрунту на поживні елементи та гумус, що в свою чергу призводить до втрат врожаю, погіршення його якості, подальшої фізичної та біологічної деградації ґрунту, що, в свою чергу, тягне за собою подальше наростання еродованості, погіршення рівня продовольчої безпеки та загострення екологічних проблем. Далеко не кожен з цих збитків може бути оцінений в грошовому еквіваленті. Саме тому при оцінці ефективності протиерозійних заходів зазвичай використовують термін «еколого-економічна оцінка» чи «еколого-економічне обґрунтування». Економічна оцінка базується, в першу чергу на оцінці втрат врожаю, чи збитків від втрат матеріальних ресурсів. Екологічна оцінка зазвичай здебільшого якісна, або експертна.

За глобальними оцінками маже всі регіони світу зазнають економічних збитків від ерозії ґрунтів. Зниження продуктивності сільського господарства, що виникає внаслідок погіршення фактору ґрунту, має майже однозначний негативний економічний вплив в усьому світі. У грошовому вираженні це становить втрату приблизно 8 млрд. доларів США ВВП [12].

Загалом, як відмічено в матеріалах GSER19 [10], найвищі втрати продуктивності на сільськогосподарських угіддях відбуваються там, де рівень ерозії найвищий, а найбільші економічні збитки фіксуються в тих державах, де сільське господарство забезпечує високий відсоток ВВП. Очевидно, що серед них є і Україна, в якій доля аграрного сектору у формуванні ВВП в останні роки значно зросла і сягнула у 2018 році 13,6% [15], і де ерозії ґрунтів піддані до 32% площі території [7].

Треба зазначити, що узагальнення досвіду економічних оцінок втрат від ерозії показує значні розбіжності даних, що отримуються, та відсутність загальноприйнятого підходу (табл. 2).

Таблиця 2

Оцінка збитків від ерозії за різними авторами

Втрати, що вимірювались	Обсяг втрат та одиниці	Збитки (долар/рік)	Країна	Джерело
Поживні речовини (NPK), та ґрунт	$3 \cdot 10^9$ т/рік	$40 \cdot 10^6$	США	Bennett, 1933 [3]
Поживні речовини (NPK), продуктивність та ґрунт	0,9-26,6 т/га у рік	$27-1,5 \cdot 10^3$ (з 1 га)	Бразилія	Marques, 1961 [16]
Продуктивність культур та втрата ґрунту	10-15 т/га/ рік	$500 \cdot 10^6$	Мексика	Margulis, 1992 [18]
Органічний вуглець (C), CO ₂ , осад	1,42 т С/га/ рік	$156 \cdot 10^6$	Велика Британія	Pretty et al, 2000 [19]
Органічний вуглець (C), NPK, Втрати ґрунту	0,5-100.5-10 т/га/ рік	$45,4 \cdot 10^9$	ЄС	Montanarella, 2007 [20]
Втрати ґрунту	0,5-10 т/га/ рік	166-409 (з 1 га)	ЄС	Kuhlman et al., 2010 [21]
Втрати ґрунту	До $5 \cdot 10^8$ т/рік	$>6 \cdot 10^9$	Україна	Наукові..., 2010 [7]
Втрати ґрунту	$20-30 \cdot 10^9$ т/рік	-	Світ	FAO, 2015 [11]
Втрати ґрунту		$1,7 \cdot 10^9$	ЄС	Panagos et al., 2018 [22]
Втрати ґрунту	$4,52 \cdot 10^9$ т/рік	$29,4 \cdot 10^9$	КНР	Wang et al., 2019 [23]
Втрати ґрунту	$1,18 \cdot 10^9$ т/рік	$5,2 \cdot 10^9$	Бразилія	Polidoro et al., 2019 [24]
Втрати ґрунту	11,9 т/га/рік	$732,7 \cdot 10^9$	Азія	Thomas et al., 2019 [25]
Поживні речовини (NPK)	$5,2 \cdot 10^6$ т/рік	$127 \cdot 10^9$	Африка	Thomas et al., 2019 [25]
Втрати ґрунту	3,5-22,7 т/га/рік	$3 \cdot 10^9$	Канада	Badreldin et al., 2019 [26]

еколого-економічної оцінки збитків від ерозії ця, проблема все ще лишається невирішеною.

Для встановлення розміру збитків від ерозії провідне значення мають 2 групи факторів, (табл. 3) які можна охарактеризувати

як об'єктивні, що зумовлюють інтенсивність ерозійних процесів та визначають реально існуючий (фактичний) обсяг збитків; та суб'єктивні, які зумовлені адекватністю обраного методу оцінювання реальним умовам проходження ерозійного процесу

Таблиця 3

Чинники, що зумовлюють розрахунковий обсяг збитків від ерозії

Чинники, що впливають на результат розрахунку	
Об'єктивні	Суб'єктивні
Кліматичні; Орографічні (рельєф); Ґрунтові (ерозійна стійкість ґрунтів); Антропогенні (структура угідь, характер використання земель); Біологічні (рослинний покрив, біологічна активність ґрунту тощо);	Обраний метод розрахунку збитків; методи розрахунку окремих показників, на підставі яких оцінюються збитки; обрана розрахункова модель прогнозу змиву; повнота врахування статей втрат (збитків); точність інформаційної основи (детальність ЦМР, достовірність ґрунтових та кліматичних даних, врахування неоднорідності ґрунтів; точність інтерполяції та апроксимації даних);

При чому, залежно від обраного для обрахунку збитків підходу, кількісна оцінка збитків може відрізнятись в декілька разів. Так, в роботі [27] показано, що розмір збитків, оцінений на підставі зміни внаслідок ерозії розрахункових показників вартості земельних ресурсів може варіювати, залежно від параметру оцінки в 1,2-12,7 разів. Причому мінімальні розбіжності відносно середньозваженої оцінки (91%) встановлені для оцінок за розчленуванням території ярами, а максимальні (314%) для оцінок за зменшенням глибини ґрунтового профілю. Наведені В. А. Юрловою [27] дані свідчать, що точність оцінок, які базуються на розрахункових показниках вартості земельних ресурсів є незадовільною. Що, на нашу думку, викликано тим, що при таких оцінках відбувається «накопичення помилки» - за рахунок сумарної похибок суб'єктивних оцінок окремих показників, що включені у загальну оцінку збитків.

В Україні також, як показано в роботі О. Л. Попової [28], оцінки збитків від деградації земель, в тому числі, водної ерозії, базуються на двох показниках – втратах гумусу та недоборі врожаю. У різних авторів ці оцінки значно різняться між собою і є, переважно, експертними.

Ще один підхід до економічної оцінки збитків від деградації земель продемонстрований в монографії О. В. Шевченка та А.

Г. Мартина [29]. Він полягає у введенні розрахункових поправкових коефіцієнтів на деградованість земель до їхньої бонітетної оцінки з урахуванням гранулометричного складу, при якому ступінь деградації ґрунтів визначається за назвами їхніх агропробних груп. На думку авторів, такий підхід для оцінки впливу ступеня деградації на бонітетну оцінку ґрунтів може використовуватись не тільки для всієї території України, але й для адміністративних областей, природно-сільськогосподарських зон, провінцій, округів і районів. Однак, ми вважаємо, що такі оцінки можна охарактеризувати як «орієнтовні» та для вартісної оцінки збитків від ерозії їх точності недостатньо.

На нашу думку [30] збитки від ерозії доцільно поділяти не лише за місцем виникнення та дії, а і за терміном та періодичністю дії на:

1) «Постійні» збитки на еродованих землях (враховуються як непрямі витрати), що відбуваються внаслідок:

а) щорічного недоотримання прибутку від реалізації сільськогосподарської продукції, що вирощується на еродованих землях. Ступінь зниження врожайності сільськогосподарських культур пропорційна змитості ґрунтів та може бути розрахована для конкретних полів з урахуванням плямистості території як середньозважений показник зниження врожайності;

б) щорічного неотримання прибутку із земель, виведених з виробництва внаслідок ерозії;

в) опосередкованих екологічних та економічних збитків за рахунок зниження стійкості ґрунтів до ерозії та підсилення змиву ґрунту на еродованих ґрунтах (прямо не враховуються, але в подальшому впливають на оцінку прямих та непрямих витрат через зміну якісних та кількісних характеристик ґрунту).

2) «Ситуативні» збитки – втрати ґрунту та частини врожаю під час конкретної ерозійної події. (Фактично – це прямі втрати).

В подальшому кожна ерозійна подія стає певним внеском в формування постійних збитків. Ситуативні збитки від ерозії можна оцінити за вартістю недоотриманої в результаті пошкодження посівів в наслідок розмивання та замулення сільськогосподарської продукції та втраченого разом із змитим ґрунтом гумусу та поживних речовин.

Вартість втраченого ґрунту, як пропонує цілий ряд дослідників, доцільно визначати саме через витрати на відновлення втраченого із змитим ґрунтом гумусу (або органічної речовини), тому що гумус визначає комплекс основних властивостей ґрунту, що забезпечують його родючість та стійкість до подальшого ерозійного руйнування.

Найбільш раціональний шлях оцінки потенційних ситуативних втрат ґрунту – використання комп'ютерного моделювання процесів водної ерозії, з метою кількісної оцінки втрат ґрунту при певній інтенсивності опадів для конкретної території. Однак обрана для розрахунків математична модель має відповідати тим природно-антропогенним умовам, для яких проводиться моделювання та враховувати обмеження моделі.

Як вже було сказано, перераховані вище збитки від ерозії можуть бути виміряні в грошовому еквіваленті через втрати (недоотримання) сільськогосподарської продукції, та вартість втраченого ґрунту та винесених з ним поживних речовин (добрів).

Однак, ерозія ґрунтів завдає непоправної шкоди ґрунтовому покриву, необоротно руйнуючи ґрунти, та негативно впливаючи не лише на продуктивну, а й на цілу низку екологічних функцій. Відповідно,

оскільки ерозія ґрунтів спричиняє одночасно як суто економічні (зниження продуктивності земель та ефективності капіталовкладень) так і екологічні та соціально-екологічні збитки, які завдаються одночасно, то і оцінка цих збитків має здійснюватися комплексно.

Під екологічними збитками розуміється сукупність негативних наслідків як для навколишнього середовища взагалі, так і для ґрунтового покриву зокрема.

Соціально-екологічні збитки, тобто збитки, які завдаються суспільству внаслідок загострення екологічних проблем, наприклад, зростання захворюваності в результаті забруднення води та погіршення якості сільськогосподарської продукції, або погіршення продовольчої безпеки є віддаленими наслідками ерозії ґрунту. Крім того, це як правило комплексні явища, в основі яких лежить цілий ряд чинників. Отже їх фактично неможливо однозначно прив'язати до кількісно виміряного змиву ґрунту з одиниці площі. Однак, це не знімає «відповідальності» ерозії за свій внесок у формування соціально-екологічних проблем.

Втрата ґрунту, що є сутністю ерозійного процесу і може бути обрахована кількісно, є одночасно джерелом як економічних збитків (винесення елементів живлення та зниження продуктивності) так і негативних екологічних наслідків.

Ми погоджуємось із думкою E. Varbi-er [31] що економічна термінологія «витрати, збитки, прибуток» не означає, що мова йде про суто економічні показники – при обґрунтуванні ґрунтоохоронної діяльності ці терміни стосуються всіх наслідків ерозії та збереження ґрунтів – соціальних, економічних та екологічних. Однак, при обґрунтуванні застосування ґрунто-охоронних заходів, як справедливо відмітив [31] головним завданням є встановлення бажаного (допустимого) ступеня деградації ґрунту як з точки зору суспільства в цілому, так і з точки зору окремого землекористувача, що можливо лише за умов встановлення потенційного зиску збереження ґрунтів, який він вважає синонімом терміну «вартість деградації ґрунту».

Аналіз існуючих підходів до визначення еколого-економічної ефективності землекористування, проведений [32] показав, що екологічна ефективність як правило

вимірюється наступними показниками: окупність витрат, пов'язаних з ліквідацією або попередженням забруднення і руйнування природного середовища, а також втрат сільськогосподарської продукції внаслідок погіршення екологічного стану навколишнього середовища.

Основна проблема проведення еколого-економічних оцінок збитків від ерозії полягає в складності, або, навіть, принциповій неможливості кількісного обрахування більшої частини завданого екологічного збитку та його переведення в грошовий вимір, а отже й встановлення потенційного зиску збереження ґрунтів адекватного існуючій небезпеці.

Як правило екологічні наслідки ерозії ґрунтів оцінюються шляхом якісних експертних оцінок, та їх грошовий еквівалент або взагалі не наводиться, або, як наприклад у [5] вказують дуже приблизні оцінки, на кшталт («приблизно дорівнює за обсягом прямим збиткам», або «перевищують прямі збитки»).

Наприклад, не може бути обрахована точна кількість парникових газів, що надходять в атмосферу внаслідок ерозії, оскільки дотепер достеменно невідомо, яка частка органічного вуглецю в складі змитого та перевідкладеного ґрунту мінералізується, а яка залишається законсервованою у денудаційних відкладах.

Методика оцінки збитків від забруднення водою [33] потенційно придатна для оцінки забруднення внаслідок ерозії. Однак, забруднення водою внаслідок ерозії є частковим випадком екологічних збитків, який реєструється лише за наявності водних об'єктів в місцях розвантаження стоку. Вона має сенс лише на рівні водозбірних басейнів та потребує наявності даних регулярних моніторингових спостережень за якістю води для встановлення факту забру-

днення та оцінки кількості забруднюючих речовин, що надходять у водний об'єкт для підрахунку збитку.

Таким чином, кількість втраченого ґрунту та його складових (органічного вуглецю та поживних елементів) є єдиним достовірним джерелом кількісного обрахування збитків від ерозії, які за своєю сутністю є як економічними, так і екологічними. В той же час, треба усвідомити, що хоча недоотримання продукції внаслідок ерозії та оцінка вартості втраченого ґрунту та поживних речовин є, фактично, єдиними параметрами оцінки збитків що піддаються достовірному кількісному обрахуванню, вони є лише вершиною «айсберга» екологічних збитків, спричинених ерозійними процесами.

В сучасних умовах, коли увага світової спільноти та урядів окремих держав до екологічних проблем постійно зростає, та питання збереження ґрунтів (нейтральної, або нульової деградації) стає одним з питань державної безпеки, значення екологічної складової в оцінках ефективності виробництва, чи здійснення будь-якої сільськогосподарської діяльності неухильно зростає.

Однак, екологічний компонент діяльності та його корегування важко піддаються монетизації, тому як правило не несе прямого економічного зиску виробникові, а отже, має забезпечуватись Державою. Як це й відбувається в більшості розвинених країн світу – шляхом безпосереднього бюджетного фінансування чи економічного стимулювання застосування ґрунто-охоронних заходів. Ніякі теоретичні заклики до збереження ґрунтів не будуть мати ефекту без економічного підґрунтя та демонстрації дійсної, підтвердженої діями а не лише деклараціями про наміри, зацікавленості держави в охороні ґрунтів та відтворенні їх родючості.

Висновки

Збитки від ерозії на сьогодні вимірюються за кількістю втраченого ґрунту та вартістю сільськогосподарської продукції, що втрачається внаслідок зниження врожайності на еродованих ґрунтах. Втрати ґрунту, в свою чергу, як правило оцінюються за результатами математичного моделювання, як потенційно можливі втрати для певних умов.

Найбільш значні негативні наслідки ерозії – як-то вплив на глобальні кліматичні процеси, забруднення водних об'єктів, посилення аридизації на місцевому рівні, посилення загального процесу деградації ґрунтів є неочевидними в кожному конкретний момент часу для пересічного землекористувача, та не піддаються прямим кількісним вимірюванням. Внаслідок цього вони пов-

ністю ігноруються при виборі стратегії землекористування та прийнятті рішень щодо застосування ґрунтозахисних технологій.

Для обґрунтування економічної доцільності застосування протиерозійних заходів на рівні конкретних землекористувачів єдиним достовірним джерелом підрахунку потенційних збитків від ерозії є недобір сільськогосподарської продукції та втрата органічної речовини ґрунту та добрив.

Однак, оцінка вартості змитого ґрунту за вартістю відновлення вмісту органічної речовини має практичний сенс лише в тому разі, коли ці витрати стають або обов'язковими для землекористувача, або компенсуються державою.

Таким чином, запровадження ґрунтозахисних технологій на місцевому рівні з ініціативи конкретних землекористувачів можливо лише в обсягах, що за рівнем витрат не перевищують фактичну вартість щорічного недоотримання продукції на сільськогосподарських землях.

В той же час, реальні збитки від ерозійних процесів значно більші за недобір врожаю, чи винесення поживних речовин. Вони лежать в площині глобальних екологічних процесів та боротьба з ерозією не може бути справою окремих фермерів. Це, без перебільшення, питання державної безпеки та воно має вирішуватись на загальнодержавному рівні.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автор повністю дотримувався етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. Wuepper D., Borrelli P., Finger R. Quantifying the effect of countries on global soil erosion. *Annual Conference International Association for Applied Econometrics University of Cyprus, Nicosia June 25-28, 2019*. URL: https://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db_name=IAAE2019&paper_id=98
2. Helms D. Hugh Hammond Bennett and the creation of the Soil Erosion Service. *Natural Resources Conservation Service of United States Department of Agriculture. Historical Insights*. 2008. № 8. 13 p. URL: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/about/history/?cid=stelprdb1044441>
3. Bennett H. H. The cost of soil erosion. *Ohio Journal Science*, 1933. V.33. P 271-279. URL: https://kb.osu.edu/bitstream/handle/1811/2640/V33N04_271.pdf
4. Кузнецов М. С., Глазунов Г. П. Эрозия и охрана почв. Москва, 1996. 335 с.
5. Швебс Г. И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев-Одесса, 1981. 224 с.
6. Бульгин С. Ю., Неаринг М. А. Формирование экологически сбалансированных агроландшафтов: проблема эрозии. Харьков, 1999. 272 с.
7. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні. Харків, 2010. 460 с.
8. Ильев Л. И., Гордиенко Р. Н. Экономическая эффективность противоэрозионных защитных насаждений. *Теоретические основы противоэрозионных мероприятий*: тезисы докл. всесоюз. конф. (Одесса, 25-27 сентября 1979 г.). Ч. II. С. 103-104
9. Любин В. М. К методике определения ущерба от эрозии в сельскохозяйственном производстве. *Теоретические основы противоэрозионных мероприятий*: тезисы докл. всесоюз. конф. (Одесса, 25-27 сентября 1979 г.). Ч. II. С. 104-105
10. Outcome document of the Global Symposium on Soil Erosion. Rome. FAO, 2019. 28 p. URL: <http://www.fao.org/3/ca5697en/ca5697en.pdf>
11. Soil change: impacts and responses. in: Status of the World's Soil Resources (SWSR) Main Report. / Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. 2015. P. 168-222. URL: <http://www.fao.org/3/a-bc596e.pdf>
12. Sartori M. et al. A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion/ *Land Use Policy*. 2019. V. 86. P. 299-312. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.014>
13. Dimotta A. Global soil erosion costs: a critical review of the economic assessment methods. // Soil erosion interdisciplinary overview: modelling approaches, ecosystem services assessment and soil quality restoration. applications and analyses in the Basilicata region. Italy. 2019. 70 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13842.30401>
14. Telles, T. ., Guimarães, M. F., Dechen, S. C. F. The costs of soil erosion. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2011. Vol.35. No.2. P. 287-298. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000300010>
15. Доля АПК в ВВП України// Z-Україна. Статистика, економіка, політика, персоны. 30.06.2019 URL: <https://zet.in.ua/statistika-2/vvp/dolya-apk-v-vvp-ukrainy/>

16. Marques J. Q. A. Berton, J. & Barreto, G.B. A study of soil losses due to erosion in São Paulo. *Bragantia*. 1961. vol. 20. P. 1143-1182. URL: <https://doaj.org/article/de5bf2081baa404192bfcf44ca8fca68>
17. Larson W. E. Pierce F. J., Dowdy R. H. The threat of soil erosion to long-term crop production. *Science*. 1983 - V. 219. P. 458-465. <https://doi.org/10.1126/science.219.4584.458>
18. Margulis S. *Back of the envelope estimates of environmental damage costs in Mexico (English)*. Policy, Research working papers ; no. WPS 824. Agriculture operations. 1992. Washington, DC: World Bank. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/331481468774642787/Back-of-the-envelope-estimates-of-environmental-damage-costs-in-Mexico>
19. An assessment of the total external costs of UK agriculture/ Pretty J.N. et al. *Agricultural System*. 2000. N 65. P.113-136. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00031-7)
20. Montanarella L. Trends in land degradation in Europe. // Sivakumar, M. V. K., Ndiang'ui, N., eds. *Climate and land degradation*. New York, Springer, 2007. P.83-104. URL:https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72438-4_5
21. Kuhlman T., Reinhard S., Gaaff A. Estimating the costs and benefits of soil conservation in Europe. *Land Use Policy*. 2010. Vol.27 (1). P. 22-32ю
22. Panagos P. et al. Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. *Land Degradation and Development*. 2018. Vol.29. P. 471-484. <https://doi.org/10.1002/ldr.2879>
23. Wang F., et al. Soil and water conservation policy evolution and its human-environment contexts in China since 1949. *FAO. Proceedings of the Global Symposium on Soil Erosion 2019*. Rome, 2019. P.528-533 URL: <http://www.fao.org/3/ca5582en/CA5582EN.pdf>
24. Polidoro J. C. et al The impact of plans, policies, practices and technologies based on the principles of conservation agriculture for controlling soil erosion in Brazil. *FAO. Proceedings of the Global Symposium on Soil Erosion 2019*. Rome, 2019. P.553-558. URL: <http://www.fao.org/3/ca5582en/CA5582EN.pdf>
25. Thomas R., et al. The economics of soil erosion and benefits of sustainable land management in Asia and Africa. *FAO. Proceedings of the Global Symposium on Soil Erosion 2019*. Rome, 2019. P.609-614. URL:<http://www.fao.org/3/ca5582en/CA5582EN.pdf>
26. Badreldin N., Lobb D. A. Assessment of the Cost of Soil Erosion to Crop Production in Canada. *FAO. Proceedings of the Global Symposium on Soil Erosion 2019*. Rome, 2019. P.633-637. URL: <http://www.fao.org/3/ca5582en/CA5582EN.pdf>
27. Юрлова В. А. Эколого-экономическая оценка сельскохозяйственных земель: теоретико-методические аспекты и практическая реализация. *Управление экономическими системами*. 2014. №6 (66). 12 с. URL: http://www.uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=2965
28. Попова О. Л. Оцінка суспільних збитків і розміру відшкодування за погіршення якості сільськогосподарських земель. *Економіка України*. 2013. № 3. С. 47-56. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk_2013_3_6
29. Шевченко О. В., Мартин А. Г. Економічна ефективність ґрунтоохоронних заходів при використанні земель сільськогосподарського призначення: монографія. К.: ЦП «Компринт», 2016. – 332 с.
30. Ачасова А. О., Ачасов А. Б. Економічна оцінка збитків від водної ерозії як ключ до впровадження ґрунтозахисних заходів. *Шляхи удосконалення землекористування, кадастру та геоінформаційного забезпечення в сучасних умовах*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., присвяч. 70-річчю кафедри управління земельними ресурсами та кадастру, (27-28 вересня 2016 р. Харк. нац. аграр. ун-т. ім. В.В. Докучаєва). Х.: ХНАУ, 2016. С.13-17. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24319.56484>
31. Barbier E. B. The Economics of Soil Erosion: Theory, Methodology and Examples// Fifth Biannual Workshop on Economy and Environment in Southeast Asia (Singapore, November 28-30, 1995). URL: <http://203.116.43.77/publications/specialp2/ACF2B4.html>
32. Недилько Л. А., Мещанинова Е. Г. Эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения: понятие, содержание, показатели. *Вестник ЮФТУ (НПИ)*. 2015. № 5. С. 55-61. URL: http://www.vestnik-npi.info/upload/information_system_15/1/9/5/item_1951/information_items_property_5569.pdf
33. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів. Затверджено Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 20.07.2009 № 389. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09>

References

1. Wuepper, D., Borrelli, P. & Finger, R. (2019). Quantifying the effect of countries on global soil erosion. *Annual Conference International Association for Applied Econometrics University of Cyprus, Nicosia 2019 June 25-28*. Retrieved from https://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db_name=IAAE2019&paper_id=98

2. Helms, D. (2008). Hugh Hammond Bennett and the creation of the Soil Erosion Service. *Natural Resources Conservation Service of United States Department of Agriculture. Historical Insights*. 8. Retrieved from <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/about/history/?cid=stelprdb1044441>
3. Bennett, H. H. (1933). The cost of soil erosion. *Ohio Journal Science*, (33), 271-279. Retrieved from https://kb.osu.edu/bitstream/handle/1811/2640/V33N04_271.pdf
4. Kuznetsov, M. S. & Glazunov, G. P. (1996). *Erosion and soil protection*. Moscow: MSU Publishing House (in Russian).
5. Shwebs, G. I. (1981). *Theoretical Foundations of Erosion Studies*. Kiev-Odessa: High school (in Russian).
6. Bulygin, S. Yu. & Niaring, M. A. (1999). *Formation of ecologically balanced agrolandscapes: the problem of erosion*. Kharkov: Aeneas (in Russian).
7. Balyuk, S. A. & Tovazhnyansky, L. L. (Eds.). (2010). *Scientific and applied bases of soil protection from erosion in Ukraine*. Kharkiv: NTU "KPI". (in Ukrainian).
8. Ilyev, L. I. & Gordienko, R. N. (1979). Economic efficiency of anti-erosion protective plantings. *Proceedings of the All-Union Conference: Theoretical foundations of anti-erosion measures*, Odessa, 1979, September 25-27, Part II, (pp. 103-104). Odessa. (in Russian).
9. Lyubin, V. M. (1979). On the methodology for determining damage from erosion in agricultural production. *Proceedings of the All-Union Conference: Theoretical foundations of anti-erosion measures*. Odessa, 1979, September 25-27, Part II. (pp.104-105). Odessa. (in Russian).
10. FAO. (2019). *Outcome document of the Global Symposium on Soil Erosion*. Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca5697en/ca5697en.pdf>
11. FAO and ITPS. (2015). Soil change: impacts and responses. in: Status of the World's Soil Resources (SWSR) Main Report. Rome, Italy, 2015, 168-222. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bc596e.pdf>
12. Sartoria, M. Philippidis, G., Ferrari, T., Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L. & Panagos, P. (2019). A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion. *Land Use Policy*, 86, 299-312. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.014>
13. Dimotta, A. (2019). Global soil erosion costs: a critical review of the economic assessment methods. In *Soil erosion interdisciplinary overview: modelling approaches, ecosystem services assessment and soil quality restoration. applications and analyses in the Basilicata region. Italy*. Retrieved from <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13842.30401>
14. Telles, T. S., Guimarães, M. F. & Dechen, S. C. F. (2011). The costs of soil erosion. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(2), 287-298. Retrieved from <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000300010>
15. The share of agriculture in the GDP of Ukraine. (2019, June 30) [Web log post] Z-Ukraine. Statistics, economics, politics, people. (in Russian). Retrieved from <https://zet.in.ua/statistika-2/vvp/dolya-apk-v-vvp-ukrainy/>
16. Marques, J. Q. A., Bertoni, J. & Barreto, G. B. (1961). A study of soil losses due to erosion in São Paulo. *Bragantia*, 20, 1143-1182. Retrieved from <https://doaj.org/article/de5bf2081baa404192bfcf44ca8fca68>
17. Larson, W. E., Pierce, F. J., & Dowdy, R. H. (1983). The threat of soil erosion to long-term crop production. *Science*, 219, 458-465. Retrieved from <https://doi.org/10.1126/science.219.4584.458>
18. Margulis, S. (1992). *Back of the envelope estimates of environmental damage costs in Mexico (English)*. Policy, Research working papers ; no. WPS 824. Agriculture operations. Washington, DC: World Bank. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/331481468774642787/Back-of-the-envelope-estimates-of-environmental-damage-costs-in-Mexico>
19. Pretty, J. N., Brett, C., Gee, D., Hine, R. E., Mason, C. F., Morison, J. I. L., Raven, H., Rayment, M. D., & van der Bijl, G. (2000). An assessment of the total external costs of UK agriculture. *Agricultural System*, 65, 113-136. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00031-7)
20. Montanarella, L. (2007). Trends in land degradation in Europe. In Sivakumar, M.V.K., Ndiang'ui, N. (Eds.), *Climate and land degradation*. (pp. 83-104). New York: Springer. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72438-4_5
21. Kuhlman, T., Reinhard, S. & Gaaff, A. (2010). Estimating the costs and benefits of soil conservation in Europe. *Land Use Policy*, 27, 22-32.
22. Panagos, P., et al. (2018). Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. *Land Degradation and Development*, 29, 471-484. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/ldr.2879>
23. Wang, F., Li, R., Stringer, L.C., Fleskens, L., & Ritsema, C. J. (2019). Soil and water conservation policy evolution and its human-environment contexts in China since 1949. In *FAO. Proceedings of the Global Symposium on Soil Erosion*, (pp. 528-533). Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca5582en/CA5582EN.pdf>
24. Polidoro, J. C., de Freitas, P. S., Bhering, S. B., de Carvalho, W. J., de Aragão Ribeiro Rodrigues, R., de Melo Benites, V.,... Ribeiro, J. L. (2019). The impact of plans, policies, practices and technologies based on the principles of conservation agriculture for controlling soil erosion in Brazil. In *FAO. Proceedings of the*

- Global Symposium on Soil Erosion*, (pp.553-558). Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca5582en/CA5582EN.pdf>
25. Thomas, R., Schauer, M., Tilahun, M., Kumar, P. & Singh, A. (2019). The economics of soil erosion and benefits of sustainable land management in Asia and Africa. In *FAO. Proceedings of the Global Symposium on Soil Erosion*, (pp. 609-614). Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca5582en/CA5582EN.pdf>
26. Badreldin, N. & Lobb, D. A. (2019). Assessment of the Cost of Soil Erosion to Crop Production in Canada In *FAO. Proceedings of the Global Symposium on Soil Erosion*, (pp. 633-637). Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca5582en/CA5582EN.pdf>
27. Yurlova, V. A. (2014). Ecological and economic assessment of agricultural land: theoretical and methodological aspects and practical implementation. *Economic Systems Management: An Electronic Scientific Journal*, (6 (66)), 36. Retrieved from http://www.uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=2965 (in Russian).
28. Popova, O. L. (2013). Estimation of social losses and the size of a compensation for a deterioration of the quality of farming lands. *Economy of Ukraine*, 3, 47–56. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk_2013_3_6.
29. Shevchenko, O. V. & Martin, A. G. (2016). *Economic efficiency of soil conservation measures in the use of agricultural land*. Kyiv: Comprint CPU (in Ukrainian).
30. Achasova, A. O. & Achasov, A. B. (2016). Economic estimation of losses from water erosion as key to implementation of soil protection measures. *Proceedings of the All -Ukrainian Research Practice Conference: Ways of improvement of land management, cadastre and geoinformation support in modern conditions: 70th Anniversary of the Department of Land Management and Cadastre, Kharkiv, 2016, September 27-28* (pp.13-17). Kharkiv: KhNAU V.V. Dokuchaev. Retrieved from <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24319.56484>
31. Barbier, E. B. (1995). The Economics of Soil Erosion: Theory, Methodology and Examples. *Proceedings of the 5th Biannual Workshop on Economy and Environment in Southeast Asia* Singapore, 1995, November 28-30. Retrieved from <http://203.116.43.77/publications/specialp2/ACF2B4.html>
32. Nedilko, L. A. & Meshchaninova, E. G. (2015). Efficiency of the use of agricultural land: concept, content, indicators. *Bulletin of SRSTU (NPI)*, 5, 55-61. Retrieved from http://www.vestnik-npi.info/upload/information_system_15/1/9/5/item_1951/information_items_property_5569.pd (in Russian).
33. *Methodology of calculating the amount of compensation for losses caused to the state as a result of violation of legislation on the protection and rational use of water resources*. (2009). Approved by Order of the Ministry of Environmental Protection of Ukraine 20.07.2009 № 389. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09> (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 08.04.2020

Прийнята 15.04.2020