

### ABSTRACT

**Purpose.** Estimation of the influence of atmospheric precipitation on the state of the environment, on the example of the industrial city of Kamyanske.

**The methods** of research is to analysis of chemical parameters of the composition of atmospheric precipitation for the presence of pollutants in them.

**Findings.** The influence of the level of pollution of atmospheric precipitation on the biological resistance of plants by the method of biotesting, for example, of cress salad is experimentally determined. It was found that atmospheric precipitation that falls within the city affects the biological stability of plants, in particular, inhibiting their germination. Thus, indicators of snow contamination and precipitation can be used as indicators of anthropogenic impact on the state of the environment in the city of Kamyanske. To reduce pollution of the roadside territory, a scheme is proposed for cleaning contaminated rainfall and melt water draining from roads using natural clay sorbents.

**The originality** is to determine the interconnection of emissions of harmful substances from industrial enterprises and vehicles and pollution of atmospheric precipitation in the city of Kamyanske. A new method for cleaning wastewater from roads using natural clay sorbents is proposed.

**Practical implications.** The results of the research can be used to improve and optimize the atmospheric air monitoring system in the city of Kamyanske, to predict the level of air pollution by harmful impurities and to prevent situations that lead to deterioration of the ecological situation in the city.

**Keywords:** *anthropogenic impact, atmospheric precipitation, pollution of the territory, biological stability, sewage treatment*

УДК 502.21:504.03

© О.С. Ковров, Ю.В. Бучавий, В.В. Федотов, А.Г. Рудченко

### МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ ПРИРОДНИХ СХИЛІВ ЯРУЖНО-БАЛОЧНОЇ МЕРЕЖІ М. ДНІПРО

© О. Kovrov, Yu. Buchavii, V. Fedotov, A. Rudchenko

### METHOD OF THE LANDSLIDE RISK ASSESSMENT FOR NATURAL SLOPES AT THE GULLY-RAVINE NETWORK OF THE DNIPRO CITY

Запропоновано методику комплексної геоecологічної оцінки зсувонебезпечності природних схилів яружно-балочної мережі на прикладі м. Дніпро. Обґрунтовано контрольний список показників, за якими можна оцінити стан природних схилів. Для оцінки стану яружно-балочної системи використано матрицю Леопольда, за допомогою якої виявлено найбільш небезпечні балки для обґрунтування інженерного захисту території від зсувів.

Предложена методика комплексной геоecологической оценки оползнеопасности природных склонов овражно-балочной сети на примере г. Днепр. Обоснован контрольный список

показателів, по котрым можна оцнить состояние природных склонов. Для оценки состояния овражно-балочной системы использована матрица Леопольда, с помощью которой выявлены наиболее опасные балки для обоснования инженерной защиты территории от оползней.

**Актуальність.** Яружно-балочна мережа є характерною для багатьох рівнинних територій України. Вона визначає значною мірою загальний характер природно-територіального комплексу і планувальну структуру населених місць. Під дією дощових і талих на схилах утворюються різноманітні ерозійні форми. Серед них виділяються найпростіші або елементарні – борозни, вибоїни, промоїни, улоговини та більш складні й великі – яри та балки. Процеси лінійної ерозії посилені господарською діяльністю людини та сприяють розвитку інтенсивних екзогенних геологічних і геоморфологічних процесів перетворення земної поверхні.

На території міста Дніпропетровська спільна дія природних і техногенних чинників активізує розвиток складного комплексу небезпечних екзогенних процесів, що призводить до виникнення інженерно-геоморфологічних проблем.

Впровадження системи обліку яружно-балочної мережі та діагностики ризиків розвитку небезпечних геологічних явищ міста є вельми актуальною задачею для науки і практики містобудування та геоекологічного моніторингу зсувонебезпечних процесів.

Проте, для отримання достовірної оцінки зсувонебезпечності природних схилів необхідно проведення цілої низки польових досліджень із використанням професійного устаткування (потужних георадарів, лазерних теодолітів та ін.), а також використання спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання геомеханічних процесів за результатами спостережень. Це робить систему безперервного моніторингу зсувонебезпечних процесів вельми складною, повільною та затратною у масштабах усього міста.

У зв'язку з цим, виникає необхідність у розробці експрес-методики, яка дозволила би за результатами експертної оцінки та загальнодоступних даних оперативно визначити та ранжувати досліджені території міста або його окремі об'єкти (балки, пагорби, яруги) за характеристиками потенційної зсувонебезпеки.

**Аналіз літератури.** Балки – задерновані або порослі лісом яри з пологоувігнутим дном - виконують істотну ландшафтно-творчу роль, утворюючи своєрідний екологічний каркас. В умовах степової зони України, особливо в районах з щільною забудовою, вони залишаються природними притулками для видів флори і фауни. Сьогодні в м. Дніпро виділяють близько 36 балок. Деякі з них також можуть служити сільбищними, рекреаційними та природоохоронними територіями. З іншого боку, балки являють собою небезпеку зсувних, ерозійних та сейсмічних процесів, яким можуть сприяти підтоплення і заболочування території. Ці небезпеки ведуть до катастрофічних наслідків, що супроводжується значними матеріальними, соціальними та екологічними втратами [1].

Прояви негативних ерозійних процесів – ерозійні борозни, вимоїни, пло-

щинне змивання – зафіксовані майже по всій площині схилів. Процеси площинної ерозії активізуються, головним чином, після злив літньої пори. Їхньому розвитку сприяє техногенна діяльність на схилах, що використовуються під гори, коли знищується дерновий покрив. У результаті площинної ерозії на ділянках, що прилягають до підніжжя схилів балки і її відрогів, а також у їх донних частинах, після злив утворюються нагромадження делювіальних відкладень. Також слід зазначити наявність у геологічному розрізі досліджуваної території лесових ґрунтів різної потужності, здатних при замочуванні проявляти просідні властивості, як ще одного з несприятливих фізико-геологічних процесів [2].

Таким чином, балки як об'єкт дослідження і процеси що відбуваються в них, представляють інтерес для натуралістів, біологів, геологів, а також фахівців в області містобудування та природоохоронних служб.

**Метою роботи** є розробка методики з оцінки зсувонебезпечності природних схилів та її апробація під час проведення геоекологічного дослідження яружно-балочної мережі м. Дніпро (за 2016–2017 р.).

Для досягнення мети були поставлені наступні **завдання**: вивчити природно-кліматичні умови балок м. Дніпро схильних до зсувонебезпечних процесів; виконати натурні дослідження схилів вздовж простягання балок; виявити фактори антропогенного впливу на розвиток екзогенних геологічних процесів; обґрунтувати перелік показників для комплексної геоекологічної оцінки зсувонебезпечності природних схилів; дослідити за запропонованою методикою характеристики зсувонебезпечності основних балок м. Дніпро.

**Методика досліджень.** Для дослідження зсувних процесів у балках м. Дніпро використані дані польових досліджень та натурних спостережень, дані експертних оцінок, картографічні матеріали з дешифрованими аерофотознімками, а також методика формування контрольного списку за матрицею Леопольда для оцінки зсувонебезпечності природних схилів й прогнозування тенденції до виникнення зсуву за функцією бажаності Харрінгтона.

**Основний матеріал.** В правобережній частині м. Дніпро налічується 36 балок і ярів, які характеризуються високим ризиком зсувонебезпечності. Завалені багатотонним сміттям, балки давно перестали регулювати рівень поверхневих вод. В умовах постійного відмокання осінніми дощами, та за умов зовнішніх навантажень від об'єктів цивільного та громадянського будівництва схили балки стають зсувонебезпечними. Найбільш небезпечна зсувна ситуація спостерігається в 7 балках міста [3].

*Довга (Червоноповстанська) балка.* Велика балка між центральним пагорбом (проспект Гагаріна) і пагорбом на якому розташовані вулиці Карла Лібкнехта і Артема. Загальна довжина балки – понад 2200 м з відрогами ярів довжиною від 200 до 1000 м, середні значення ширини низової частини – 50-150 м, середня крутизна кутів нахилу схилів – 30–60°. На даний момент простягається від Запорізького шосе приблизно до вулиці Паторжинського. Має кілька рукавів-відгалужень від парку ім. Гагаріна, від вулиць Сірко і Гусенка. До кінця 19-го століття балка досягала Дніпра і в своїй нижній частині довгий час називала-

ся Провалля через дуже круті та неприступні схили перед центральним пагорбом. Спочатку балка називалася Довгою, з середини 19 століття – Жандармською, з 1920-х рр. по 2015 р. – Червоноповстанською. У листопаді 2015 року балці повернули історичну назву – Довга.

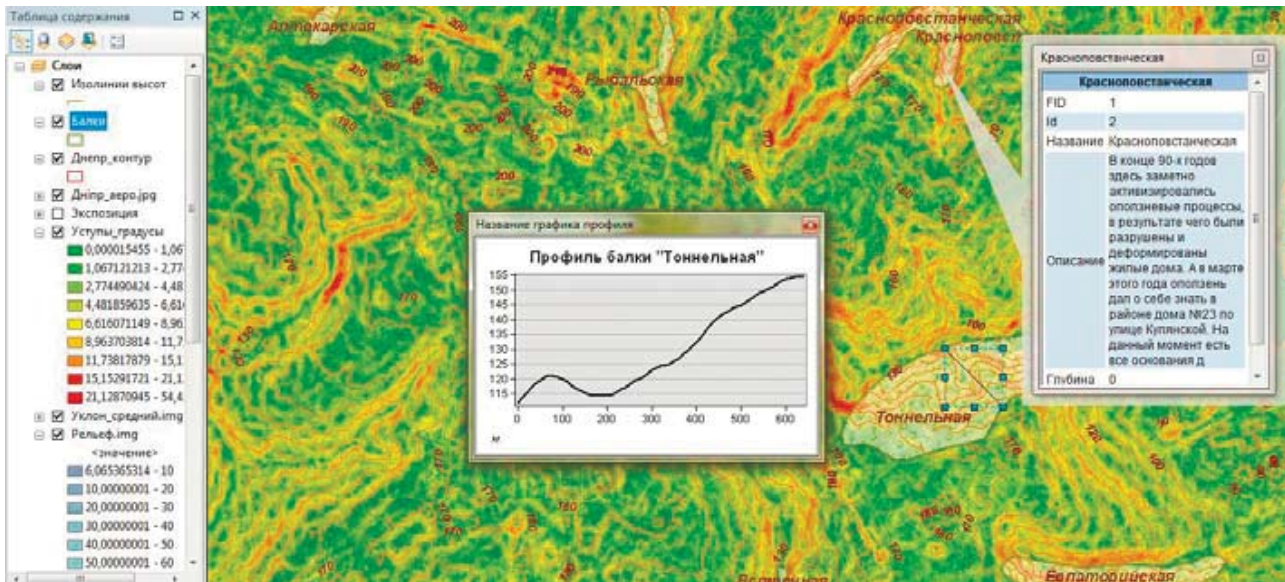


Рис. 1. Приклад реалізації ГІС яружно-балочної мережі міста за допомогою програмного комплексу ArcGIS

Схили балки поступово забудовувалися з самого народження міста. Її низинну частину, а так же схил пагорба, стали активно зривати в середині 19 століття. Ділянку балки в районі її перетину з сучасним просп. Дмитра Яворницького було засипано на початку 50-х років 19 століття.

В кінці 90-х років тут помітно активізувалися зсувні процеси, в результаті чого були зруйновані і деформовані житлові будинки. Обвальні-зсувні процеси тривають, про що свідчать тріщини та деформації житлових будинків (вул. Куп'янська 19, 23). Більше сотні будинків тут розташовані біля самої кромки схилу, в потенційно небезпечній зоні обвалення. В даний час зсувні ділянки також фіксуються в районі вулиць Сірко, Пугачова, Виконкомівській, Гоголя, Бронетанкової. Територія вимагає установки дренажних систем і термінового очищення тальвеге балки від завалів сміття і мулу для усунення підвищення рівня ґрунтових вод.

*Рибальська балка.* Балка знаходиться між просп. Кірова та вул. Робочою. Балка отримала назву через цегляних заводів братів Рібакових, які були розташовані на її схилах. Протягом всього періоду балку засипали, реконструювали і забудовували. Тепер велика частина балки забудована, за винятком південної частини, де розташований парковий комплекс. Загальна довжина балки – близько 1000 м, середні значення ширини низової частини – 50-200 м, середня крутизна кутів нахилу схилів – 10–30°.

Верх Рибальської балки – від вулиці Титова до вулиці Вакуленчука – активно забудовувався в радянські роки в обхід всіх будівельних норм і правил та

без узгодження зі спеціальними службами. Результатом такої бездумної забудови на небезпечній території стала активізація зсувів та просадки земної поверхні в районі вулиць Вакуленчука, Гавриленко і Нахімова. В 1996-1997 роках були відселені два житлових будинки, деформовані будівлі шкіл №22, №75. Незважаючи на виконаний комплекс протизсувних робіт переміщення ґрунту на деяких ділянках вздовж балки триває.

*Зустрічна балка.* Цей об'єкт розташований між двома величезними житловими масивами Тополя-1 і Тополя-2 є невеликий за розмірами але відомий катастрофічним зсувом 1997 року, що забрав під землю 9-поверховий житловий будинок, два дитсадки та школу. Економічні збитки склали близько 127 млн. грн. Були виконані лише першочергові заходи з інженерного захисту, та й то в неповному обсязі.

Загальна довжина балки – 310 м, середні значення ширини низової частини – 5-20 м, середня крутизна кутів нахилу схилів – 15-25°. Внаслідок відсутності належних інженерних споруд для збору та відводу поверхневого стоку під загрозою зсувів залишаються уся інфраструктура території. Активні зсувні процеси в балці тривають внаслідок аварійної роботи каналізаційних мереж, вологонасичення лесових просадкових ґрунтів і, як наслідок, тріщинам в житлових будинках і їх деформаціям. Ситуацію погіршує руйнування одного з водостоків, через що зрушення ґрунту збільшилися в рази. Через аварійний стан дощової каналізації і недостатньої дренажної системи рівень ґрунтових вод підвищується, про що свідчать дані багаторічних спостережень. Схили балки знаходяться в нестійкому стані, інтенсивно розвиваються процеси поверхневої ерозії. Спільна тригерна дія природно-кліматичних та техногенних факторів може спричинити нові масштабні зсуви на цій ділянці.

*Тунельна балка.* Урочище Тунельна балка розташоване на південному сході м. Дніпропетровська між житловими масивами Перемога, Тополя й Сокіл. Назва балки походить від залізничного тунелю, що прорізає один з міських пагорбів (рис. 1). Загальна довжина балки – 1550 м, середні значення ширини низової частини – 50–500 м, середня крутизна кутів нахилу схилів – 25–55°. На разі балка є місцем відпочинку, лісопарковою зоною, а також містить об'єкти будівництва різних форм власності, зокрема Центр активного відпочинку «Лавина». На окремих ділянках урочища спостерігаються інтенсивні зсувні процеси [4], що викликає необхідність виконання відповідних заходів з інженерного захисту і техногенної безпеки схилів.

Переміщення ґрунту на схилах Тунельної балки тривають. Схили перевантажені, підпірна стіна недобудована, водовідводи поверхневого стоку води відсутні. У зоні ризику – житловий масив Сокіл-1 і вулиця Космічна.

Ситуація ускладнюється розташованим у нижній частині балки резервуару системи питного водопостачання об'ємом 10 тис. м<sup>3</sup>. Через зсуви конструкція резервуару деформована, порушена робота зливного колектора аварійних вод. Постійні протікання водоводу розмивають ґрунт і підтоплюють дерева, що були раніше посаджені для зміцнення схилів балки. Ситуація не критична, але досить небезпечна.

*Євпаторійська балка.* В районі балки розташований житловий масив Сокіл-2. Загальна довжина балки – 1870м, середні значення ширини низової частини – 20–130 м, середня крутизна кутів нахилу схилів – 20–80°. В межах багатоповерхової та приватної забудови по вулиці Євпаторійській спостерігаються зсувні процеси. Перша черга протизсувних робіт була проведена ще в 1982–1984 роках. Проект другої черги, розроблений в 1992 році, так і не був реалізований. Наразі ТОВ «Будівельні відходи» виконують рекультиваційні роботи з санації двох ярів правого схилу Євпаторійської балки з використанням будівельних відходів і наступним створенням на їх місці лісопаркової зони.

*Аптекарска балка.* Балка розташована між вулицями Новоорловська і Рибоча. Назва Аптекарска пов'язано також з перебувала поруч з нею першої в місті аптекою. Загальна довжина балки – 1620м, середні значення ширини низової частини – 10–40м, середня крутизна кутів нахилу схилів – 15–25°. Практично вся територія зайнята приватної житловою забудовою, де постійно відбуваються течії з самовільно побудованих водомереж і каналізації, а зливостоки завалені сміттям. Через це постійно трапляються окремі зсуви ґрунту.

*Діївська балка.* Балка розташована в Новокодацькому районі м. Дніпро, де спостерігається масштабне підтоплення території. Формування балки проходило внаслідок діяльності тривалих екзогенних процесів неоген-четвертинного віку під впливом клімату, як чинника формування рельєфу. Загальна довжина балки сягає приблизно 3000м. Балка має субмеридіональний напрямок з півдня на північ, звивисту форму, впадає в долину р. Дніпро, характеризується широкою розгалуженістю, різною крутизною схилів. Балка має форму усіченого конуса шириною по бровці приблизно від 150м до 1400м в верхній частині та від 50м до 550м в нижній; асиметрична – правий схил більш крутий, а лівий – пологий. Загальна глибина урізу балки змінюється від 15м до 40м.

В верхів'я балки з південного сходу, півдня, південного заходу й заходу вриваються п'ять відрогів. Верхів'я деяких із них ускладнені яружною мережею, глибина врізання від 3м до 8м, ширина від 1м до 25м, кут ухилу бортів 30–60°. Довжина ярів від 30м до 100м. Схили й дно ярів частково задерновані, густо поросли деревинно-чагарниковою рослинністю, частково засипані побутовим і будівельним сміттям.

Майже по всій території дослідження проявляються наслідки інженерної діяльності людини: порушення дернового покриву схилів (города на схилах), засипка дна відходами металургійного виробництва, схилів – побутовим і будівельним сміттям, розробка кар'єру, підрізка схилів (будівництво гаражів), додаткове навантаження на схили внаслідок їх забудови, вібраційні впливи, пов'язані з будівництвом і експлуатацією залізничних і автомагістралей, що призводять до утворення значних статичних і вібраційних навантажень, підтоплення внаслідок підйому рівня підземних вод. Все вище перераховане призвело до повсюдного поширення процесів площинної і лінійної ерозії, проявів суфозії, яроутворенню та зсувам. Так, загальна площа зсувних ділянок в балці Діївська може сягати приблизно 45000м<sup>2</sup>. При обстеженні будинків на обох схилах балки виявлено тріщини деформацій на стінах будинків, на підпирних стінках,

відрив та порушення вимощень навколо будинків, провали асфальту.

Велика потужність в балці Діївській насипних ґрунтів (до 25м), які можуть створювати непроникні для води ділянки, наявність дорожніх насипів, що створюють баражний ефект, перезволоження лесових ґрунтів атмосферними опадами, ерозійний розмив схилів, збільшення крутизни схилів внаслідок господарської діяльності людей – це основні чинники, що активізують розвиток негативних екзогенних процесів на досліджуваній території [2].

**Методика оцінки зсувонебезпечності природних схилів яружно-балочної мережі.** Для оцінки стійкості природних схилів яружно-балочної мережі рекомендується застосовувати методику контрольного списку, яка базується на результатах первинного збору картографічної інформації та даних натурних спостережень. Контрольний список є важливим етапом геоекологічної оцінки яружно-балочної мережі і складається з переліку питань, які дають первинну інформацію щодо яру, балки або окремих їх елементів (схилів) в контексті зсувонебезпечності. Список об'єднаний в чотири змістовні модулі, які охоплюють головні фактори впливу на стійкість природних схилів та розвиток екзогенних геологічних процесів: геометричні параметри, геологічні та геоморфологічні особливості, наявність рослинності, антропогенний вплив (табл. 1–4).

Таблиця 1

Геометричні параметри яружно-балочної мережі (модуль 1)

Контрольний показник	Умовна шкала інтенсивності впливу фактору		
	Відсутній або мінімальний (1 бал)	Значний / дуже значний (2 бали)	Максимальний/катастрофічний (3 бали)
Загальна довжина балки, $L^*$	$L \leq 200$ м	$L = 200-500$ м	$L \geq 500$ м
Усереднене значення максимальної ширини низової частини балки, $W^*$	$W \leq 10$ м	$W = 10-25$ м	$L \geq 25$ м
Крутизна кутів нахилу схилів, $\alpha$ , град.*	Пологий, $\alpha \leq 10^\circ$	Середній, $\alpha \leq 10-30^\circ$	Крутий $\alpha \geq 30^\circ$ або обривчастий
Середнє значення глибини балки, $h$ , м*	Незначна ( $h = 1 \dots 4$ м)	Середня ( $h = 5 \dots 10$ м)	Значна ( $h \geq 10$ м)
Середнє значення уклону балки вздовж тальвегу $\beta$ , град.*	Незначний ( $\beta = 0 \dots 4^\circ$ )	Середній ( $\beta = 5-10^\circ$ )	Значний ( $\beta > 10^\circ$ )

Таблиця 2

Геологічні та геоморфологічні особливості яружно-балочної мережі (модуль 2)

Контрольний показник	Умовна шкала інтенсивності впливу фактору		
	Відсутній або мінімальний (1 бал)	Значний / дуже значний (2 бали)	Максимальний/ катастрофічний (3 бали)
Наявність наслідків зсувних процесів на поверхні схилу	Відсутні	Наявність окремих ділянок зсуву, опливів, осипів тощо	Наявність масштабного зсувного тіла та переміщених ґрунтових мас
Наявність розгалуженої яружно-балочної системи вздовж балки*	Відсутня	Наявність 1-2 відрогів або ярів	Наявність більше 2 відрогів або ярів балки
Наявність ділянок обривів схилів з вертикальними кутами до $\alpha \leq 90^\circ$	Відсутня (1 бал)	Наявність декількох ділянок	Наявність чисельних ділянок обривів схилів з вертикальними кутами до $\alpha \leq 90^\circ$
Наявність ділянок з інтенсивними ерозійними процесами та вимоїнами на поверхні схилів	Відсутні	Середня ураженість поверхні схилу ерозійними процесами	Значна ураженість поверхні схилу ерозійними процесами
Наявність заколів та тріщин на поверхні схилу	Відсутні	Наявність окремих ділянок з заколами на поверхні схилу	Наявність масштабних заколів на поверхні схилу
Наявність оголень з значними шарами лесових ґрунтів	Відсутні	Тонкий прошарок (до 1 м) лесових ґрунтів	Значні прошарок лесових ґрунтів
Наявність провалів (урвищ) на поверхні схилу*	Відсутні	Наявність окремих ділянок	Наявність масштабних провалів
Наявність вимоїн від ерозійних потоків на поверхні схилів або вздовж тальвегу балки, $b$ , м	Незначні, $b \leq 0,5$ м,	Середні, $b = 0,5 \dots 1,0$ м,	Значні, $b \geq 1,0$ м



## Наявність рослинності яружно-балочної мережі (модуль 3)

Контрольний показник	Умовна шкала інтенсивності впливу фактору		
	Відсутній або мінімальний (1 бал)	Значний / дуже значний (2 бали)	Максимальний/катастрофічний (3 бали)
Наявність рослинності на поверхні схилу*	Щільна деревинно-чагарникова рослинність	Трав'яниста рослинність з окремими деревами або кущами	Відсутня або рідка трав'яниста рослинність
Наявність деревинно-чагарникової рослинності на верхній терасі схилу*	Щільна деревинно-чагарникова рослинність	Трав'яниста рослинність з окремими деревами або кущами	Відсутня або рідка трав'яниста рослинність
Наявність деревинно-чагарникової рослинності вздовж низового схилу та тальвегу балки*	Щільна деревинно-чагарникова рослинність	Трав'яниста рослинність з окремими деревами або кущами	Відсутня або рідка трав'яниста рослинність
Наявність заболочених ділянок в тальвезі балки*	Відсутні	Наявність окремих ділянок зволоження ґрунту в тальвезі балки (2 бали)	Наявність заболочених ділянок

Як бачимо, кожний елемент (показник) контрольного списку оцінюється за умовною шкалою інтенсивності від 0 до 3 балів, яка показує вплив певного фактору або його відсутність від мінімального до максимально негативного, що чинить вплив на розвиток екзогенних геологічних процесів. Для уникнення впливу невизначених показників на результати досліджень доцільно поєднання вхідних даних до матриці Леопольда та застосування функції бажаності Харінгтона для оцінки виникнення зсувонебезпечних процесів, згідно підходу, що наведений у роботах [5, 6]. За даним підходом, слід проводити розрахунок зсувонебезпечності балок наступним чином. У кожній клітині матриці проставити інтенсивність впливу кожного параметра ( $\omega$ ) на яружно-балочну мережу або її елементи (табл. 1–4). Інтенсивність впливу оцінюється за шкалою від 0 до 3 балів: 0 балів – немає впливу або дані відсутні, 1 бал – слабкий негативний вплив (або позитивний вплив як у разі висадки дерев на схилах балок й наявності протизсувних споруд тощо), 2 бали – середній негативний вплив, 3 бали – сильний негативний вплив.

Таблиця 4

## Антропогенний вплив яружно-балочної мережі (модуль 4)

Контрольний показник	Умовна шкала інтенсивності впливу фактору		
	Відсутній або мінімальний (1 бал)	Значний / дуже значний (2 бали)	Максимальний/катастрофічний (3 бали)
Використання балки в якості сміттєзвалища, не-санкціоноване складування промислових та побутових відходів	Вплив відсутній	Є окремі локальні ділянки складування відходів	Наявність значних ділянок складування відходів
Наявність протиерозійних та протизсувних інженерних засобів (споруд)	Наявність сформованих мікротерас та інших протиерозійних споруд на поверхні схилу	Наявність сформованих мікротерас та інших протиерозійних споруд на окремих ділянках схилу	Протиерозійний контроль відсутній
Наявність житлової забудови або об'єктів промислового будівництва вздовж схилів балки або в зоні впливу на балочно-яружну мережу*	Відсутня	Незначна кількість, окремі споруди та будинки в зоні впливу	Суцільна забудова в зоні впливу
Наявність джерел або виходу підземних вод на поверхню схилу або в тальвег балки	Відсутня, тальвег балки сухий	Незначна зволоженість тальвегу балки	Наявність постійного водотоку
Використання поверхні балочно-яружної мережі для сільськогосподарських потреб (сінокоси, пасовиська, вирубка дерев, городи тощо)	Вплив відсутній	Є окремі локальні ділянки	Наявність значних ділянок порушення поверхні схилу
Використання поверхні балочно-яружної мережі для видобування будівельних матеріалів (глини, піску тощо)	Вплив відсутній	Є окремі локальні ділянки	Наявність значних ділянок порушення поверхні схилу
Наявність та інтенсивність впливу комунікацій та інженерно-технічних споруд	Інженерно-технічні споруди відсутні	Вплив інженерно-технічних споруд помірний	Вплив інженерно-технічних споруд значний

Значимість ( $\gamma$ ) всіх впливів розраховується за формулою:

$$\gamma = 100/n, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість значущих осередків у матриці, тобто таких осередків, в яких  $\omega \neq 0$ . Розрахунок загальної сили впливу фактору ( $I$ ) виконується за формулою:

$$I = \gamma \sum_{i=1}^n \omega_i. \quad (2)$$

Таким чином, для кожної балки отримуємо безрозмірну величину загальної сили впливу ( $I$ ) зсувонебезпечних процесів, що знаходиться у діапазоні від 100 ( $I_{\min}$ ) до 300 ( $I_{\max}$ ).

Для визначення наслідків за силою впливу зсувонебезпечних процесів балок застосовуємо функцією бажаності Харрінгтона, яка знаходиться за формулою  $d = \exp[-\exp(-Y)]$  та має вигляд (рис. 2).

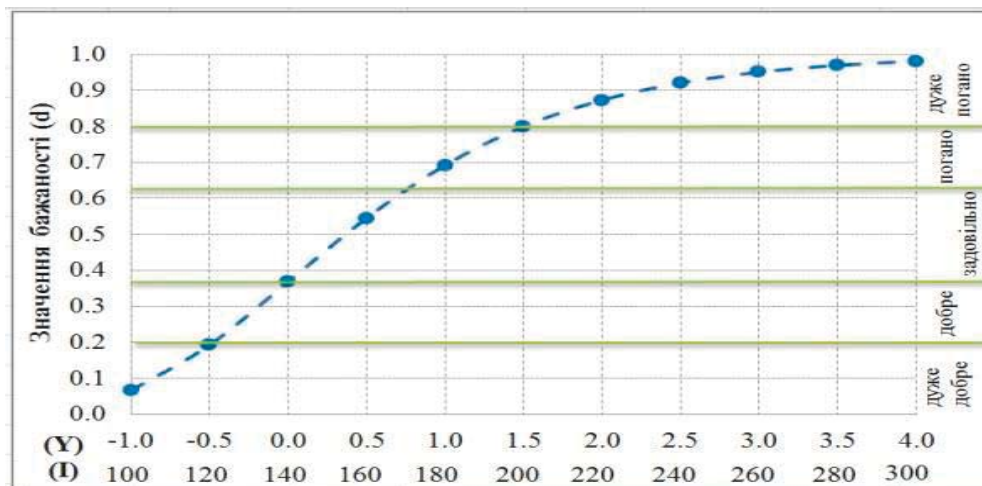


Рис. 2. Визначення тенденції виникнення зсуву за функцією Харрінгтона

На осі ординат ( $d$ ) нанесені значення бажаності, що змінюються від 0 до 1 та відповідна вербальна оцінка бажаності за можливістю виникнення зсувонебезпечних процесів. По осі абсцис вказані значення сили впливу фактору ( $I$ ), що записані в умовному масштабі, та відповідна їм нормалізована шкала  $Y$  за значеннями якої й визначається функція Харрінгтона.

Особливостями запропонованої методики також є те, що вона поділяє показники експертної оцінки, які визначаються безпосередньо під час польових робіт, та показники які визначаються за дистанційно-розрахунковими методами, зокрема із використанням ГІС-технологій. До переваг останніх відносяться оперативність отримання актуальних аерофотознімків середньої роздільної здатності (до 10 м/піксель) із загальнодоступних ресурсів (EarthExplorer, www.scrihub.com, copernicus.eu), а також об'єктивність цифрових результатів за рахунок уніфікованої процедури обробки аерофотознімків та проведення геостатистичного аналізу засобами ГІС.

Таким чином, в даній роботі деякі(\*) з геометричних й геоморфологічних параметрів досліджених балок, а також ступень їх озеленення та щільність за-

будови навколо них визначались за результатами обробки аерофотознімків, отриманих з радарних та оптоелектронних супутників серії Sentinel-1 та Sentinel-2.

**Результати досліджень.** У табл. 5 наведено результати оцінки зсувонебезпечності схилів яружно-балочної мережі м. Дніпро за допомогою матриці Леопольда.

Таблиця 5

Результати оцінки зсувонебезпечності схилів  
яружно-балочної мережі м. Дніпро

Параметри оцінки	Балки м. Дніпро						
	Тунельна	Красноповстанська	Рибальська	Зустрічна	Євпаторійська	Аптекарска	Діївська
Кількість не нульових значень матриці	23	24	22	18	24	18	23
Значимість впливу усіх факторів зсувонебезпечних процесів	4.3	4.17	4.5	5.556	4.2	5.6	4.35
Загальна сила впливу факторів зсувонебезпечних процесів $I$	196	208	164	144.4	192	206	257
Масштаб за умовною віссю $Y$	40	40	40	40	40	40	40
Перерахунок сили впливу $I$ (100; 300) до номінального діапазону $Y$ (-1; 4)	1.4	1.71	0.6	0.111	1.3	1.6	2.91
Значення за шкалою бажаності $d$	0.8	0.83	0.6	0.409	0.8	0.8	0.95
Характеристика бажаності за можливістю виникнення зсувонебезпечних процесів	Погано	Дуже погано	Задовільно	Задовільно	Погано	Дуже погано	Дуже погано

Як бачимо з табл. 5, найвища тенденція до виникнення зсувонебезпечних процесів характерна для Красноповстанської, Аптекарскої та Діївської балок, небезпечним цей показник залишається для Тунельної та Євпаторійської, а Рибальська та Зустрічна балки є найбільш безпечними з точки зору ймовірності виникнення зсувних процесів.

**Висновок.** В роботі запропоновано методіку комплексної геоекологічної оцінки природних схилів яружно-балочної мережі на прикладі м. Дніпро. Обґрунтовано перелік показників у вигляді контрольного списку, за якими можна оцінити стан зсувонебезпечності природних схилів та виконано їх ранжування за ступенем впливу. Особливість запропонованої методіки полягає в тому, що

вона ґрунтується на поєднанні експертних оцінок, які визначаються під час проведення візуального обстеження ярів та балок, з геопросторовими даними аерокосмічного моніторингу. За результатами дослідження виявлено найбільш зсувонебезпечні балки м. Дніпра для обґрунтування заходів з інженерного захисту території міста від зсувів.

Виконані дослідження мають комплексний міждисциплінарний характер, а запропонована методика може бути застосована для оцінки різних за масштабами та характером територіальних комплексів.

#### Перелік посилань

1. Разработка и пути применения ГИС балочно-овражной сети города (на примере Днепропетровска): Наукова весна 2015: матеріали VI-ї Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпропетровськ, 1–2 квіт. 2015 року). – Д.: Державний ВНЗ “НГУ”, 2015. – Том 15. – С. 53–54.
2. Богаченко Л.Д. Моніторинг земель та стану геологічного середовища по балці Діївська в м. Дніпропетровську / Л.Д. Богаченко, Л.І. Осадча, Т.В. Сібуль. – Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія», 2014. Вип. № 15. С. 2–7.
3. Самые опасные балки Днепропетровска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.realnest.com.ua/information/newspaper/2010/10/2152> – Название с экрана.
4. Ковров О.С. Оцінка впливу гідрогеологічних характеристик ґрунтів на стійкість природних схилів для прогнозу зсувів / Науковий журнал «Екологічна безпека» - Кременчук: Вид-во КрНУ, 2013. – №1(15). – С. 72–76.
5. Обоснование возможности применения матричного метода для экологической оценки состояния территорий размещения техногенных месторождений: Третья научно-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» (Трускавець, 4–7 жовтня 2016 року). – Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). – К.: ДКЗ, 2016. – С. 323–327.
6. Олех Т.М. Модель обобщенной оценки воздействия на окружающую среду в проектах / Т.М. Олех, В.Д. Гогунский, С.В. Руденко. – Управління розвитком складних систем. – 2013. – С. 53–59.

#### ABSTRACT

**Purpose.** To develop a checklist of control questions for a comprehensive geo-ecological assessment of the gully-ravine network of the Dnipro City in accordance with the methodology of the landslide risk assessment for natural slopes.

**The methods** of the research are based on complex geo-ecological studies of landslide processes in the Dnipro City using data from field surveys and visual observations, cartographic methods and decoding of aerial photographs, and a checklist of the landslide risk assessment for natural slopes.

**Findings.** An express method for assessment of landslide hazardous processes in natural slopes is developed, which is based on the use of the checklist of control questions and allows rank the objects of gully-ravine network according to certain indicators of geo-ecological risk. The advantage of the proposed method is the combination of expert assessments of visual inspection with the geo-spatial data of aerospace sounding of earth’s surface.

**Originality.** The indicators for estimation of landslide risk of natural slopes at the gully-ravine network are proposed and systematized. To assess the state of the gully-ravine network, the Leopold

matrix is applied. It reveals the causal relationships between geoecological impact factors and landslide processes.

**Practical implications.** The proposed methodology for assessing of landslide risks in natural slopes can be applied for organizing large-scale geo-ecological monitoring and making decisions on minimizing risks from development of exogenous geological processes.

**Keywords:** *method of the landslide risk assessment for natural slopes, gully-ravine network, checklist, Leopold matrix, Harrington function*

УДК 613.31:546.13

© Ю.М. Рець

## ОЦЕНКА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРАНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПОСЛЕ ИХ ЗАКРЫТИЯ

© Yu. Rets

## ESTIMATION OF THE RADIOECOLOGICAL STATE OF URANIUM-BREAKING ENTERPRISES AFTER THEIR CLOSING

Проведен анализ радиационно-загрязненных объектов. Выполнена оценка радиоэкологического состояния объектов уранодобывающих предприятия после закрытия на примере Приднепровского химического завода г. Каменское и шахты ООО "Восток Руда" г. Желтые Воды. Выполнены расчеты эффективных доз облучения работников на промплощадках.

Проведений анализ радіаційно-забруднених об'єктів. Виконано оцінку радіоекологічного стану об'єктів урановидобувних підприємства після закриття на прикладі Придніпровського хімічного заводу м Кам'янське та шахти ТОВ "Схід Руда" м. Жовті Води. Виконано розрахунки ефективних доз опромінення працівників на проммайданчиках.

**Вступление.** На Украине разведка урана началась в 1944 и привела к открытию 21 месторождения. Многие из месторождений находятся внутри водораздела бассейна Днепра, в то время как отдельные находятся в бассейнах рек Южного Буга и Северского Донца. Первым заводом по переработке урановой руды был Приднепровский химический завод (ПХЗ), запущенный в 1948 на базе руд, поставляемых из стран Восточной Европы. ПХЗ расположен в нескольких километрах от реки Днепр в г. Каменское (бывший Днепродзержинск). Он прекратил работу в 1991. Гидрометаллургический завод в Желтых Водах запущен в 1959 для переработки руды из региона и работает в настоящее время.

Украина имеет значительные ресурсы урановых руд (1,9% мировых запасов урановой руды). По объемам запасов урана Украина занимает десятое место в мире, первое в Европе и входит в первую десятку ведущих уранодобывающих стран мира. В стране имеется 12 детально разведанных урановых эндо-