

## ЕКОЛОГО-ГЕОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Касіянчук Д.В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
вул. Карпатська, 15, 76019, м. Івано-Франківськ  
[dima\\_kasiyanchuk@ukr.net](mailto:dima_kasiyanchuk@ukr.net)

У статті розглянуто важливу проблему оцінки еколого-геологічного стану ґрунтів на території Івано-Франківської області. Виконано аналіз ґрунтового покриву з використанням сучасних геоінформаційних технологій. З метою належного та всебічного дослідження стану ґрунтового покриву в сучасних умовах запропоновано комплексний підхід з оцінки стану ґрунтів на основі просторового поширення екзогенних геологічних процесів (ЕГП) як складник геологічного ризику, де фактор типу ґрунту є чи не найбільш визначальним, та об'єктів промисловості й інфраструктури як екологічного складника розрахунку ризику. Для оцінки ризиків, які можуть нести негативний вплив на стан ґрунтів, досліджено фактори розвитку та активізації небезпечних ЕГП, наявність інфраструктурних об'єктів, великих техногенних забруднювачів. Створено базу даних у вигляді векторизованих картографічних шарів за типами ґрунту, найбільших забруднювачів (промислові об'єкти, звалища відходів), дорожньої мережі та мережі населених пунктів, родючості та еродованості ґрунтів, яка містить атрибутивну інформацію, необхідну для створення просторових запитів, з метою подальшого вибору інформації для окремого його типу. Кількісною характеристикою, яка визначає зв'язок ґрунтового покриву з ЕГП, населеними пунктами, дорожньою мережею, є коефіцієнт контрастності  $R_p$ , який має фізичний зміст коефіцієнта ураженості території. Отже, було вперше систематизовано та проаналізовано, з розрахунком показників ураженості ЕГП (зсуви, селі, карсти), об'єкти інфраструктури та промислових зон, еродованість і родючість у балах, відповідно до їхньої класифікації, стан ґрунтового покриву, що дає змогу оцінити зони ризику з найбільш несприятливими умовами для ведення сільського господарства та будівництва загалом. *Ключові слова:* ґрунти, екзогенні геологічні процеси, геоінформаційний аналіз, ураженість, еколого-геологічна оцінка, ризик.

**The environmental-geological assessment of the soil covers condition of the territory of Ivano-Frankivsk region. Kasiyanchuk D.**

The article deals with the important problem of estimation of ecological-geological condition of soils in the territory of Ivano-Frankivsk region. An analysis of the soil cover using modern geoinformational technologies was performed. In order to properly and comprehensively analyzing the soil condition in modern time, an overall approach has been performed, with the estimation of soil condition based on the spatial distribution of exogenous geological processes (EGP) as a component of geological risk, where the soil type factor is almost the most decisive, and industrial complex and infrastructure as an environmental component of risk calculation. To assess the risks that may have a negative impact on soil conditions, the factors of development and activation of dangerous EGP, the presence of infrastructure facilities, large man-made pollutants have been investigated. Database created in the form of vectorized mapping layers by soil types, major pollutants (industrial sites, waste dumps), road and settlements network, fertility and soil erosion, which contains the attribute information needed to create spatial queries for further selection information for its individual type. The quantitative characteristic that determines the connection of the soil cover with the EGP, the settlements, the road network is the contrast factor  $R_p$ , which has the physical content of the area affected. Thus, for the first time systematic and analyzed, with the calculation of the indexes of EGP (landslides, mudflows, karsts), the impact of infrastructure and industrial zones, erosion and fertility in points according to their classification, the state of the soil cover, which allows to assess risk areas in the most unfavorable conditions for agriculture and construction in general. *Key words:* soils, exogenous geological processes, geoinformational analysis, vulnerability, ecological-geological assessment, risk.

**Постановка проблеми.** Найбільшою проблемою для ґрунтового покриву на території Івано-Франківської області є поширення таких небезпечних екзогенних геологічних процесів, як зсуви, карсти та селі. Формування екзогенних геологічних процесів в області, а особливо в її гірських районах, набуває дедалі більшої загрози. Зміни, що відбуваються у приповерхневих шарах, особливо товщі ґрунтового покриву, негативно впливають на рельєф місцевості. Ці зміни надалі сприяють новій активізації зсувних процесів зі ще більш загрозливими наслідками, особливо для інфраструктурних об'єктів. При цьому не менш загрозливою є ситуація з наявністю забруднювачів, які через токсичні викиди роблять ґрунти малоприсадними до використання.

Підстилаюча поверхня Землі є неоднорідною і складається з морфоскульптур, які вкривають ґрунти або корінні породи, що виходять на денну поверхню. Приземний мікроклімат є дуже важливий із погляду вивчення статистичних залежностей впливу того чи іншого фактора на розвиток зсувних гравітаційних процесів загалом для невеликих регіонів. Температурний режим при цьому визначає основні мікрокліматичні особливості. Ураховуючи той факт, що ґрунти нагріваються й охолоджуються швидше, то й конвекційні потоки над ними є більш визначальними для нагріву приземного шару, а як наслідок, і особливих умов розвитку зсувних процесів і поширення забруднюючих речовин від джерел викидів.

**Актуальність дослідження.** З огляду на значну деградацію ґрунтів у світі та Україні зокрема є значна потреба в комплексній оцінці їхнього стану.

Територія області у морфологічному плані складна, зі значним відсотком заліснення. Це сприяє тому, що ті площі земель, які є доступні, особливо на рівнинних територіях, мають бути проаналізовані на предмет потенційних змін під впливом різних геологічних і техногенних факторів.

На території дослідження є значна кількість промислових об'єктів, що негативно впливає на стан і якість ґрунтів через: атмосферу – випадання дощів, окислених викидами забруднюючих речовин, осідання твердодисперсних речовин через дію вітрової ерозії шлаковідвалів; і гідросферу – забруднення поверхневих, ґрунтових вод, вод підземних водоносних горизонтів, що можуть бути використані для зрошування земель під час ведення сільського господарства чи приватної діяльності з подальшим потраплянням оборотних вод без очистки на поверхню.

Дослідження ґрунтового покриву з погляду вивчення його окремого типу як зони потенційного ризику є науковим продовженням досліджень автора у вивченні способів і методик оцінки просторових ризиків розвитку та активізації ЕГП з використанням геоінформаційних систем (далі – ГИС), для різних територій і завдань, у рамках держбюджетної теми «Дослідження геологічного середовища в зонах розвитку небезпечних процесів із використанням геоінформаційних технологій із метою запобігання надзвичайним ситуаціям» (К 24/2018 РК 0119U002233).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження взаємозв'язку між активізацією та розвитком ЕГП і типом ґрунтового покриву є досить проблемним, оскільки інформаційні звіти щодо їхнього розвитку містять лише дані про морфометричні характеристики, рідше про характер ґрунтів, де відбулася надзвичайна ситуація.

В Україні найбільш повно та обґрунтовано про ймовірний вплив верхніх шарів рельєфу на можливість активізації ЕГП описано в праці [1]. Авторами надаються передумови для подальшого вивчення цього фактора як одного з визначальних із погляду розрахунку ймовірних об'ємів і мас порід, що перемістилися під дією гравітації, залежно від визначального фактора для зсуву, карсту чи селю.

Д.В. Касіячук у праці [2] вперше здійснив аналіз розвитку зсувних процесів у межах окремих типів ґрунту. Зазначено, що розвиток зсувних процесів, особливо у межах дерново-слабопідзолистих глейових піщаних та глинисто-піщаних ґрунтах і дерново-буроземних оглеєних ґрунтах, потребує пошуку нових підходів до моделювання агроландшафтів із використанням геоінформаційних систем для захисту навколишнього природного середовища та збалансованого природокористування.

У роботі [3] звернено увагу на те, що різні характеристики ґрунту, такі як глибина, структура поверхні та глибини, здатність до ерозії, фільтраційні харак-

теристики, кам'янистість тощо, відіграють значну роль у спричиненні зсуву. Авторами запропоновано складний показник, який розраховується через значення стійкості ґрунту шляхом узагальнення ваг, присвоєних різним його параметрам.

Європейська комісія спільно з Об'єднаним науково-дослідним центром Інституту довкілля та сталого розвитку опублікувала інформацію про стан ґрунтів на теренах Європи [4]. Авторами звіту проаналізовано всі можливі ризики на негативні наслідки, які впливають на стан ґрунтового покриву та його якість загалом, і зазначено необхідність всебічного дослідження стану ґрунтів і від впливу небезпечних ЕГП, і від викидів підприємств тощо.

Дослідження ґрунтового покриву потребує використання низки можливостей програмних ГИС. Необхідно дослідити теоретичні аспекти впливу негативних факторів на стан ґрунтового покриву, провести аналіз впливу небезпечних об'єктів на стан ґрунтів, виконати геоінформаційний аналіз та оцінку на основі параметра ураженості певної ґрунтової зони.

**Мета досліджень** – еколого-геологічна оцінка стану ґрунтів Івано-Франківської області та їхніх основних ризиків на основі геоінформаційного аналізу.

Основною науковою новизною є те, що вперше буде розглядатися комплексний показник із метою оцінки еколого-геологічного стану ґрунтового покриву як метод оцінки ризиків деградації ґрунтів, їхньої неможливості використання в майбутньому.

**Матеріали і методи досліджень.** Ґрунтовий покрив Івано-Франківської області дуже різноманітний. Найбільш поширеними ґрунтами відповідно до природного районування в лісостеповій зоні є опідзолені ґрунти та чорноземи. У передгір'ях Карпат переважають дерново-підзолисті і дернові. У межах гористої місцевості, в Карпатах, виділяється група гірських ґрунтів – бурі гірсько-лісові, дерново-бурі, з переважанням ґрунтів з вмістом гравію. У ґрунтовому покриві регіону значну частину займають чорноземи, лугові, лучно-болотні та болотні ґрунти; вони спостерігаються в окремих секціях і масивах у всіх ґрунтово-кліматичних зонах.

Дані про типи ґрунтів, еродованість, родючість отримано за даними дистанційного зондування Землі [5] у вигляді інтерактивної карти.

Для аналізу факторів, що можуть впливати на стан ґрунтового покриву, проаналізовано інформацію щодо поширення екзогенних геологічних процесів [6], стану забруднення ґрунтів у межах Івано-Франківської області [7]. На території Івано-Франківської області вибрано підприємства, для яких викиди в атмосферу сягають понад 100 т у рік і скиди через об'ємні накопичення у вигляді золи, шлаку, побутових відходів – понад 200 тис. т.

На рисунку 1 представлено карту ґрунтів із поширенням ЕГП та техногенним навантаженням (дорожня мережа, населені пункти, основні промислові забруднювачі), на рисунку 2 – карти еродованості та родючості.

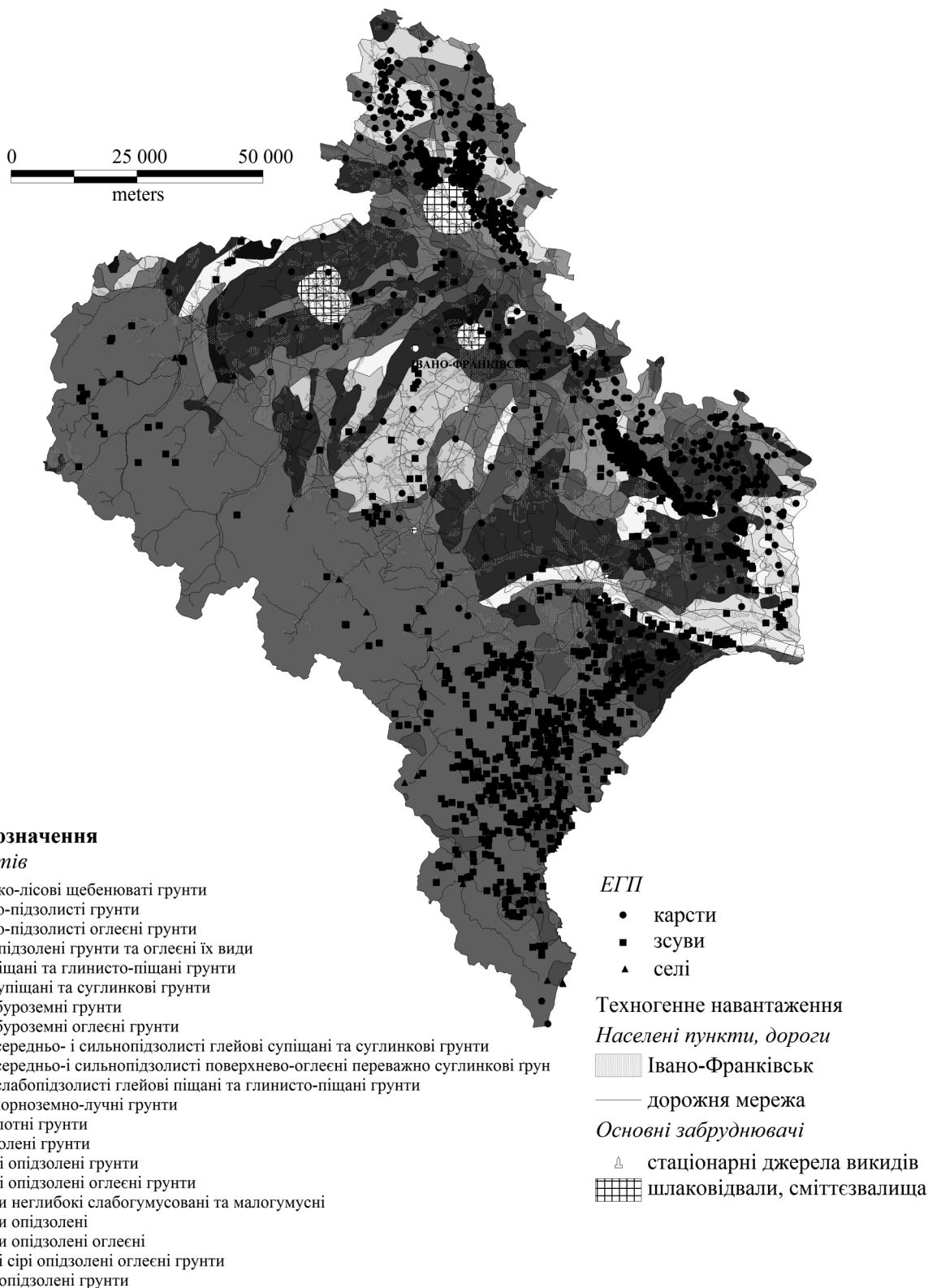


Рис. 1. Карта ґрунтів із розташуванням ЕГП і техногенного навантаження на території Івано-Франківської області

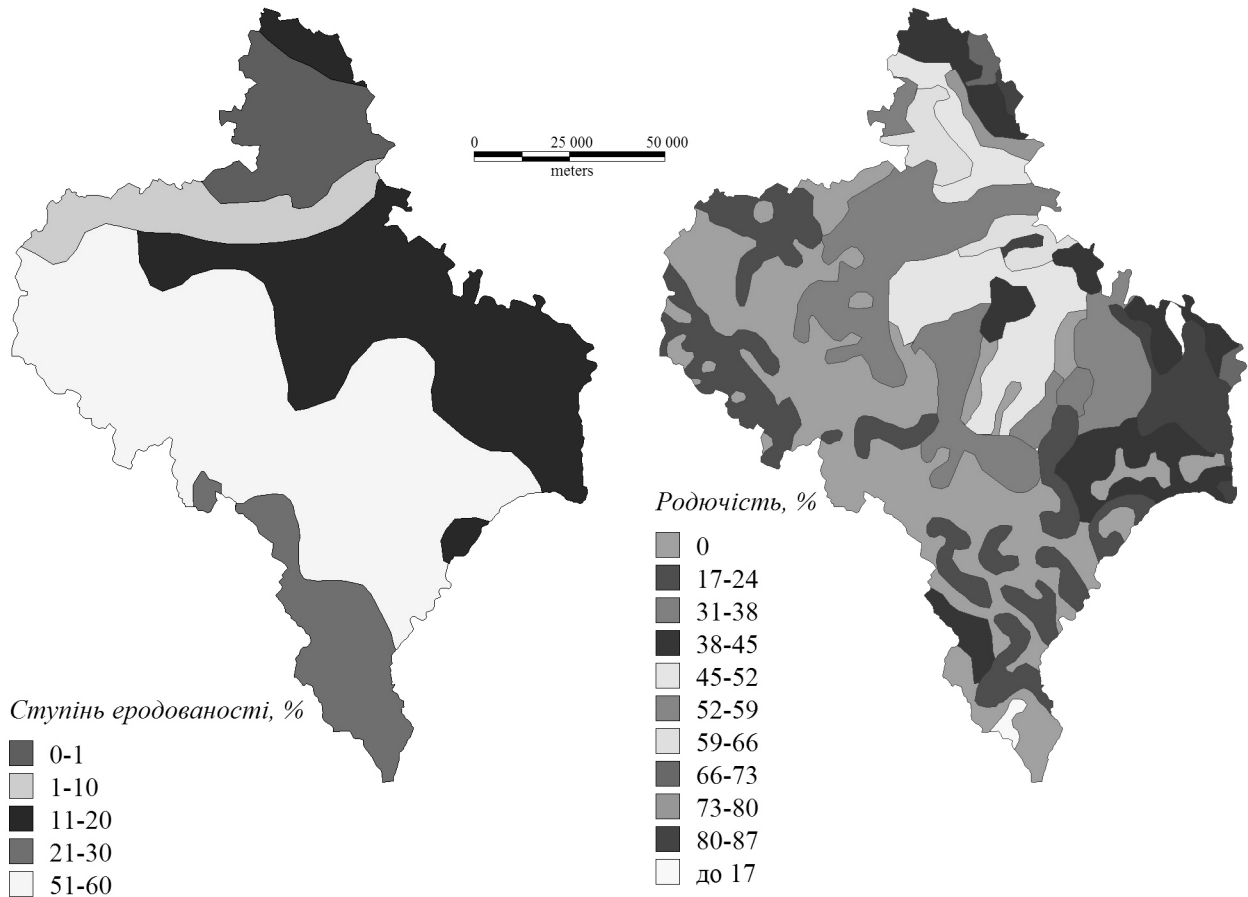


Рис. 2. Карти еродованості та родючості ґрунтів Івано-Франківської області

Методика досліджень:

- 1) формування картографічних шарів;
- 2) наповнення бази атрибутивною інформацією для кожного векторного об'єкта;
- 3) вибір параметрів розрахунку та створення просторових запитів для оцінки ураженості території;
- 4) вибір способів інтерпретації результатів;
- 5) розрахунок кількісної характеристики, яка визначає зв'язок типу ґрунтів з ЕГП, населеними пунктами, дорожньою мережею, такою характеристикою є коефіцієнт контрастності  $R_i$ , який має фізичний зміст коефіцієнта ураженості території та визначається формулою [8]:

$$R_i = \sum_{i=1}^n \frac{N_{i \rightarrow n} / \sum N}{S_{i \rightarrow n} / \sum S}, \quad (1)$$

де  $N_i$  – кількість зареєстрованих проявів ЕГП, довжин дорожньої мережі, площ населених пунктів у межах деякої зони (району);  $\sum N$  – загальна кількість зареєстрованих проявів ЕГП, довжин дорожньої мережі, площ населених пунктів у регіоні;  $S_i$  – площа деякої зони ґрунтового покриття (району);  $\sum S_i$  – загальна площа території всього ґрунтового покриття регіону,  $n$  – кількість факторів, узятих для розрахунку ураженості  $i$ -ої зони ґрунту.

- 6) розрахунок загальної оцінки: до значень  $R_i$  додавалися оцінки еродованості та родючості в балах відповідно до їхньої класифікації.

Геоінформаційний аналіз та основні результати. ГІС є динамічною системою та дає змогу з використанням даних картографічного шару чи їхніх наборів виконувати низку аналітичних і просторових розрахунків, що дають змогу аналізувати та моделювати необхідну інформацію.

На першому етапі досліджень проведено аналіз, яким чином ті чи інші екзогенні геологічні процеси впливають на стан ґрунтів. Важливість цього питання полягає і у вивченні тих типів ґрунту, які виділяються як особливо уразливі з погляду ймовірності розвитку та активізації ЕГП. Для просторового аналізу обрано 763 ділянки розвитку зсувопроявів, 36 селевих осередків і 2169 зон карсту. У середньому це 1 зсув на 20 кв. км, 1 сель на 400 кв. км і 3 карстопрояви на 20 кв. км або ж один ЕГП на 5 кв. км. Безперечно, така щільність у складовій з незначною кількістю площ земель, що можливо обробляти, потребує чіткого аналізу поширення зон розвитку небезпечних ЕГП задля збереження потенціалу розвитку с/г діяльності та якості земель загалом.

Бурі гірсько-лісові щебенюваті ґрунти найбільше уражені зсувами та селями. 60% серед зсувних діля-



Код	Тип ґрунту	Назва ґрунтового покриву	Ураженість						Еродо-ваність, бали	Родю-чість, бали	Загальна оцінка
			зсувами	селями	карстом	нас.п.	дорогами	забрудню-вачами			
1	Болотні ґрунти, торфовища	Лучно-болотні ґрунти	0,424	0,000	2,536	1,223	1,375	13,682	1	5	25
4	Бурі гірсько-лісові ґрунти	Бурі гірсько-лісові щебенюваті ґрунти	1,504	1,678	0,010	0,557	0,646	0,016	2	8	14
10	Буроземно-підзолисті ґрунти	Буроземно-підзолисті ґрунти	0,382	0,000	0,090	1,782	1,407	0,014	3	7	13
11		Буроземно-підзолисті оглеєні ґрунти	3,212	0,000	0,047	0,000	1,091	0,000	4	8	15
13	Дернові ґрунти	Дернові опідзолені ґрунти та оглеєні їх види	0,260	0,394	0,039	1,500	1,558	1,654	2	6	14
14		Дернові піщані та глинисто-піщані ґрунти	1,590	0,887	0,339	1,542	1,193	0,027	2	6	14
12		Дернові супіщані та суглинкові ґрунти	0,000	0,000	0,000	0,405	0,545	0,000	1	8	9
2	Дерново-буроземні ґрунти	Дерново-буроземні оглеєні ґрунти	3,407	8,842	0,000	0,680	0,757	0,000	4	8	25
3		Дерново-буроземні ґрунти	0,000	0,000	0,000	1,679	1,276	0,000	6	8	17
5	Дерново-підзолисті ґрунти	Дерново-слабопідзолисті глейові піщані та глинисто-піщані ґрунти	2,809	0,000	0,000	0,318	0,000	12,110	2	4	21
7		Дерново-середньо-і сильнопідзолисті поверхнево-оглеєні переважно суглинкові ґрунти	0,600	0,759	0,069	1,486	1,313	2,345	2	6	14
6		Дерново-середньо- і сильнопідзолисті глейові супіщані та суглинкові ґрунти	0,000	0,000	0,044	1,622	1,675	6,749	3	6	19
8	Лучні ґрунти	Лучні та чорноземно-лучні ґрунти	0,523	0,000	0,092	1,431	1,190	2,124	2	5	13
21	Опідзолені ґрунти	Чорноземи опідзолені	0,531	0,000	6,992	1,235	1,146	0,335	2	4	17
19		Сірі опідзолені ґрунти	0,000	0,000	0,987	0,310	0,505	0,000	1	4	7
18		Ясно-сірі опідзолені ґрунти	1,098	0,000	0,594	1,125	1,067	0,000	1	5	10
20		Темно-сірі опідзолені ґрунти	0,124	0,000	2,996	0,989	1,067	3,980	2	5	16
16		Чорноземи опідзолені оглеєні	0,907	0,000	2,394	0,912	1,152	0,000	4	5	14
15		Ясно-сірі і сірі опідзолені оглеєні ґрунти	0,000	0,000	0,667	0,870	1,172	0,000	2	6	11
17	Темно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти	0,458	0,000	10,906	1,075	0,915	0,000	3	6	22	
9	Чорноземи	Чорноземи неглибокі слабогумусовані та малогумусні	0,769	0,000	2,703	0,922	1,320	0,000	2	4	11

Рис. 3. Результати аналізу стану ґрунтів та їхньої оцінки

нок та 67% селєвих осередків від їхньої кількості розміщені в зоні поширення гірсько-лісових щебенюватих ґрунтів. Це переважно пояснюється складним рельєфом, де поширені всі типи дерново-буроземних ґрунтів. Явища мають дуже небезпечний характер, захоплюють значну частину мас ґрунту, а у верхів'ї гірські породи знищують об'єкти інфраструктури. Карстом уражені чорноземи опідзолені – 36% та темно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти – 28% від загальної кількості, через наявність карбонатних порід під ґрунтовым покривом.

Структура дорожньої мережі в сукупності з мережею міст теж має значний вплив на стан ґрунтів та їхню оцінку загалом. Середня ураженість ґрунтового покриву населеними пунктами становить 14%, а дорожньою мережею на 1 кв. км – 0,42 км доріг. Дерново-середньо- і сильнопідзолисті поверхнево-оглеєні, переважно суглинкові ґрунти та бурі гірсько-лісові щебенюваті ґрунти найбільше помержені інфраструктурними об'єктами.

Оцінку еколого-геологічного стану ґрунтів слід виконувати і з урахуванням зон ураження діяль-

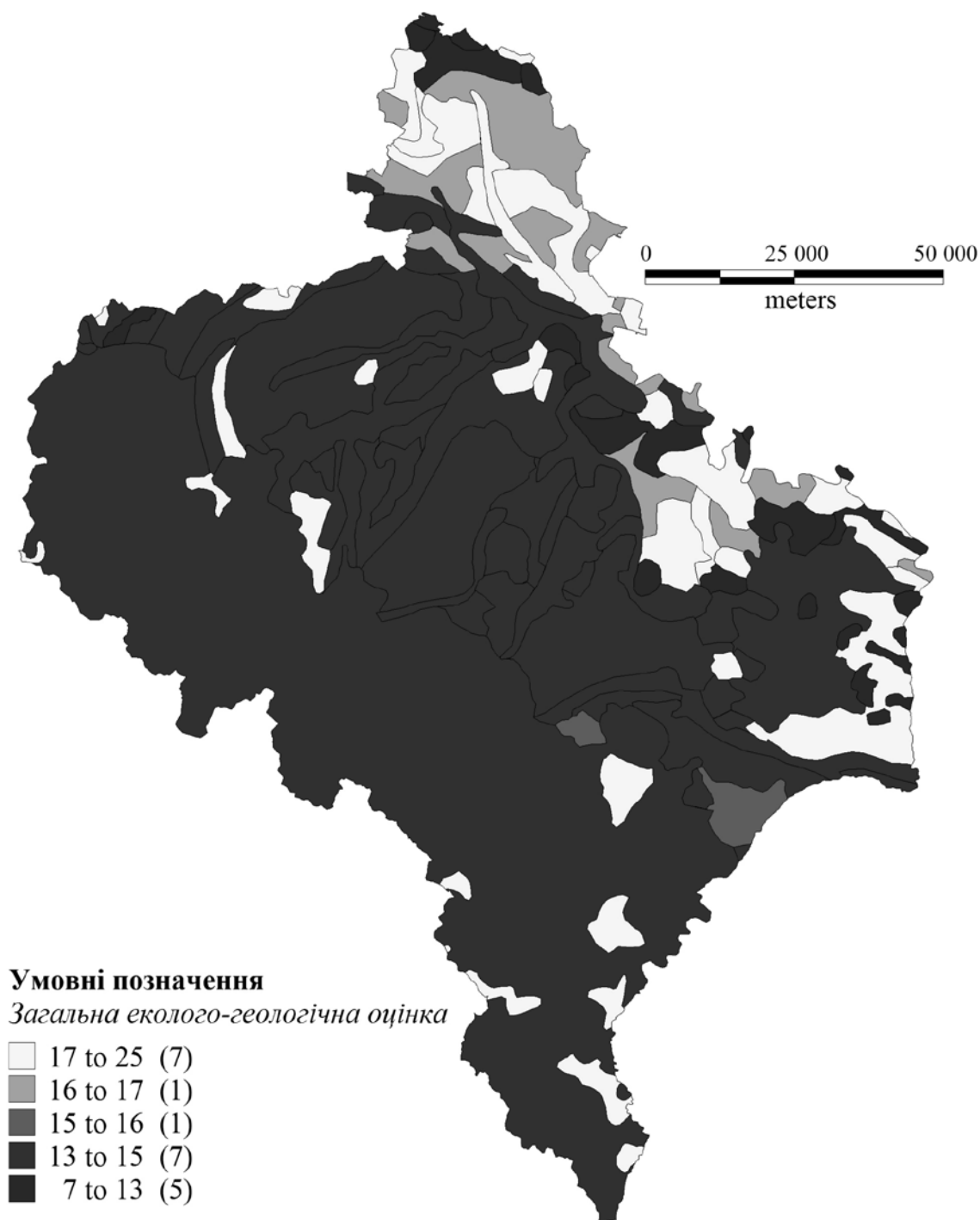


Рис. 4. Карта еколого-геологічної оцінки стану ґрунтів Івано-Франківської області

ністю підприємств. Проаналізовано інформацію про діяльність чотирнадцяти найбільших об'єктів техногенного навантаження на ґрунтовий покрив. Серед них – об'єкти теплоенергетики, хімічної промисловості, сміттєзвалища, золівдвали, розсоли.

З метою оцінювання зони забруднення навколо техногенних об'єктів побудовано буферні зони, що відображають зону впливу джерела викиду чи скиду у вигляді околу санітарно-захисної зони (СЗЗ) навколо підприємства. Опрацьовано 4 об'єкти

з 1 класом небезпеки і 10 – з 4 класом СЗЗ, а також виконано аналіз зі збільшенням розмірів буферних зон, в основному для першого класу СЗЗ, на основі нових проектних даних та інформації щодо зони ураження через проведені хімічні дослідження.

Найбільше піддають негативному впливу через дію техногенних об'єктів лучно-болотні ґрунти, дерново-слабопідзолисті глейові піщані та глинисто-піщані ґрунти з ураженістю 22,3 і 19,7% площі покриву відповідно.

На основі просторових запитів виконано аналіз якісних характеристик ґрунтів – родючості та загальної еродованості.

Для розрахунку загальної оцінки значення ураженостей додавалися до оцінок еродованості та родючості в балах відповідно до класифікації. При цьому значення еродованості під час зростання коефіцієнта зростав бал, а для родючості навпаки – родючість спадала, а бал знижувався. На рисунку 3 представлено результати аналізу на основі розрахунків ураженості таксонів ґрунту.

На рисунку 4 представлено загальну карту, яка характеризує стан ґрунтів на основі ГІС аналізу.

Ґрунти в межах області мають різні оцінки, що пояснюється нерівномірним навантаженням на їхній якісний стан. Як видно з карти, загальна оцінка змінюється від 7 до 25. Оцінка є фізичним змістом впливу факторів на стан ґрунтів. Лучно-болотні ґрунти, дерново-буроземні оглеєні ґрунти, темно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти – найбільш піддані негативним факторам і потребують подальшого вивчення.

Потреба у вивченні та оцінці ґрунтів постає все чіткіше та окреслює комплекс робіт із вивчення факторів, що можуть мати вплив на їхній загальний стан. Можливості сучасних ГІС дають змогу швидко реагувати на такі потреби. Тому основним із напрямів подальших досліджень є побудова імітаційних

моделей стану ґрунтів з урахуванням динамічності факторів і змін клімату.

Оцінюючи ґрунти Івано-Франківської області, слід зазначити таке:

1) можливості використання ґрунтів обмежено рельєфом території;

2) низька родючість і значна еродованість ґрунтів потребують пошуку методів раціонального ведення с/г виробництва;

3) основною небезпекою для найбільш продуктивних типів ґрунтів в області є карстопровальні явища, що потребують ретельних досліджень із метою запобігання їхній активізації;

4) для запобігання негативним наслідкам від розвитку зсувів і селів необхідно контролювати вирубку лісів як фактор зменшення ерозійності верхніх шарів ґрунту в гірських районах;

5) розсоли Домбровського кар'єру, золівдвали Бурштинської ТЕС та інших промислових підприємств призводять до забруднення навколишніх територій, які використовуються для отримання с/г продукції і потребують жорсткішого контролю за дотриманням екологічних вимог до викидів і складування відходів;

6) одним із основних елементів, які необхідно врахувати надалі, є вивчення зміни фізико-хімічних властивостей ґрунтів у поєднанні з факторами, які проаналізовано вище.

### Література

1. Кузьменко Е.Д., Блінов П.В., Вдовина О.П. та ін. Прогнозування зсувів : монографія / за ред. Е.Д. Кузьменка. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016, 601 с.
2. Касіячук Д.В. Геоінформаційний аналіз впливу екзогенних геологічних процесів на стійкість агроландшафтів у Івано-Франківській області. *Збалансоване природокористування: традиції, перспективи та інновації* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 3 грудня 2019 р. Київ : ДІА, 2019. С. 52–54.
3. Sharma L. & Patel, Nilanchal & Debnath P. & Ghose M. Assessing landslide vulnerability from soil characteristics – a GIS-based analysis. *Arabian Journal of Geosciences*. 2010. № 5. P. 1–8. DOI: 10.1007/s12517-010-0272-5.
4. European Commission. Risk Assessment Methodologies of Soil Threats in Europe. URL: [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/eusoils\\_docs/other/EUR24097.pdf](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/EUR24097.pdf) (дата звернення: 20.03.2020).
5. Інтерактивна карта ґрунтів України. URL: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy> (дата звернення: 20.09.2019).
6. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на території України за даними моніторингу ЕГП. Київ : ДНВП «Геоінформ України», 2019. 111 с.
7. Екологічний паспорт Івано-Франківської області за 2018 р. URL: [http://www.if.gov.ua/files/uploads/%D0%95%D0%9A%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%86%D0%A7%D0%9D%D0%98%D0%99\\_%D0%9F%D0%90%D0%A1%D0%9F%D0%9E%D0%A0%D0%A2\\_2018%20\(2\)\\_compressed.pdf](http://www.if.gov.ua/files/uploads/%D0%95%D0%9A%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%86%D0%A7%D0%9D%D0%98%D0%99_%D0%9F%D0%90%D0%A1%D0%9F%D0%9E%D0%A0%D0%A2_2018%20(2)_compressed.pdf) (дата звернення: 20.01.2020).
8. Касіячук Д.В., Кузьменко Е.Д. Розрахунок еколого-геологічних ризиків зсувної небезпеки. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2016. Т. 1. № 10 (79). С. 18–25. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.59687.