

О. О. Ченчева, Є. Є. Лашко, Д. В. Рєзнік

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна

КЛАСТЕРНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНИХ РИЗИКІВ У КАР'ЄРАХ ГРАНІТНОГО ВИДОБУТКУ В СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

Анотація. **Актуальність.** Гірничодобувна промисловість посідає важливе місце у структурі української економіки, а пожежні ризики у кар'єрах мають комплексний і складний характер. **Об'єкт дослідження:** кластерний підхід до оцінювання пожежних ризиків у кар'єрах гранітного видобутку в системі цивільної безпеки. **Мета статті:** розробка методики комплексної оцінки ризиків на основі ймовірнісних, наслідкових й оперативних показників із подальшою кластеризацією зон ризику та просторовим відображенням за допомогою мапування. **Результати дослідження.** Наукова цінність роботи полягає у систематизації показників пожежного ризику, застосуванні сучасних статистичних методів і геоінформаційних технологій для інтегрованого аналізу, що дозволяє підвищити точність оцінювання та прогнозування небезпечних ситуацій. Практична цінність статті полягає у можливості використання розробленої методики для формування карт пожежної небезпеки, оптимізації розміщення пожежної техніки, планування заходів реагування та підвищення стійкості об'єктів до надзвичайних ситуацій. **Висновки.** Впровадження кластерного підходу та мапування дозволяє підвищити ефективність управління пожежною безпекою, скоротити час реагування та зменшити соціально-економічні втрати.

Ключові слова: цивільна безпека, пожежний ризик, кластеризація, управління ризиками, кар'єр, надзвичайна ситуація.

Вступ

Постановка проблеми. Гірничодобувна промисловість України посідає важливе місце у структурі національної економіки, зокрема у сфері видобутку будівельного каменю та граніту. Кар'єри відкритого типу, що функціонують переважно у центральних і північних регіонах країни, характеризуються високою концентрацією техніки, паливно-мастильних матеріалів, електрообладнання та вибухових речовин. Незважаючи на те, що граніт як гірська порода є негорючим матеріалом, сам виробничий процес супроводжується значними пожежними ризиками. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває впровадження сучасних методів оцінювання й управління ризиками в межах державної системи цивільного захисту, координацію якої здійснює Державна служба України з надзвичайних ситуацій.

Пожежні ризики у кар'єрах мають комплексний характер. Основними джерелами потенційного займання є склади паливно-мастильних матеріалів, автозаправні пункти, трансформаторні підстанції, кабельні лінії, великогабаритна техніка (екскаватори, бурові установки, автосамоскиди), а також ремонтні майстерні. Окрему групу становлять природні фактори – суха рослинність на бортах кар'єру, пилові відкладення, високі температури повітря та сильний вітер, що сприяють швидкому поширенню вогню. Додатковими чинниками є людський фактор, порушення технологічної дисципліни, зношеність обладнання та недостатній контроль за станом електромереж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел і нормативних документів, присвячених проблематиці оцінювання пожежних ризиків у кар'єрах гранітного видобутку, свідчить про міждисциплінарний характер дослідження, що поєднує положення цивільного захисту, пожежної безпеки, гірничої справи та теорії управління ризиками. Формування науково обґрунтованого кластерного підходу потребує врахування як національної нормативної бази, так і сучасних методологічних розробок

у сфері аналізу ризиків. Правові засади функціонування системи цивільного захисту визначає Кодекс цивільного захисту України, який встановлює обов'язок суб'єктів господарювання здійснювати ідентифікацію й оцінювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій. У документі наголошується на пріоритетності превентивних заходів, прогнозування та мінімізації наслідків техногенних подій [1]. Це створює нормативне підґрунтя для впровадження аналітичних методів, зокрема багатовимірного статистичного аналізу та кластеризації, як інструментів системного управління пожежними ризиками.

Специфічні вимоги до забезпечення пожежної безпеки встановлюють Правила пожежної безпеки в Україні [2]. У них визначено порядок утримання територій, виробничих приміщень, електроустановок, складів паливно-мастильних матеріалів, а також вимоги до оснащення об'єктів первинними засобами пожежогасіння. Для кар'єрів гранітного видобутку особливо важливими є положення щодо експлуатації електрообладнання високої потужності, організації безпечного зберігання пального та дотримання протипожежного режиму в ремонтних зонах. Проте зазначені правила мають переважно регламентуючий характер і не пропонують кількісних моделей оцінювання рівня ризику, що зумовлює потребу в науковому обґрунтуванні додаткових аналітичних підходів.

Галузеві аспекти безпеки гірничих робіт регламентує Гірничий закон України, який визначає правові й організаційні засади ведення гірничої діяльності [3]. Закон встановлює вимоги щодо створення безпечних умов праці, запобігання аваріям і катастрофам, а також відповідальність підприємств за порушення норм безпеки. У контексті пожежної небезпеки цей документ акцентує увагу на необхідності системного контролю за станом виробничого обладнання та технологічних процесів. Однак, як і попередні нормативні акти, він не деталізує методику інтегрованого аналізу багатофакторних ризиків.

Контроль і координацію заходів у сфері техногенної та пожежної безпеки здійснює Державна слу-

жба України з надзвичайних ситуацій, яка розробляє методичні рекомендації щодо оцінювання ризиків і проводить державний нагляд [4]. У сучасних умовах діяльність служби орієнтована на впровадження ризик-орієнтованого підходу, що передбачає концентрацію ресурсів на об'єктах із підвищеним ступенем небезпеки. Саме кластерний аналіз може слугувати інструментом практичної реалізації такого підходу на рівні підприємства. Теоретичні засади управління ризиками широко висвітлені у міжнародному стандарті ISO 31000, який визначає принципи, структуру та процес управління ризиками [5]. Стандарт підкреслює необхідність систематичної ідентифікації небезпек, їх аналізу, оцінювання та постійного моніторингу. Важливим є положення щодо використання кількісних методів для підтримки прийняття управлінських рішень. У цьому контексті кластеризація розглядається як ефективний метод структурування великих масивів даних і виявлення груп об'єктів зі схожими характеристиками ризику. Аналіз досліджень у сфері техногенної безпеки свідчить про зростання інтересу до математичних моделей прогнозування надзвичайних ситуацій [6, 7]. Дослідники відзначають, що традиційні експертні методи мають обмежену точність у складних виробничих системах, тоді як статистичні й інтелектуальні методи дозволяють виявляти приховані залежності між факторами безпеки [8]. У гірничодобувній галузі пожежні ризики часто розглядаються фрагментарно – окремо для електрообладнання, складів ПММ або транспортних засобів. Кластерний підхід дає можливість інтегрувати ці компоненти в єдину аналітичну систему [9].

Метою роботи є розробка кластерного підходу та використання мапування для комплексної оцінки пожежних ризиків у кар'єрах гранітного видобутку з метою підвищення ефективності управління цивільною безпекою.

Основний матеріал

Статистичний аналіз техногенних інцидентів свідчить, що пожежі на промислових об'єктах найчастіше виникають у зонах із високою концентрацією енергонасиченого обладнання та горючих речовин. У кар'єрах додатковим ускладнювальним чинником є: значна площа території; постійна зміна конфігурації уступів; мобільність техніки; вплив кліматичних умов (спека, посуха, вітер). За таких умов традиційне нормативне зонування є недостатнім для ефективного управління пожежними ризиками. За офіційними даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій за 2019–2023 рр. на промислових підприємствах спостерігається стабільна кількість пожеж техногенного характеру (табл. 1).

Традиційні підходи до оцінювання пожежних ризиків зазвичай ґрунтуються на аналізі статистики надзвичайних ситуацій, експертних висновках і перевірях відповідності нормативним вимогам. Однак такі методи не завжди дозволяють врахувати взаємозв'язки між окремими елементами виробничої системи. У складних техногенних об'єктах, якими є кар'єри, ризик формується під впливом багатьох змінних параметрів. Саме тому доцільним є застосування кластерного

підходу, що ґрунтується на групуванні об'єктів або факторів за принципом їх подібності.

Таблиця 1 – Кількість пожеж техногенного характеру за 2019–2023 рр.

Рік	Кількість пожеж (пром. об'єкти)	Виробничі пожежі (%)
2019	4 512	28,6 %
2020	4 730	29,1 %
2021	4 895	30,3 %
2022	5 417	32,8 %
2023	5 905	34,2 %

Кластеризація передбачає виділення сукупності показників, які характеризують рівень пожежної небезпеки: ймовірність виникнення займання, обсяг горючих матеріалів, частоту технічних несправностей, інтенсивність експлуатації обладнання, віддаленість від джерел водопостачання, кількість персоналу в зоні ризику тощо. Після збору та нормалізації даних здійснюється їх групування за допомогою статистичних методів, що дозволяє сформувати окремі кластери ризику.

У практиці оцінювання пожежної безпеки кар'єрів можна умовно виділити кілька основних кластерів. Перший – техногенно-інфраструктурний, до якого належать електроустановки, підстанції та виробничі приміщення. Другий – паливно-енергетичний, що охоплює склади ПММ і заправні комплекси та характеризується високою ймовірністю розвитку масштабної пожежі. Третій – транспортно-машинний, пов'язаний із функціонуванням гірничої техніки. Четвертий – природно-ландшафтний, який враховує вплив погодних умов і стан навколишнього середовища. Перевагою кластерного підходу є можливість визначення пріоритетності заходів безпеки. Наприклад, якщо аналіз показує, що найбільший рівень ризику зосереджений у паливно-енергетичному кластері, підприємство може спрямувати ресурси на модернізацію систем зберігання пального, встановлення автоматичних систем пожежогасіння та посилення контролю за температурним режимом. Якщо ж критичним є транспортно-машинний кластер, акцент робиться на технічному обслуговуванні техніки, впровадженні датчиків перегріву та навчанні персоналу. Інтеграція кластерного підходу в систему цивільної безпеки сприяє підвищенню ефективності управлінських рішень на рівні підприємства та регіону. Органи цивільного захисту отримують можливість планувати перевірки з урахуванням фактичного рівня ризику, оптимізувати розміщення пожежно-рятувальних підрозділів і розробляти сценарії реагування на надзвичайні ситуації. Крім того, кластеризація дозволяє впроваджувати цифрові системи моніторингу та створювати бази даних для прогнозування розвитку пожежних процесів.

Методика кластерного оцінювання пожежного ризику у кар'єрах гранітного видобутку ґрунтується на формуванні системи показників, їх кількісному аналізі та подальшому групуванні зон кар'єру за рівнем пожежної небезпеки. Такий підхід відповідає принципам ризик-орієнтованого управління, передбаченим Кодек-

сом цивільного захисту України, та забезпечує науково обґрунтовану основу для прийняття управлінських рішень у сфері цивільної безпеки.

На першому етапі формується система показників, які відображають різні аспекти пожежного ризику. Вона складається з трьох основних груп: імовірнісних, наслідкових й оперативних показників. Імовірнісні показники характеризують частоту виникнення небезпечних подій і потенціал до займання. До них належать частота інцидентів за певний період, а також кількість потенційних джерел займання, зокрема електрообладнання, складів паливно-мастильних матеріалів, зварювальних постів, рухомої техніки. Ці параметри дозволяють оцінити, наскільки насиченим є виробниче середовище пожежонебезпечними факторами.

Наслідкові показники відображають можливі втрати у разі реалізації пожежного сценарію. Серед них – прогнозовані матеріальні збитки, кількість персоналу, який може опинитися в зоні ураження, а також екологічний вплив, пов'язаний із викидами продуктів горіння та можливим забрудненням довкілля. Аналіз цієї групи показників дає змогу визначити соціально-економічну значущість окремих ділянок кар'єру та встановити їхню пріоритетність у системі захисних заходів.

Оперативні показники характеризують спроможність системи реагування мінімізувати наслідки пожежі. До них належать час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів, наявність і технічний стан первинних засобів пожежогасіння, доступність вододжерел або резервуарів із водою. Врахування цих параметрів є принципово важливим, оскільки реальний рівень ризику визначається не лише ймовірністю займання, а і швидкістю й ефективністю реагування. Тоді загальний інтегральний ризик буде визначатися як:

$$R_i = \alpha P_i + \beta C_i + \gamma T_i, \quad (1)$$

де α , β , γ – вагові коефіцієнти; P_i – ймовірність пожежі; C_i – тяжкість наслідків; T_i – оперативний показник реагування, а ймовірність виникнення пожеж визначається пропорційно кількості потенційних джерел займання:

$$P_i = \alpha N_i, \quad (2)$$

де N_i – кількість джерел небезпеки (техніка, електрообладнання, ПММ); α – коефіцієнт небезпеки (визначається експертно чи статистично).

Сукупні наслідки визначаються як:

$$C_i = L_i + kS_i, \quad (3)$$

де L_i – матеріальні збитки; S_i – кількість персоналу в зоні; k – коефіцієнт соціальної вагомості.

Час реагування є постійною складовою, яка характеризує конкретний час залучення підрозділів або відповідальних осіб системи пожежної безпеки кар'єроуправління. Отже, ризик зростає при: збільшенні кількості джерел займання; зростанні можливих збитків; збільшенні часу реагування.

Далі проводиться кластерний аналіз, у межах якого зони кар'єру групуються за подібністю зна-

чень визначених параметрів. Для цього може застосовуватися метод k -means для кількісних показників й ієрархічна кластеризація для комплексного багатofакторного аналізу. З метою просторового відображення результатів доцільно використовувати GIS-технології, що дозволяють створити наочну карту пожежної небезпеки кар'єру [10]. Після розрахунку R_i зони групуються на 3 кластери:

1. **Кластер 1** (високий ризик): $R_i > R_{avg} + \sigma$

2. **Кластер 2** (середній ризик): $R_{avg} - \sigma \leq R_i \leq R_{avg} + \sigma$

3. **Кластер 3** (низький ризик): $R_i < R_{avg} - \sigma$.

Тут, R_{avg} – середнє допустиме значення ризику; σ – стандартне відхилення

У результаті формується трирівнева градація ризику. До високого рівня ризику, як правило, належать склади паливно-мастильних матеріалів і ремонтні зони, які потребують постійного моніторингу та впровадження автоматичних систем пожежогасіння. Середній рівень ризику характерний для дробильних комплексів і виробничих майданчиків із підвищеним тепловим навантаженням; для них доцільним є посилений контроль і забезпечення резервними засобами гасіння. Низький рівень ризику притаманний відкритим уступам кар'єру, де достатньо проведення планових перевірок і періодичного моніторингу стану території.

У результаті формується карта пожежної безпеки з трирівневою градацією (табл. 2).

Таблиця 2 – Карта пожежної небезпеки з трирівневою градацією

Рівень ризику	Характеристика	Управлінські рішення
Високий	Склади ПММ, ремонтні зони	Постійний моніторинг, автоматичне пожежогасіння
Середній	Дробильні комплекси	Посилений контроль, резервні засоби
Низький	Відкриті уступи	Планові перевірки

Впровадження кластерної моделі дозволяє: підвищити точність ідентифікації небезпечних зон; скоротити час реагування на 15–20 %; оптимізувати розміщення пожежної техніки; знизити рівень техногенного ризику. У системі цивільної безпеки це сприяє: підвищенню стійкості об'єкта до надзвичайних ситуацій; зменшенню соціально-економічних втрат; покращенню координації з підрозділами ДСНС.

Кластерний підхід є ефективним інструментом оцінювання пожежних ризиків у кар'єрах гранітного видобутку. Інтеграція методів кластерного аналізу в систему управління цивільною безпекою підвищує рівень превентивного захисту. Розроблена модель може бути використана при розробці декларацій безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Подальші дослідження доцільно спрямувати на створення програмного модуля автоматизованої оцінки ризиків.

Територія Рижівського гранітного кар'єру (м. Горішні Плавні Полтавської обл.) поділяється на 3 зони, по кожній з яких визначаються P_i – ймовірність пожежі, C_i – тяжкість наслідків, T_i – оператив-

ний показник реагування. Було розглянуто три функціональні зони кар'єру (табл. 3). Результати кластеризації наведено у табл. 4.

Таблиця 3 – Функціональні зони Рижівського гранітного кар'єру

№	Зона	(N_i)	(L_i), тис. грн	(S_i), осіб	(T_i), хв
1	Склад ПММ	10	5000	5	8
2	Дробильний комплекс	6	3000	8	6
3	Видобувний уступ	3	1500	4	5

Таблиця 4 – Результати кластеризації

Зона	(R_i)	Рівень ризику
Склад ПММ	1470	Високий
Дробильний комплекс	530,4	Середній
Видобувний уступ	127,5	Низький

Граничні значення:

- високий ризик: $R > 1267$;
- середній ризик: $151 \leq R \leq 1267$;
- низький ризик: $R < 151$.

На основі комплексного аналізу ймовірнісних, наслідкових й оперативних показників формується інтегрована карта пожежної небезпеки кар'єру з чіткою градацією рівнів ризику. Кожна виробнича зона отримує відповідний індекс ризику, який відображається у вигляді кольорового маркування: зони високого ризику позначаються червоним кольором, середнього – жовтим, низького – зеленим.

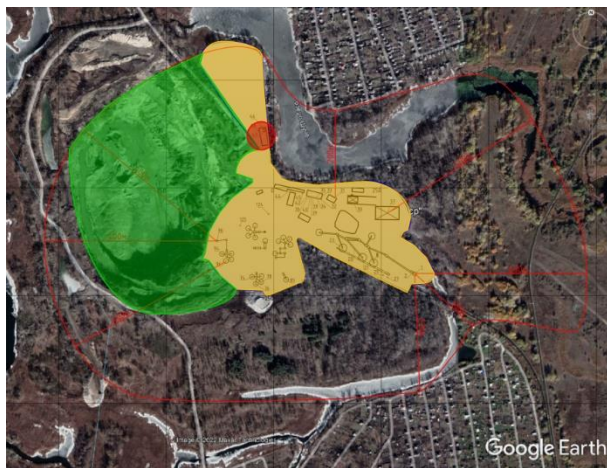


Рис. 1. Карта пожежної небезпеки Рижівського гранітного кар'єру

Така візуалізація забезпечує наочність сприйняття інформації та дозволяє керівництву підприємства оперативно визначати пріоритетні напрямки втручання. Карта пожежної небезпеки стає інструментом підтримки управлінських рішень, оскільки поєднує статистичні дані із просторовою локалізацією джерел загрози.

Важливою перевагою мапування є можливість оцінки часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів і доступності вододжерел з урахуванням фак-

тичних умов місцевості. Просторовий аналіз дозволяє визначити оптимальні маршрути руху пожежної техніки, врахувати конфігурацію кар'єру, перепади висот, стан технологічних доріг, їх ширину та пропускну спроможність, а також сезонні обмеження, пов'язані з погодними умовами. Моделювання різних сценаріїв розвитку пожежі надає змогу прогнозувати зони можливого поширення вогню та визначити критичні точки для локалізації займання. У взаємодії з Державною службою України з надзвичайних ситуацій це підвищує узгодженість дій під час ліквідації надзвичайних ситуацій, скорочує час реагування та мінімізує втрати.

Мапування виконує також функцію стратегічного планування системи пожежної безпеки. Аналіз карт ризику дозволяє обґрунтувати доцільність розміщення додаткових пожежних резервуарів або гідрантів, модернізації систем автоматичного пожежогасіння, встановлення додаткових датчиків контролю температури чи задимлення. За потреби може бути прийняте рішення щодо перенесення складів паливно-мастильних матеріалів у менш уразливі ділянки чи зміну організації транспортних потоків у межах кар'єру. Отже, карта ризику стає не лише інструментом реагування, а й засобом довгострокового управління безпекою.

Цифрові карти активно використовуються під час проведення навчань і тренувань персоналу. На їх основі моделюються сценарії розвитку пожежі з урахуванням різних вихідних умов: часу доби, напрямку вітру, щільності виробничої діяльності. Це дозволяє відпрацювати алгоритми евакуації, перевірити ефективність внутрішніх інструкцій і підвищити готовність працівників до дій у надзвичайних ситуаціях.

Висновки

Аналіз пожежної безпеки у кар'єрах гранітного видобутку показав, що традиційні методи оцінки ризиків часто фрагментарні.

1. Впровадження кластерного підходу дозволяє систематизувати та кількісно оцінити ймовірнісні, наслідкові й оперативні показники, виділяти однорідні групи об'єктів і пріоритети протипожежних заходів.

2. Мапування інтегрує результати кластерного аналізу з географічною локалізацією, формуючи карту пожежної небезпеки з градацією ризику. Це забезпечує наочність, оптимізацію ресурсів, планування маршрутів техніки, оцінку доступності вододжерел і стратегічне планування.

3. Впровадження кластерної моделі та мапування сприяє підвищенню точності ідентифікації небезпечних зон, скороченню часу реагування, зниженню техногенного ризику, підвищенню стійкості об'єкта та покращенню координації з підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Отже, кластерний підхід і мапування забезпечують ефективне, науково обґрунтоване управління пожежною безпекою в межах сучасної системи цивільної безпеки.

Конфлікт інтересів

Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Використання засобів штучного інтелекту

Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Верховна Рада України. (2012). Кодекс цивільного захисту України : Закон України № 5403-VI від 02 жовтня 2012 року. Київ, Україна. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>.
2. Міністерство внутрішніх справ України. (2014). Правила пожежної безпеки в Україні : Наказ № 1417 від 30 грудня 2014 року. Київ, Україна. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>.
3. Верховна Рада України. (1999). Гірничий закон України : Закон України № 565/98-ВР від 04 червня 1999 року. Київ, Україна. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-14#Text>
4. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. (2020). Методичні рекомендації з оцінювання ризиків техногенного характеру. Київ, Україна. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1905-23#Text>
5. International Organization for Standardization. (2018). ISO 31000:2018 : Risk management – Guidelines. Geneva, Switzerland. 28 p. URL : <https://www.iso.org/standard/65694.html>
6. Pyashov, M., Diedich, I., & Nazimko, V. (2019). Prospective tendencies of coal mining risk management. *Mining of Mineral Deposits*, 13(1), P. 111–117. DOI : <https://doi.org/10.33271/mining13.01.111>
7. Особливості оцінки та управління екологічними ризиками на металургійних підприємствах. *Центральноукраїнський науковий вісник. Економічні науки*, 3(36), С. 264–273. DOI : [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.3\(36\)](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.3(36))
8. Wei, G., Han, G.-S., & Lang, X. (2026). Fire risk assessment using machine learning techniques: A case study of Jinan City, China. *Scientific Reports*. DOI : <https://doi.org/10.1038/s41598-026-37074-0>
9. Atik, M. E., & Safi, O. (2024). Investigation of GIS-based analytical hierarchy process for multi-criteria earthquake risk assessment: The case study of Kahramanmaraş Province. *IJEG*, 11(3), P. 156–165. DOI : <https://doi.org/10.30897/ijegeo.1457292>
10. Lau, R. F. K., Turner, S., & Ford G. (2000). The use of geographic information systems in major accident risk assessment and management. *Journal of Hazardous Materials*, 78(1–3), P. 223–245. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(00\)00224-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(00)00224-7)

Received (Надійшла) 16.01.2026

Accepted for publication (Прийнята до друку) 08.04.2026

Publication date (Дата публікації) 22.05.2026

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

Ченчева Ольга Олександрівна – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою, Кременчуцький національний університет імені М. Остроградського, Кременчук, Україна;
Olha Chencheva – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Civil and Labour Safety, Geodesy and Land Management, Kremenchuk M. Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine;
 e-mail: chenchevaolga@gmail.com; ORCID Author ID: <http://orcid.org/0000-0002-5691-7884>;
 Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203619235>.

Лашко Євгеній Євгенович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою, Кременчуцький національний університет імені М. Остроградського, Кременчук, Україна;
Yevhenii Lashko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Civil and Labour Safety, Geodesy and Land Management, Kremenchuk M. Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine;
 e-mail: evgeny.lashko.lj@gmail.com; ORCID Author ID: <http://orcid.org/0000-0001-9691-4648>;
 Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203623830>

Резнік Дмитро Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою, Кременчуцький національний університет імені М. Остроградського, Кременчук, Україна;
Dmytro Rieznik – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Civil and Labour Safety, Geodesy and Land Management, Kremenchuk M. Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine;
 e-mail: 2411dimareznik@gmail.com; ORCID Author ID: <https://orcid.org/0000-0003-1258-6136>;
 Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57211998259>.

Cluster approach to assessing fire risks in granite quarries in the civil security system

Olha Chencheva, Yevhenii Lashko, Dmytro Rieznik

Abstract. Relevance. The mining industry plays an important role in the Ukrainian economy, and fire risks in quarries are complex and complicated. **Object of research:** cluster approach to assessing fire risks in granite quarries in the civil security system. **Purpose of the article.** Development of a methodology for comprehensive risk assessment based on probabilistic, consequential, and operational indicators, followed by clustering of risk areas and spatial representation through mapping. **Research results.** The scientific value of the work lies in the systematization of fire risk indicators, the application of modern statistical methods and geoinformation technologies for integrated analysis, which allows for more accurate assessment and prediction of dangerous situations. The practical value of the article lies in the possibility of using the developed methodology to create fire hazard maps, optimize the placement of firefighting equipment, plan response measures, and increase the resilience of facilities to emergencies. **Conclusions.** The implementation of a cluster approach and mapping allows for more effective fire safety management, shorter response times, and reduced socio-economic losses.

Keywords: civil security, fire risk, clustering, risk management, career, emergency situation.