

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.11.611-628

УДК 528.4:622

д.т.н., професор **Куліковська О.Є.**,  
kulikovskaja13@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2168-1445,  
Львівський національний університет природокористування

## **ПОТЕНЦІЙНІ РИЗИКИ РОЗВИТКУ ТА ДІЯЛЬНОСТІ ГІРНИЧОДОБУВНИХ РЕГІОНІВ**

*Показано, що із інтенсивним розвитком техногенезу, всебічними змінами природних процесів та явищ, кількість надзвичайних ситуацій невпинно зростає і єдиним шляхом до їх мінімізації є пізнання законів та закономірностей їх виникнення, що є актуальною проблемою. Визначено закономірності виникнення небезпечних і надзвичайних процесів та явищ на прикладі Криворізького гірничодобувного регіону. Підкреслена необхідність виходити з даних оцінювання геологічного середовища, як багатofункціональної системи, виділяючи повільно- та швидкозмінні чинники для різних геоструктурних районів, зон, блоків тощо.*

*Ключові слова: гірничодобувний регіон; Криворізький басейн; потенційний ризик; геологічне середовище; надзвичайна ситуація; розломно-блокова тектоніка; маркшейдерсько-геодезичний моніторинг.*

**Проблема і її зв'язок із науковими і практичними завданнями.** Виникнення надзвичайних ситуацій здебільшого пояснюється випадковим збігом обставин у певному місці та в певний час [24]. Проте за цими випадковими стихійними збігами, очевидно, стоять більш глибокі причинно-наслідкові зв'язки, пізнання яких можуть допомогти знизити потенційний ризик виникнення надзвичайних ситуацій, а в деяких випадках і запобігти їх проявленню [16]. Прогрес, який людина поставила на вершину еволюційної піраміди, сьогодні виражений, передусім, у концентрації на невеликій території значних запасів енергії, людей, складної техніки, видобутих із надр і знову синтезованих речовин. Все це призводить до того, що в таких місцях фізичні і хімічні потенціали та неоднорідність природних систем різного рівня організації збільшуються, а, відповідно, зростає і ризик катастрофічних зривів виникнення надзвичайних ситуацій. Як свідчить статистика, основна кількість надзвичайних ситуацій виникає в місцях інтенсивного розвитку промисловості, зростаючого навантаження техногенезу на довкілля, суттєвого порушення екологічного стану навколишнього середовища тощо.

Із інтенсивним розвитком техногенезу, всебічними змінами природних процесів та явищ, кількість надзвичайних ситуацій невпинно зростає і єдиним

шляхом до їх мінімізації є пізнання законів та закономірностей їх виникнення, що є актуальною проблемою.

**Аналіз останніх публікацій.** Вагомий внесок у розв'язання поставлених проблем моніторингу природних, техногенних і технологічних процесів внесли провідні українські вчені: О.М. Адаменко, Ю.Г. Вілкул, Ю.М. Гавриленко, С.Г. Могильний, В.О. Назаренко, М.С. Четверик [8-14, 18]. Безпосередньо в умовах Кривого Рогу великої уваги заслуговують роботи О.І. Денисова, В.М. Здешиця, В.І. Кузьміна, О.Є. Куліковської, Є.О. Несмашного, Ю.М. Ніколашина, І.С. Паранька, В.Д. Сидоренка, П.Й. Федоренка, О.І. Чирви та ін. [19-23, 25].

Із останніх публікацій заслуговують на увагу такі. У роботах [7, 16] встановлено, що сучасний пришвидшений розвиток техногенних виробництв призвів до росту концентрації шкідливих викидів та їх об'єму в екосередовище, зріс рівень забруднення цілих регіонів. Ускладнення технологічних процесів переобтяжило процеси управління, що призвело до зниження в певних галузях рівня безпеки їх функціонування та підвищило ризики аварій та катастроф. При цьому рівень ризиків аварій і техногенних катастроф залежить від багатьох факторів і компонент надійності систем: надійність і якість проектів техногенних систем тощо. Автори [17] показують, що рішення проблеми поліпшення параметрів процесів попередження надзвичайних ситуацій різного характеру в реальних умовах ґрунтується на аналізі стану та особливостей загроз небезпек техногенного, природного та соціального характеру в регіонах держави на основі статистичних даних моніторингу з метою їх недопущення або ліквідації можливих наслідків. У праці [4] порушується питання конструювання екологічного ризику як соціальної проблеми. Розкривається поняття ризику як феномена з істотною компонентою майбутнього, стану передчуття, усвідомлення катастрофи. Наголошується на неспроможності практики подолання локальних проблем без можливості широкого доступу членів суспільства до сталого розвитку і чистого довкілля. Kaliukh, Yu.I., та Yu.I. Ishchenko [2] описують глобальні кліматичні зміни і триваюче збільшення землекористування, які викликають помітне збільшення частоти та інтенсивності зсувів від антропогенного навантаження. Зазначають, що такі руйнування від них можуть перевищувати всі інші збитки від загальної катастрофи. Протягом останнього десятиліття стихійні лиха пошкодили та зруйнували близько одного мільйона об'єктів, що безпосередньо торкнулося майже 2,5 млрд людей в усьому світі. Дослідники [6] висвітлили деякі питання надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на основі вивчення літературних джерел. Показали значне антропогенне і техногенне навантаження території України, зростання ризиків виникнення надзвичайних

ситуацій техногенного та природного характеру, Підкреслили, що забезпечення сталого соціально-економічного розвитку України має супроводжуватися формуванням безпечного для суспільства і кожної людини стану життєвого довкілля, забезпеченням сучасної системи безпеки, яка би ґрунтувалася на принципах міжнародного права. Шульц Р.В. [6] розглядає методику розроблення проекту спостережень за зсувами, а саме – попередній розрахунок точності під час виконання геодезичних спостережень за зсувними процесами.

Про зв'язок між багатством природних ресурсів і погіршенням навколишнього середовища, який має важливі екологічні наслідки зазначається у публікаціях [1, 5]. Разом з тим, науковці визнають, що ця область недостатньо досліджена, і в літературі є різноманітні висновки. На прикладі Китаю показують, що значне економічне зростання разом із швидкою урбанізацією та індустріалізацією збільшило видобуток і споживання природних ресурсів. Автори також дослідили вплив видобутку корисних копалин, людського капіталу та урбанізації на екологічну ситуацію, запропонували комплексні заходи для покращення якості навколишнього середовища.

**Мета.** Визначити основні чинники геодинамічних, геологічних і гідрогеологічних процесів, які впливають на розвиток і безпечне функціонування гірничорудного регіону.

**Виклад матеріалу і результати.** Виходячи з загального розуміння катастрофи, як системного явища, надзвичайна ситуація виправдано розглядається в якості складової загального поняття «катастрофа». З формальної позиції поняття «катастрофа» є синонімом по відношенню до понять «аварія», «криза», «стихійне лихо». Розмежування цих понять досить умовне, в часі та просторі вони можуть переходити одне в інше. Однак, в усіх випадках мова йде про втрату стійкості системи. У нашому випадку системою виступає геологічне середовище. Згідно з сучасним баченням, ця система знаходиться в області стійкості та рівноваги в просторі змінних, якби обмежується областю нестійкої рівноваги, у якій система втримується зовнішніми силами. Якщо при зміні яких-небудь умов, область рівноваги розширюється і накладається на область нестійкості, тоді система миттєво переходить у нову область рівноваги. Зазвичай, ці області відповідають більш низьким енергетичним рівням та мають більшу ентропію. У даному випадку різкий перехід системи з однієї області в іншу можна тлумачити як катастрофу.

Таким чином, катастрофа – це поняття, яке відображає певний тип змін та перетворень у будь-якій системі. Цей тип перетворень є обов'язковою складовою діалектичного розвитку природних систем. У зв'язку з цим, катастрофу можна розглядати, як нормальну форму природних процесів розвитку, а якщо виходити з законів діалектики, то саме катастрофа є

свідченням переходу кількісних змін у якісні.

У теперішній час існує низка тлумачень терміну «катастрофа» [15, 24]. Проаналізувавши їх можна прийти до висновку, що природна катастрофа – це швидкий природний процес, зумовлений дією гравітації земного обертання або різницею температур, який уражає гео-, гідро- або атмосферу. Поняття «катастрофа», в основному, в цих випадках підмінюється поняттям «стихійне лихо». Стихійне лихо розглядається, як часто непередбачене явище природи, яке раптово створює катастрофічну ситуацію і призводить до порушення умов життєдіяльності населення, руйнування будівель споруд, знищення матеріальних цінностей і загибелі людей [18]. Найчастіше стихійне лихо пов'язують з екстремальними, несприятливими і небезпечними природними процесами та явищами і дуже часто використовують як синонім надзвичайної ситуації. Відділ секретаріату ООН із координування надзвичайних ситуацій і подібні до нього національні організації не роблять принципової різниці між стихійними лихами та надзвичайними ситуаціями, класифікуючи їх за кількістю людських жертв і розмірами економічних збитків. З позиції теорії ризику природних і технологічних катастроф, лихо розглядається, як вплив на суспільство і економіку, який призводить до порушення стійкості регіональної соціально-економічної системи. Межа між стихійним лихом і надзвичайною ситуацією залежить від конкретної обстановки і не може бути визначеною тільки абсолютними величинами спричиненого збитку. Враховуючи зазначене, під стихійним лихом слід розуміти такий вплив небезпечних природних процесів та явищ на населення і господарство окремої території, які відчутно порушують нормальну соціально-економічну обстановку і призводять до жертв серед населення або значних економічних збитків. Проте, навіть з цієї позиції, висловленої [12], до кінця не ясно де починається надзвичайна ситуація, яка спричинена природними силами, і в яких випадках стихійне лихо можна трактувати, як надзвичайну ситуацію, яка може призвести до катастрофи.

Слід зазначити, що не зважаючи на існуючу низку визначення поняття «надзвичайна ситуація», всі вони зводяться до одного, що надзвичайна ситуація це: стан об'єкту (території) управління, по відношенню до якого частково або повністю втрачена можливість контролю та реалізації керованих дій; стан об'єкту (території), при якому він знаходиться на межі можливостей самопідтримання своєї стійкості і може бути виведений із області стійкості навіть внаслідок відносно незначних зовнішніх впливів; непередбачене, швидке порушення режиму функціонування об'єкту (території) при його зовнішньому благополучному стані.

Перший і другий варіанти визначають надзвичайну ситуацію через сприйняття неблагонадійності, третій – як прояв цього сприйняття.

При тлумаченні визначення терміну «надзвичайна ситуація», кожен з дослідників керується перш за все тим, відносно якого механізму або процесу він передбачає виникнення такої ситуації. Міністерство надзвичайних ситуацій України на перше місце ставить безпеку життєдіяльності людини і матеріальний аспект проблеми, що й знайшло своє відображення в трактуванні терміну. Згідно з останнім надзвичайна ситуація – це порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або в межах певної території, яке спричинене дією техногенного, природного або соціального характеру, які призвели (або можуть призвести) до людських і матеріальних втрат [9, 14].

Враховуючи зазначене, серед ознак, які визначають будь-яку надзвичайну ситуацію у гірничодобувних регіонах можна виділити наступні: загибель або загроза загибелі людей і значне погіршення умов їх життєдіяльності; нанесення економічних збитків; суттєве погіршення стану екологічного та геологічного середовища. В основі оцінки характеру надзвичайної ситуації лежать групи взаємопов'язаних показників: територія розповсюдження; масштаби потенційних економічних збитків; класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій.

За масштабами території розповсюдження та обсягами матеріальних ресурсів, необхідних для ліквідації надзвичайних ситуацій, останні діляться на чотири рівні:

1) загальнодержавний, який характеризується проявленням надзвичайних ситуацій на території двох або більше адміністративних областей і для їх ліквідації необхідні матеріальні та технічні ресурси в обсягах, що перевищують існуючі можливості (потужності) області, але не менше від 1% витрат відповідного бюджету;

2) регіональний, до якого відносяться надзвичайні ситуації, які розвиваються на територіях двох і більше адміністративних районів, а також міст обласного підпорядкування, АР Крим, областей, міст Київ, Севастополь, або загрожують перенесенням на території сусідніх областей України, а також у випадку коли для їх ліквідації необхідні матеріально-технічні ресурси в обсягах, що перевищують існуючі можливості району, але не менше від 1% витрат відповідного бюджету;

3) міський рівень включає надзвичайні ситуації, які виходять за межі потенційно небезпечного об'єкту, загрожують розповсюдженням самої ситуації або її наслідків на довкілля, сусідні населені пункти, інженерні споруди, а також у випадку, коли для їх ліквідації необхідні матеріальні ресурси в обсягах, що не перевищують існуючих можливостей потенційно небезпечного об'єкту, але не менше 1% від витрат відповідного бюджету; до даного рівня відносяться також всі надзвичайні ситуації, які виникли на об'єктах житлово-комунальної

сфери та інших, що не входять у затверджений перелік потенційно небезпечних об'єктів;

4) об'єктів (локальний) рівень об'єднує всі надзвичайні ситуації, які не попадають під зазначені вище категорії і стосуються виключно певних локальних об'єктів [15].

Прогнозування розвитку будь-яких природних, техноприродних явищ загалом, і надзвичайних ситуацій, зокрема, базується на групі чинників і ознак, які спричиняють і визначають ці явища. Всі чинники, які лежать в основі проявлення неотектоніки можна розділити на дві групи – природні і техногенні. До природних чинників слід віднести геодинамічні і геологічні особливості регіонів, а техногенні включають господарську діяльність людини в межах геологічного середовища. Враховуючи, що геологічне середовище, в межах якого зосереджені всі родовища корисних копалин, це природно-техногенна система, то й при прогнозуванні розвитку неотектонічних явищ у гірничодобувних регіонах слід враховувати як природні, так і техногенні чинники. Окрім того, слід зазначити, що природні чинники відносяться до категорії регіональних, а техногенні носять локальний характер. Провідне місце в формуванні структури земної кори загалом і геологічного середовища, як її верхньої частини, зокрема належать тектонічним процесам. Найпоширенішим їх відображенням є порушення первинних фізико-механічних властивостей порід, утворення на окремих ділянках земної кори зон розущільнення, підвищеної проникності, тріщинуватості тощо. Вони відіграють певну роль складових структури земної кори, суть якої полягає у відновленні природної рівноваги в земній корі, як самостійній системі відповідного рівня організації речовини. Таким чином, тектонічні процеси та явища є невід'ємною складовою еволюції земної кори і негативного впливу на природне середовище не несуть. Іншого змісту набувають природні тектонічні порушення, які зазнали впливу діяльності людини.

Гірничодобувні регіони загалом і Криворізький, зокрема, характеризуються високим ступенем ураженості геологічного середовища, що обумовлено видобутком корисних копалин і техногенним навантаженням на довкілля, спричиненим складуванням відходів гірничодобувної та переробної промисловості. Цей чинник виникнення надзвичайних ситуацій має техногенно-природний характер, пов'язаних з суттєвими змінами природного стану геологічного середовища [22]. Криворізький залізорудний басейн приурочений до потужної зони Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому. А це означає, що у регіоні природні тектонічні процеси зумовили суттєві порушення монолітності масивів докембрійських гірських порід, утворивши густу мережу розломів, зон підвищеної тріщинуватості,

подрібнення порід тощо [19]. Завдяки розломній тектоніці докембрійський фундамент розбитий на низку рівновеликих блоків, відокремлених один від одного зонами відкритої тріщинуватості, що позбавляє їх жорсткого зчеплення та знижує ступінь сейсмостійкості в регіоні (рис. 1).



Рис. 1. Вихід тріщинуватих сланців серед малорудних кварцитів.  
Горизонт  $\pm 0$  м, південна частина

Своєрідним «покривалом», яке приховує тектонічну мозаїку фундаменту слугує малопотужний осадовий чохол кайнозойських порід, які залягають субгоризонтально. Серед них переважають суглинки (здебільшого лесоподібні), глини, піски та вапняки. Практично всі розломи перетинаються підземними і поверхневими гірничими виробками, а окремі виробки безпосередньо закладені в межах потужних розломних зон. Таке «сусідство» кар'єрів і шахт з розломами, як природними тектонічними об'єктами, негативно відображається на їх властивостях. Відомо, що розробка залізрудних родовищ із залученням вибухових і вібраційно-відбійних технологій призводить до поновлення природної тріщинуватості й формування техногенної. При цьому слід зазначити, що техногенна тріщинуватість наявна також і в осадовому чохлі, що сприяє формуванню зон розушільнення порід. Як наслідок, суттєво знижується ступінь сейсмостійкості території регіону, виникають техногенні зони підвищеної водопроникності і, враховуючи переміщення значних мас гірських порід, внаслідок видобутку залізних руд відкритим та підземним способами, зростає ймовірність вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків, які через поновлення природної тріщинуватості і формування техногенної позбавлені жорсткого зчеплення. Потенційною основою останнього явища може бути надмірне техногенне навантаження на блоки і зони тріщинуватості, зумовлене спорудженням відвалів, шламосховищ і ставків-накопичувачів. Сюди також слід віднести порожнини в масивах

гірських порід, створені в результаті підземної розробки родовищ і поглиблення та розширення кар'єрів.

До таких структур розвантаження належить і Криворізька структура, до Саксаганського блоку якої приурочені родовища багатих залізних руд шахти «Ювілейна» і шахти ім. Фрунзе, які можна вважати потенційно сейсмонебезпечними з позиції геодинамічного чинника прогнозування неотектонічних явищ. Цей факт необхідно враховувати при проектуванні гірничодобувних робіт, але також слід зазначити, що знизити ступінь впливу геодинамічного чинника на проявлення сейсмічних явищ в районі родовищ не можливо, так як цей процес підпорядкований природному перебігу геодинамічних процесів в межах тектоносфери. Таким чином, до природних чинників виникнення надзвичайних ситуацій слід відносити: геологічну будову земної кори; розломно-блокову тектоніку; мінералого-петрографічні особливості породних комплексів; природні тектонічні рухи земної кори.

Враховуючи, що родовища зосереджені в межах геологічного середовища, яке являє собою природно-техногенну систему, суттєвий вплив на проявлення неотектоніки має група техногенних чинників, серед яких слід розрізняти ті, що спричинені безпосередньо гірничодобувними роботами і ті, які породжені діяльністю людини на земній поверхні. Серед них особливе місце слід відвести застосуванню при видобутку руди застосування вібро-відбійних і вибухових технологій. Як у першому, так і другому випадку відбувається породження техногенних сейсмічних хвиль, які негативно впливають на фізико-механічні властивості гірських порід, що призводить до формування техногенних зон розуцільнення і тріщинуватості в масивах останніх на кшталт природних розривних порушень. Такі зони одночасно стають місцями розвантаження тектонічних напружень, що створює потенційно сприятливі умови для розвитку сейсмічних явищ. З другої сторони, такі техногенні сейсмічні хвилі сприяють поновленню «залічених» продуктами гідротермального, метасоматичного і гіпергенного процесів природних тріщин, що призводить до їх розкриття і суттєвого зниження фізико-механічних властивостей.

Враховуючи високу ступінь розвитку розривної тектоніки на родовищах, можна припускати, що технології, які застосовуються при проходженні гірничих виробок і видобутку руди, через зміни фізико-механічних властивостей гірських порід перетворюють масиви покладів багатих руд на зони розвантаження полів тектонічних напружень, чим суттєво знижують ступінь їх сейсмостійкості і підвищують ступінь ризику виникнення сейсмічних явищ.

Найбільш активно техногенна тріщинуватість буде розвиватися в

сланцевих породах, у складі яких будуть переважати мінерали групи силікатів. Відповідно, ці чинники необхідно враховувати при проведенні вибухових і відвальних робіт, особливо при виборі схеми закладки вибухових матеріалів і розрахунках потужності вибухів. Порооди докембрійського кристалічного фундаменту перекриваються породами осадового чохла, серед яких переважають глини, піски, супіски і суглинки, а в південній частині Кривбасу нижня частина кайнозойського розрізу складена органогенними вапняками. Ці утворення, які на відміну від гранітоїдів і метаморфічних утворень характеризуються значно вищим показником пластичності і низьким коефіцієнтом крихкості. Будь-які вертикальні переміщення докембрійських блоків будуть формувати в них не зони тріщинуватості, а зони розтягу з високим показником проникності атмосферних опадів і вод підземних водоносних горизонтів. Інфільтрація зазначених вод до підшови кайнозойського розрізу буде сприяти їх проникненню в тріщинуваті зони масивів кристалічних порід, що підсилить процес їх руйнування через розчинення карбонатів і, таким чином, спричинить техногенний карст, а також суттєві водопритоки в підземні гірничі виробки. Це позначиться на фізико-механічних властивостях кристалічних гірських порід і підсилить процес формування в них тріщинуватості, а, відповідно, призведе до зниження ступеня сейсмостійкості.

Над підземними виробками на земній поверхні знаходяться численні споруди, відвали відходів гірничодобувної промисловості, склади видобутої руди тощо. Тобто, з поверхні створюється додаткове навантаження на геологічне середовище, що сприяє зміні літостатичного тиску в масивах гірських порід. В окремих випадках таке навантаження з поверхні на окремі блоки кристалічного фундаменту може спричинити виникнення техногенних вертикальних рухів. Наявність по-сусідству розташованих двох блоків, розділених розривним порушенням, з різним навантаженнями вже створює загрозу виникнення потенційних умов розвитку сейсмічних явищ, так як різношвидкісне переміщення блоків і наявність зони розлому є передумовою формування так званих «зачіпів», що сприятиме накопиченню напруги і, у випадку руйнування останніх – до вивільнення її з переходом у кінетичну енергію та утворенням сейсмічних хвиль. Уникнення створення подібної ситуації можливе тільки при відсутності над гірничими виробками значних за масою будівельних споруд, складів розкривних порід і руд.

Таким чином, техногенними чинниками виникнення неотектонічних явищ в районах розробки родовищ корисних копалин, на відміну від природних, можна керувати, але для цього потрібен моніторинг фізико-механічних властивостей гірських порід, маркшейдерсько-геодезичний

моніторинг у межах території родовищ і гідрогеологічні спостереження за рівнем води в підземних горизонтах осадового чохла та тріщинуватих горизонтів у кристалічних породах. Тільки при таких умовах можна мінімізувати вплив розробки родовищ на неотектонічні процеси та пов'язані з ними сейсмічні явища і знизити ступінь екологічного ризику і ризику виникнення надзвичайних ситуацій.

Слід також зазначити, що техногенні чинники, перш за все, впливають на зміни властивостей геологічного середовища і його компонентів, а останнє відіграє основну роль при формуванні потенційних передумов виникнення надзвичайних ситуацій.

Можна припускати, що на території Криворізького басейну слід очікувати проявлення надзвичайних ситуацій практично всіх зазначених категорій. На користь такого припущення свідчить не тільки значна масштабність території басейну, але й природні чинники виникнення надзвичайних ситуацій такі, як проявлення неотектонічних рухів, будова, склад і тектонічні зміни геологічного середовища, площі яких збільшуються пропорційно до розвитку залізодобувних об'єктів.

Статистичні дані свідчать про те, що на кар'єрах Кривбасу не рідше одного разу на 5-7 років виникають крупні зсуви або самообвалення обсягом до декількох млн. м<sup>3</sup> та десятки дрібніших, які фіксуються службами охорони праці підприємств гірничодобувного комплексу. Наведемо декілька прикладів таких небезпечних геологічних явищ. У 1963 р. на ш. Центральна відбулося раптове самообвалення порід із виходом повітряної хвилі та викидом шматків породи на поверхню. Масове обвалення порожнин з утворенням воронки на денній поверхні виникло у 1978 р. на ш. ім. Фрунзе. За період з 1984 по 1995 р. на бортах кар'єру Інгулецького ГЗК відбулося 8 зсувів, а у 1996 р. у районі с. Широке раптово було зруйновано обвідний канал та частково перекрито р. Інгулець. За час експлуатації (з 1976 року) накопичувач шахтних вод балки Свистунова тричі наповнювався і в результаті фільтрації спорожнювався, незважаючи на посилення протифільтраційних заходів. Після кожної втрати води виявлялося значне деформування основи у вигляді лійок, тріщин та промоїн внаслідок суфозійного виносу ґрунтів у закарстовані сарматські вапняки, що залягають у ложі ставка на глибині 15-20 м від поверхні й перекриті шаром піску та суглинку. Внаслідок фільтраційних втрат сталося забруднення підземних вод промисловими скидами. До людських жертв у 2001 р. на Інгулецькому ГЗК (загинув черговий позавідомчої воєнізованої охорони) призвело підняття ґрунту на 15 м в районі с. Миколаївка. У 2007 р. загинуло четверо та травмовано двоє гірників на ш. Ювілейна із-за обвалення покрівлі камери.

Події 2010 та початку 2011 років свідчать про посилення впливу антропогенних чинників на виникнення надзвичайних ситуацій у регіоні. 13.06.2010 р. на ш. імені Орджонікідзе безпосередньо після планових вибухових робіт почалося інтенсивне обвалення денної поверхні, що знаходилася в зоні гірничого відводу шахти в маркшейдерських осях(- 37)-(+45). Загальна площа обвалення склала 16,5 га (рис. 2). 17.08.2010 року у Центрально-Міському районі м. Кривого Рогу на вулиці Урицького, 5 відбулося часткове обвалення земної поверхні з утворенням воронки між 3.00-6.00 годинами в районі маркшейдерських осей 57-58 і ЛСП +30 ... +50 (ЛСП-лінія середнього простягання). Ділянка, на якій відбулося провалля, знаходиться у шахтному полі шахти «ГПУ», закритої у 1972 р. і розташована над гірничими виробками, що утворилися в результаті виїмки залізних руд у період роботи шахти. Виконана зйомка спеціалістами ДП «Кривбаспроект» показала, що воронка має діаметр 18 м, а її обсяг досягає 1500-1600 м<sup>3</sup>, тобто близько 1700-1800 м<sup>3</sup> підземних пустот було заповнено у процесі обвалення (рис. 3). В табл. 1, 2 узагальнено виникнення негативних явищ, що відбулися на підприємствах Кривбасу та в регіоні починаючи з 1963 року до теперішнього часу.

Таблиця 1

**Розвиток небезпечних геологічних процесів на території  
Криворізького гірничодобувного регіону  
(аналіз даних з 1963 р. по теперішній час)**

Площа басейну, км <sup>2</sup>	Зсуви, провали				Підтоплення	
	Загальне число зсувів, провалів, д	Площа зони зрушення гірських порід над відпрацьованим простором, тис. га	Ураженість басейна зсувами, провалами, %	Число зсувів, занесених до регіональних кадастрів, явище	Підтоплення площі (в тому числі техногенне), тис. км <sup>2</sup>	Ураженість басейну катастрофічним підтопленням, км <sup>2</sup>
430	29	3,47	42	7	330	50

З упевненістю можна говорити, що гірничодобувна діяльність людини сьогодні призводить до формування нової техногенної тектоніки, яка в подальшому буде визначати характер будови земної поверхні і яка є одним з основних потенційних чинників виникнення надзвичайних ситуацій через зниження ступеня сейсмостійкості територій, утворення техногенних високопроникних для атмосферних і підземних вод зон, виникнення вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків гірських порід,

створення передумов для зсувоутворення.

Враховуючи вищевикладене, для характеристики комплексу умов і факторів, які визначають закономірності виникнення небезпечних та надзвичайних процесів та явищ у гірничодобувному регіоні, треба виходити з даних оцінювання геологічного середовища, як багатофункціональної системи, підкреслюючи повільно- та швидкозмінні чинники для різних геоструктурних районів, зон, блоків тощо.

Таблиця 2

### Динаміка небезпечних геологічних явищ Кривбасу

№№	Назва підприємства, об'єкт	Рік виникнення	Кількість/обсяг явища, тис. м <sup>3</sup> , тис. т	Розміри (довжина/глибина), м	Наслідки
1	2	3	4		5
1.	Ш. Центральна	1963	1/-		Раптове самообвалення порід з виходом повітряної хвилі та викидом шматків породи на поверхню
2.	Ш. ім. Фрунзе	1978	1/-		Масове обвалення порожнин з утворенням воронки на денній поверхні
3.	ПАТ «Південний ГЗК»	1981	1/500	380x18	Порушена технологія розробки
4.	Новокриворізький комплекс*	1981	1/ -		Порушена технологія розробки
5.	ПАТ «Інгулецький ГЗК»	1984-1995	8/5000	800	Порушена технологія розробки
6.	Новокриворізький комплекс*	1985	6/ -		Порушена технологія розробки
7.	ПАТ «Центральний ГЗК»	1986	1/ -	400x160	Порушена технологія розробки
8.	Новокриворізький комплекс*	1990	1/2300	350	Порушена технологія розробки
9.	ПАТ «Південний ГЗК» Район с. Рудничне	1995	1/80-130 тис. т	80-130	Порушена технологія розробки
10.	ПАТ «Інгулецький ГЗК» Район с. Широке	1996	1/12000/ 200-230 тис. т	-	Зруйновано обвідний канал, частково перекрито р. Інгулець.
11.	ПАТ «Північний ГЗК»	1996	1/	500x50	Порушена технологія розробки
12.		1998	1/	1000x70	-
13.	ПАТ «Інгулецький ГЗК», район с. Миколаївка	2001	1/2500	-	Виникло підняття ґрунту на 15м, загинув черговий позавідомчої воєнізованої охорони

1	2	3	4		5
14.	ПАТ «Суша балка» ш. Ювілейна	2007	1/ -		Обвалення покрівлі камери. Загинуло четверо гірників, двоє травмовано
15.	Район Центрального ринку, вул. Урицького, 5	17 серпня 2010	4700 м <sup>3</sup>		Глибина 20м, діаметр 15 м
16.	Ш. Орджонікідзе (ПАТ «Центральний ГЗК»)	13 червня 2010	16,5 га	Обваленн я денної поверхні 800х500 , глибина до 100 м	Загинув водій, в провалі опинились 4 автомобіля, частково пошкоджено будівлі шахти, дорогу від шахти та порушено газопостачання, електропостачання і водопостачання до поблизу розташованого с. Горького (мешкає 2710 осіб)
17.	Район Західного кладовища. Поблизу шахтоуправління ім. Артема ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», шахти «Батьківщина» ПАТ «Криворізький залізрудний комбінат «	14 січня 2011	70 тис. м <sup>3</sup>	50х70, глибина 20м	Порушена технологія розробки

Примітка: \*ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»; - інформація відсутня



Рис. 2. Обвалення денної поверхні, що знаходилася в зоні гірничого відводу шахти ім. Орджонікідзе (13.06.2010 р.)



Рис. 3. Обвалення земної поверхні з утворенням воронки на вулиці Урицького, 5 (17.08.2010 р.)

**Висновки.** Криворізький регіон відповідає всім зазначеним ознакам, що робить його потенційним об'єктом виникнення надзвичайних ситуацій. В цілому, безпечне функціонування гірничодобувного регіону у межах техноприродної системи можна визначити групами таких чинників: ризик виникнення техногенних аварій та катастроф; ризик впливу на організм забрудненої води; ризик матеріальних втрат внаслідок розвитку небезпечних геологічних явищ; ризик негативного впливу на параметри ландшафтно-геохімічних, геофізичних, геодинамічних, радіологічних процесів.

### Список літератури

1. Ahmed Z. et.al. Moving towards a sustainable environment: the dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China // *Resources Policy*. – 2020. – Т. 67. – С. 101677.
2. Kaliukh, Yu I., та Ishchenko, Yu I. «Теоретична концепція та практична реалізація нової інтегрованої методології систем раннього попередження про зсувну небезпеку». *Наука та будівництво* 23, № 1, 2020: 3–17. <http://dx.doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v23i.122>.
3. Li Y., Pang D., Cifuentes-Faura J. Time-Varying linkages among financial development, natural resources utility, and globalization for economic recovery in China // *Resources Policy*. – 2023. – Т. 82. – С. 103498.
4. Pavlik, Yuliia. «Екологічний ризик як складна соціальна ситуація». *Scientific Studios on Social and Political Psychology*, № 43(46) (15 липня 2019): 158–65. [http://dx.doi.org/10.33120/ssj.vi43\(46\).35](http://dx.doi.org/10.33120/ssj.vi43(46).35).
5. Pazynych, L.M., Sytenko, O.R. та Smirnova, T.M. «Деякі питання надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру в Україні (огляд літератури)». *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*, № 1 (17 липня 2018). <http://dx.doi.org/10.11603/1681-2786.2018.1.9242>.
6. Shults, R.V., Annenkov, A.O., & Khailak, A.M. (2013). Osoblyvosti realizatsii proektu sposterezhen za zsuvnymy protsesamy na prykladi budivnytstva zhytlovoho kompleksu u m. Kyievi. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 49, 632–646.
7. Sikora, L.S., Lysa, N.K., Tkachuk, R.L., Fedyna, B.I. та Kunchenko-Kharchenko V.I. «Інтеграція ігрових, системних та інформаційно-ресурсних концепцій оцінки енергоактивної взаємодії техногенних і екологічних систем (Ч.1)». *Scientific Bulletin of UNFU* 28, № 11 (27 грудня 2018): С. 112–24. <http://dx.doi.org/10.15421/40281121>.
8. Адаменко О., Рудько Г. Екологічна геологія. Київ: Манускрипт, 1998. 340 с.
9. Багрій І., Білоус А., Вілкул Ю. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська. Київ: Фенікс, 2000. 145 с.
10. Вілкул Ю. Проблемы и перспективы развития железорудного Кривбасса. *Разработка рудных месторождений*. 2002. № 80. С. 18–22.
11. Гавриленко Ю. Изучение сдвижений и деформаций земной поверхности в сложных горно-геологических условиях Донбасса. *Наукові праці Донецького національного технічного університету*. 2003. № 62. С. 34–47.
12. Гавриленко Ю. Исследования факторов, влияющих на деформацию земной поверхности при подработке разрывных нарушений пологими пластами. *Горно-металлургические проблемы Донбасса*. 1995. № 76. С. 91–100.
13. Гавриленко Ю., Могільний С., Креніда Ю. Проблеми сучасної маркшейдерії і тенденції її розвитку. *Вісник геодезії та картографії*. 2001. № 3(22). С. 29–34.

14. Гавриленко Ю., Назаренко Н. Геометрические параметры динамической мульды сдвижения в западном Донбассе. *Наукові праці Донецького національного технічного університету*. 2002. № 54. С. 126–131.
15. Державне регулювання користування надрами / І. Андрієвський та ін. Київ: УкрДГРІ, 2010. 504 с.
16. Дронова, О.Л. «Техногенні чинники ризику виникнення надзвичайних ситуацій у геосистемі». *Український географічний журнал*, № 4 (2009): 47–50.
17. Іванець, Г., Горелишев С., Іванець М., Баулін Д. «Аналіз факторів небезпеки та ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на території харківської області». *збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки* 82, № 1 (2 лютого 2021): 87–105. <http://dx.doi.org/10.32453/3.v82i1.532>.
18. Кулібаба С., Рожко М. Розподіл осідань земної поверхні у мульді зрушення. *Наукові праці УкрНДМІ НАН України*. 2008. № 3. С. 141–152.
19. Куліковська О., Сидоренко В., Паранько І. До методики виявлення потенційних зон екологічного ризику в геологічному середовищі зі складною розломно-блоковою тектонікою. *Наукові праці ДонНТУ*. 2010. № 12(173). С. 244–253.
20. Несмашный Е., Ткаченко Г., Болотников А. Обзор технологий и технических средств для геомеханического мониторинга состояния бортов карьеров и отвалов. *Разработка рудных месторождений*. 2010. № 93. С. 89–94.
21. Николашин Ю., Корчагин Н., Палий Д. Применение иммитационного моделирования поверхностей скольжения в откосах для интерпретации инструментальных наблюдений за оползневыми деформациями отвалов. *Вісник Криворізького технічного університету*. 2009. № 23. С. 21–24.
22. Паранько І., Смирнова Г., Іванова О. Кривий Ріг – потенційна зона виникнення техногенно-природних і техногенних надзвичайних ситуацій. *Геолого-мінералогічний вісник*. 2005. № 1. С. 5–9.
23. Плотников А. Тектоническое строение и развитие Криворожского рудного района как зоны глубинного разлома. *Геотектоника*. 1994. № 2. С. 33–48.
24. Рудько Г.І. Ресурси геологічного середовища і екологічна безпека техноприродних геосистем. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2006. 480 с.
25. Смирнов А., Зорин В. К вопросу о воронках в Кривбассе. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 1989. № 1. С. 46–48.

Doctor of Technical Sciences, Professor **Kulikowska Olha.**,  
Lviv National Environmental University

## POTENTIAL RISKS OF DEVELOPMENT AND OPERATION OF MINING REGIONS

The article shows that with the intensive development of techno genesis, comprehensive changes in natural processes and phenomena, the number of emergencies is constantly growing and the only way to minimize them is to understand the laws and patterns of their occurrence, which is an urgent problem. The regularities of occurrence of dangerous and emergency processes and phenomena are determined on the example of the Kryvyi Rih mining region. The necessity to proceed from the data of the geological environment assessment as a multifunctional

system, highlighting slowly and rapidly changing factors for different geostructural areas, zones, blocks, etc. is emphasized.

Among the signs that define any emergency in mining regions are the following: death or threat of death of people and significant deterioration of their living conditions; economic losses; significant deterioration of the ecological and geological environment. The assessment of the nature of an emergency is based on a group of interrelated indicators: the area of spread; the scale of potential economic losses; and the classification features of emergencies.

Tectonic processes and phenomena are an integral part of the evolution of the Earth's crust and do not have a negative impact on the environment. Natural tectonic disturbances that have been affected by human activity take on a different meaning. Taking into account the high degree of development of discontinuous tectonics at the deposits, it can be assumed that the technologies used in the course of mine workings and ore extraction, due to changes in the physical and mechanical properties of rocks, turn massive deposits of rich ores into zones of unloading tectonic stress fields, which significantly reduces their seismic resistance and increases the risk of seismic events.

Man-made factors of neotectonic phenomena in the areas of mineral deposits development, unlike natural ones, can be controlled, but this requires monitoring of physical and mechanical properties of rocks, surveying and geodetic monitoring within the territory of deposits and hydrogeological observations of water levels in underground horizons of the sedimentary cover and fractured horizons in crystalline rocks. Only under such conditions can the impact of field development on neotectonic processes and related seismic events be minimized and the degree of environmental and emergency risk be reduced.

Keywords: mining region; Kryvyi Rih basin; potential risk; geological environment; emergency; fault-block tectonics; surveying and geodetic monitoring.

## REFERENCES

1. Ahmed Z. et.al. Moving towards a sustainable environment: the dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China //Resources Policy. – 2020. – T. 67. – S. 101677. {in English}.
2. Kaliukh, Yu.I., ta Ishchenko, Yu.I. Teoretychna kontsepsiia ta praktychna realizatsiia novoi intehrovanoi metodolohii system rannoho poperedzhennia pro zsvnu nebezpeku. Nauka ta budivnytstvo 23, № 1, 2020: 3 17. <http://dx.doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v23i1.12>. {in Ukrainian}.
3. Li Y., Pang D., Cifuentes-Faura J. Time-Varying linkages among financial development, natural resources utility, and globalization for economic recovery in China //Resources Policy. – 2023. – T. 82. – S. 103498. {in English}.

4. Pavlik, Yuliia. «Ekolohichniy ryzyk yak skladna sotsialna sytuatsiia». *Scientific Studios on Social and Political Psychology*, № 43(46) (15 lypnia 2019): 158–65. [http://dx.doi.org/10.33120/ssj.vi43\(46\).35](http://dx.doi.org/10.33120/ssj.vi43(46).35). {in Ukrainian}.
5. Pazynych, L.M., Sytenko, O.R. ta Smirnova, T.M. «Deiaki pytannia nadzvychainykh sytuatsii tekhnohenoho ta pryrodnoho kharakteru v Ukraini (ohliad literatury)». *Visnyk sotsialnoi hihiieny ta orhanizatsii okhorony zdorovia Ukrainy*, № 1 (17 lypnia 2018). <http://dx.doi.org/10.11603/1681-2786.2018.1.9242>. {in Ukrainian}.
6. Shults, R.V., Annenkov, A.O., & Khailak, A.M. (2013). Osoblyvosti realizatsii proektu sposterezhen za zsvnymy protsesamy na prykladi budivnytstva zhytlovoho kompleksu u m. Kyievi. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 49, 632–646. {in Ukrainian}.
7. Sikora, L.S., Lysa, N.K., Tkachuk, R.L., Fedyna, B.I. ta Kunchenko-Kharchenko, V.I. «Intehratsiia ihrovykh, systemnykh ta informatsiino-resursnykh kontseptsii otsinky enerhoaktyvnoi vzaiemodii tekhnohennykh i ekolohichnykh system (Ch.1)». *Scientific Bulletin of UNFU* 28, № 11 (27 hrudnia 2018): 112–24. <http://dx.doi.org/10.15421/40281121>. {in Ukrainian}.
8. Adamenko O., Rudko H. *Ekolohichna heolohiia*. Kyiv: Manuskrpyt, 1998. 340 s. {in Ukrainian}.
9. Bahrii I., Bilous A., Vilkul Yu. *Dosvid kompleksnoi otsinky ta kartohrafuvannia faktoriv tekhnohenoho vplyvu na pryrodne seredovyshe mist Kryvoho Rohu ta Dniprodzerzhynska*. Kyiv: Feniks, 2000. 145 s. {in Ukrainian}.
10. Vylkul Yu. *Проблемы в перспективе развития железорудного Кривбасса. Разработка рудных месторождений*. 2002. № 80. S. 18–22. {in Russian}.
11. Havrylenko Yu. *Исследование смещений в деформации земной поверхности в сложных горно-геологических условиях Донбасса*. *Научни прати Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. 2003. № 62. S. 34–47. {in Russian}.
12. Havrylenko Yu. *Исследования факторов, влияющих на деформацию земной поверхности при разработке рудных месторождений полиметаллического Донбасса*. 1995. № 76. S. 91–100. {in Russian}.
13. Havrylenko Yu., Mohilnyi S., Krenida Yu. *Проблемы современной маркшейдерии и тенденции ее развития*. *Visnyk heodezii ta kartohrafii*. 2001. № 3(22). S. 29–34. {in Russian}.
14. Havrylenko Yu., Nazarenko N. *Геометрические параметры динамической мульды смещения в западном Донбассе*. *Научни прати Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. 2002. № 54. S. 126–131. {in Russian}.

15. Derzhavne rehuliuвання korystuvannya nadramy / I. Andriievskiy ta in. Kyiv: UkrDHRI, 2010. 504 s. {in Ukrainian}.
16. Dronova, O.L. «Tekhnohenni chynnyky ryzyku vynyknennia nadzvychainykh sytuatsii u heosystemi». Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal, № 4 (2009): 47–50. {in Ukrainian}.
17. Ivanets, H., Horielyshev S., Ivanets M., Baulin D. «Analiz faktoriv nebezpeky ta ryzykiv vynyknennia nadzvychainykh sytuatsii na terytorii kharkivskoi oblasti». zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriya: viiskovi ta tekhnichni nauky 82, № 1 (2 liutoho 2021): 87–105. <http://dx.doi.org/10.32453/3.v82i1.532>. {in Ukrainian}.
18. Kulibaba S., Rozhko M. Rozpodil osidan zemnoi poverkhni u muldi zrushennia. Naukovi pratsi UkrNDMI NAN Ukrainy. 2008. № 3. S. 141–152. {in Ukrainian}.
19. Kulikovska O., Sydorenko V., Paranko I. Do metodyky vyivlennia potentsiinykh zon ekolohichnoho ryzyku v heolohichnomu seredovyschi zi skladnoiu rozlomno-blokovoiu tektonikoiu. Naukovi pratsi DonNTU. 2010. № 12(173). S. 244–253. {in Ukrainian}.
20. Nesmashnyi E., Tkachenko H., Bolotnykov A. Obzor tekhnolohiy y tekhnicheskyykh sredstv dlia heomekhanicheskoho monytorynha sostoianiya bortov karerov y otvalov. Razrabotka rudnykh mestorozhdeniy. 2010. № 93. S. 89–94. {in Russian}.
21. Nykolashyn Yu., Korchahyn N., Palyi D. Prymenenye ymmytatsyonnoho modelyrovaniya poverkhnosti skolzheniya v otkosakh dlia ynterpretatsiy ynstrumentalnykh nabliudenyi za opolznevymy deformatsiyamy otvalov. Visnyk Kryvorizkoho tekhnichnoho universytetu. 2009. № 23. S. 21–24. {in Russian}.
22. Paranko I., Smyrnova H., Ivanova O. Kryvyi Rih – potentsiina zona vynyknennia tekhnohenno-pryrodnykh i tekhnohennykh nadzvychainykh sytuatsii. Heoloho-mineralohichnyi visnyk. 2005. № 1. S. 5–9. {in Ukrainian}.
23. Plotnykov A. Tektonicheskoe stroenye y razvytye Kryvorozhskoho rudnoho raiona kak zony hlubynnoho razloma. Heotektonika. 1994. № 2. S. 33–48. {in Russian}.
24. Rudko H.I. Resursy heolohichnoho seredovyscha i ekolohichna bezpeka tekhnopryrodnykh heosystem. Kyiv: ZAT «Nichlava», 2006. 480 s. {in Ukrainian}.
25. Smyrnov A., Zoryn V.K. voprosu o voronkakh v Kryvbasse. Metallurhicheskaya y hornorudnaya promyshlennost. 1989. № 1. {in Russian}.