

УДК 622.1:528

О.Є. КУЛІКОВСЬКА, канд.техн.наук, доц., В.Д. СИДОРЕНКО, д-р техн.наук, проф.
(Криворізький технічний університет), І.С. ПАРАНЬКО, д-р геол. наук, проф.
(Криворізький державний педагогічний університет)

ДО МЕТОДИКИ ВИЯВЛЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ ЗОН ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ В ГЕОЛОГІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗІ СКЛАДНОЮ РОЗЛОМНО–БЛОКОВОЮ ТЕКТОНІКОЮ

Наведено результати досліджень застосування морфометричних особливостей сучасного рельєфу при виявленні потенційних зон екологічного ризику в геологічному середовищі Криворізького залізрудного басейну.

Вступ

Серед низки чинників формування зон екологічного ризику особливе місце займає розробка родовищ корисних копалин, наслідком якої є суттєві зміни всіх властивостей геологічного середовища, що сприяє неконтрольованому розвитку геодинамічних процесів, а це, в свою чергу, призводить до створення потенційних передумов виникнення техногенно-природних надзвичайних ситуацій, які можуть проявлятися у формі зсувів, селів, провалля, карсту та інших геологічних явищ [1]. У Криворізькому технічному університеті впродовж 30 років проводяться картографо-морфометричні дослідження території Криворізького залізрудного басейну, започатковані Олександром Івановичем Денисовим. За цей період накопичився значний фактичний матеріал, опрацювання якого шляхом застосування сучасних комп'ютерних технологій, дозволяє сьогодні з високим ступенем ймовірності виділяти зони тектонічних розломів, які можна класифікувати як зони екологічного ризику.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботі [2] на основі розробленої методики одержано масив вихідних даних, який складається із визначених абсолютних швидкостей вертикальних рухів 864 блоків (рис. 1), що дозволило побудувати карту швидкостей сучасних вертикальних рухів земної поверхні (СВРЗП) для Криворізького регіону. В межах площі досліджень абсолютні швидкості вертикальних рухів змінюються від -6,1 до +14,8 мм/рік при середньому значенні +3,9 мм/рік. Зменшення швидкості відбувається в південно-східному напрямі і корелюється з пониженням поверхні кристалічного фундаменту, що свідчить про успадкування сучасними рухами більш древніх.

Формування рельєфу в умовах активної взаємодії ендегенних і екзогенних процесів за відсутності кліматичних відмінностей на всій території досліджень, дозволяє розглядати окремі аномалії рельєфу з урахуванням літолого-петрологічної обстановки на відповідних ділянках фундаменту, як виникнення їх внаслідок нерівномірності вертикальних і горизонтальних рухів блоків земної кори. Оскільки ерозійно-аккумулятивні процеси переважають над іншими рельєфоутворюючими, сучасні форми рельєфу в найбільшій мірі відображають тектонічну активність території Кривбасу та окремих її блоків протягом четвертинного часу.

Мета та задачі досліджень

Геологічне середовище території Криворізького гірничодобувного регіону являє собою систему рівновеликих блоків земної кори, розділених як природними, так і техногенними зонами (розломами) [1]. При цьому слід зазначити, що зони техногенної

тріщинуватості наявні також і в осадовому чохла. Як наслідок, суттєво знижується ступінь сейсмостійкості території та виникають потенційні передумови вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків. Окрім зазначеного вище, останнє пояснюється також тим, що всі тектонічні зони контролюються річковими долинами, в яких споруджено цілу низку водосховищ, ставків накопичувачів та шламосховищ, і деформації їх гребель, спричинені різноамплітудними рухами сусідніх блоків, є потенційною загрозою виникнення селевих явищ.

Обчисленні у [2] відносні швидкості рухів земної поверхні Криворізького регіону мають різко диференційований характер, що свідчить про різний тектонічний режим структур фундаменту та його блоків. Ймовірніше за все, при існуючому тектонічному режимі на останньому етапі розвитку початкова «реперна» швидкість мало змінювалася в результаті окремих коливань, тектонічного режиму та порушень співвідношень ендегенних і екзогенних процесів. Тому застосування при обчисленнях методу «реперної» швидкості дозволить використовувати значення відносних швидкостей елементарних блоків Δv_i для складання прогнозової карти та виділенні на ній зон активізації морфоструктур Криворізького регіону.

Отже, з огляду на вищесказане виникає необхідність у розробці та вдосконаленні методів, що дозволяють б одержувати такі характеристики рухів земної поверхні, які б дали право виявляти зони потенційного екологічного ризику при експлуатації існуючих і проектуванні нових промислових об'єктів, житлових масивів, автодоріг, залізниць, трубопроводів тощо.

Виклад матеріалу та результати

В тектонічному відношенні Криворізького залізничного басейну, як зазначалося вище, – це сукупність різнорангових блоків (рис. 1). Геоморфологічним вираженням диференційованих вертикальних рухів зазначених блоків є конфігурація сучасного вододілу між лівою притокою р. Інгульця і правими допливами середньої течії Дніпра. Перехід від Інгулецького блоку до Саксаганського супроводжується різким переломом лінії сучасного вододілу, зміною його простягання з субширотного на субмеридіональне. На площі Саксаганського блоку простягання вододілу знов субширотне. Амплітуда зсуву вододілу на південь складає до 35 км.

Розвиток яружно-балкової мережі тісно пов'язаний з режимом і спрямованістю тектонічних рухів. Це дозволило провести кількісну оцінку неотектонічних рухів регіону. Одним з показників кількісної характеристики рельєфу, що використовувався для неотектонічного аналізу є ступінь густоти горизонтального розчленування a , яка обчислюється за формулою $a = L/P$, де L – заміряна на топографічній карті загальна довжина тальвегів водотоків (табл. 1) усіх порядків (в км) у межах умовної ділянки, площа якої P (в км²).

Наявність річково-балкової мережі також створює значне вертикальне розчленування рельєфу b , яке відображає перевищення водозбірних площ над базисами ерозії усередині елементарних ділянок (блоків) і характеризується глибиною врізування долин у вододільні елементи. Визначається як різниця між найбільшою H_{max} і найменшою H_{min} абсолютними відмітками по кожному елементарному блоку, що віднесена до загальної площі P цієї ділянки

$$b = (H_{max} - H_{min})/P. \quad (1)$$

За площу умовної ділянки в розрахунках було прийнято аркуш карти масштабу 1:5000, середня площа якого для дослідженого району складає 5,38 км². Середній розмір сторони трапеції 2,32 км.

З метою послаблення впливу штучної мережі точок на характер зображення густоти горизонтального розчленування, при її зображенні в ізолініях, розрахунок коефіцієнтів розчленування проводився з урахуванням перекриття трапецій. Для кожної трапеції аркуша карти масштабу 1:5000 обчислено розчленування 5 точок, які є центрами трапецій, що перекриваються. Для досліджуваного регіону, площа якого 6203 км², обчислено показники 5760 точок, тобто одна точка на 1,1 км² (рис. 1). Початкові дані для розрахунків показників розчленування визначено із топографічних карт масштабу 1:10000 з перетином рельєфу через 2,5 м.

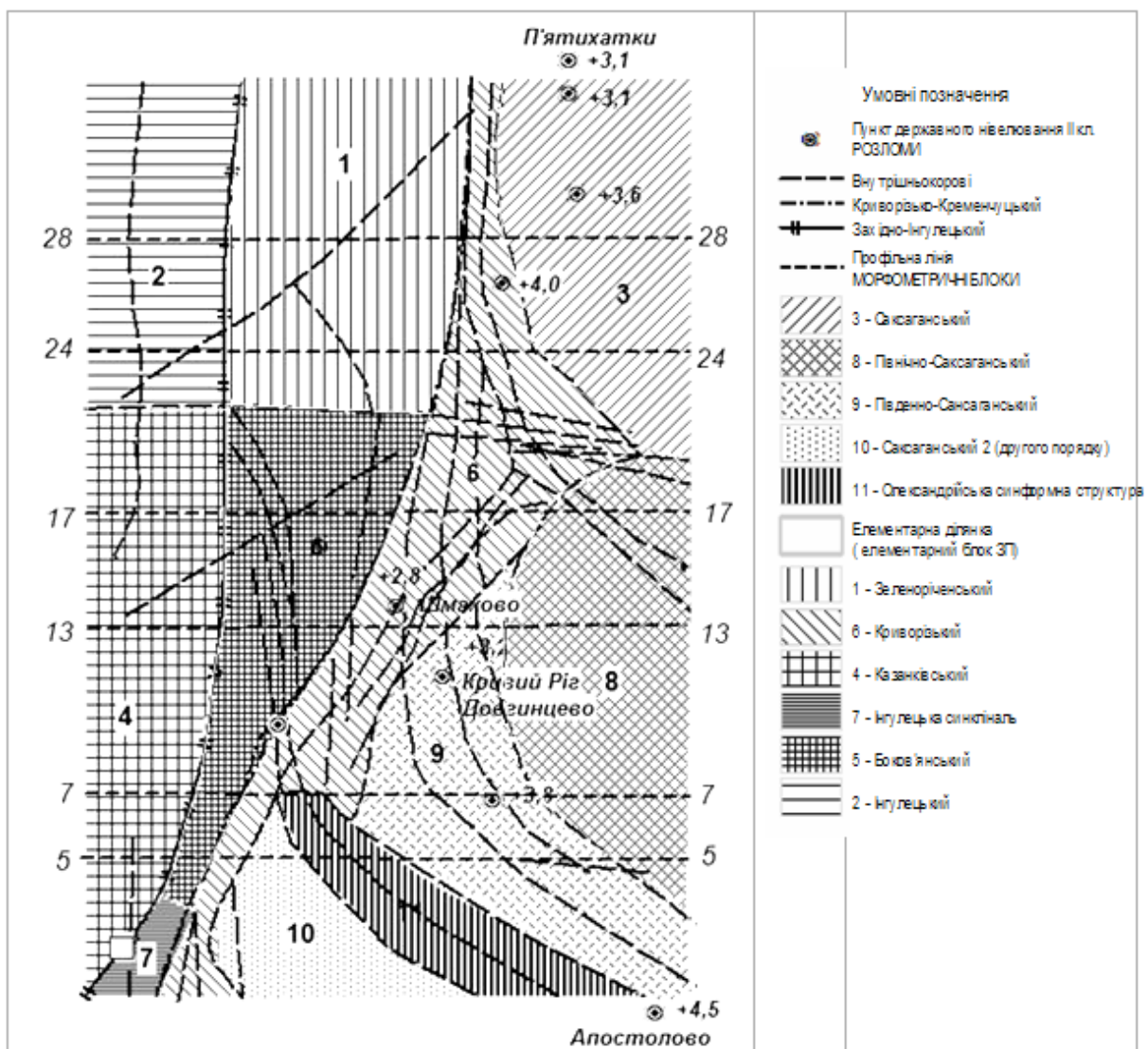


Рис. 1. Схема розломно-блокової тектоніки та профільних ліній регіону досліджень

Середнє значення густоти горизонтального розчленування достатньо високе та складає 2,12 км/км². Середня кількість долин становить 1,39 на 1 км²; а середня їх довжина – 0,83 км. Висока ступінь горизонтального розчленування характерна для північно-західної частини досліджуваної території, де максимальні значення розчленування досягають величини 5,22 км/км², розчленування зменшується на південний схід і в південно-східній частині наближається до нуля (табл. 1).

Табл. 1. Характеристика загальної довжини тальвегів водотоків усіх порядків в межах території Криворізького регіону

Номер блоку	Морфометричні блоки	Загальна кількість водотоків	Сумарна довжина водотоків усіх порядків, км	Середня довжина водотоку	Горизонтальне розчленування			
					Загальна, км/км ²	Долин перших 3-х порядків.	за кількістю долин	
							Загальна на 1 км	Долин перших 3-х порядків. на 1 км
1	Зеленоріченський	2580	2293	0,89	2,59	2,43	2,82	2,78
2	Інгулецький	9561	8026	0,83	2,31	2,18	2,76	2,70
3	Саксаганський	6223	5139	0,82	1,87	1,77	2,27	2,22
4	Казанківський	1305	1025	0,78	1,87	1,72	2,38	2,32
5	Боков'янський	3543	2782	0,78	2,12	1,98	2,70	2,63
6	Криворізький	1776	1367	0,77	2,36	2,25	2,64	2,51
7	Інгулецька синкліналь	1355	1068	0,79	2,32	2,18	2,94	2,88
8	Північно-Саксаганський	3058	2648	0,86	2,25	2,14	2,60	2,54
9	Південно-Саксаганський	3165	2491	0,78	1,59	1,50	2,02	1,97
10	Саксаганський без Інгулецької синклінали	1810	1423	0,79	1,29	1,21	1,64	1,60
11	Олександрійська синформна структура	2131	1924	0,90	2,81	3,01	3,10	3,01
	По регіону	36507	30186	0,83	2,12	2,03	2,53	2,47

Для дослідженого району середнє значення густоти вертикального розчленування достатньо велике і складає 6,61м/км². Таке вертикальне розчленування характерно для північно-західної частини регіону, де максимальні значення розчленування досягають величини 12,2 м/км², ступінь розчленування зменшується, як і для горизонтальної розчленування, на південний схід і, в південно-східній частині наближається до нуля.

За ступенем горизонтального та вертикального розчленування, їх просторовому розміщенню чітко виділяються Інгулецький і Саксаганський блоки другого порядку, які розділені між собою зоною Криворізької структури. Звідси витікає, що в морфології поверхні Інгулецького і Саксаганського блоків, як блоків найнижчого порядку для досліджуваної території, що контактують по зоні Криворізько-Кременчуцького розлому спостерігається істотна відмінність у ступенях густоти як горизонтального, так і вертикального розчленування.

Одержані дані свідчать про більш високу мобільність Інгулецького блоку, ніж Саксаганського. В плановому малюнку розчленування рельєфу Інгулецького блоку проявляється, в основному, дрібно блоковий характер будови фундаменту, який представлений ізометричними купольними структурами різних форм і розмірів, рідше лінійними, витягнутими в субмеридіональному напрямі, розділених міжкупольними структурами та розбитими серією розломів різного простягання і порядку.

Максимальні відносні підняття властиві для Олександрійської структури, яка розбита серією розломів субмеридіонального, субширотного та північно-західного напрямків і характеризується великою кількістю купольних і міжкупольних синформних зон, для Саксаганського й Інгулецького блоків другого порядку (рис. 2). Горизонтальне й вертикальне розчленування на площині Саксаганського блоку підкреслюють характер розвитку крупних структур фундаменту (Саксаганський купол, Довгинцевське підняття, Олександрійська синформна структура тощо).

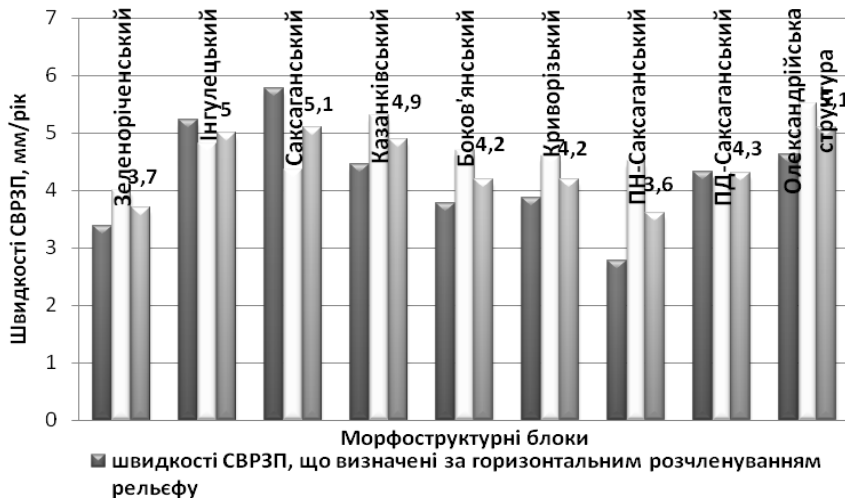


Рис. 2. Порівняльна характеристика відносних швидкостей СВРЗП, що обчислені за горизонтальним та вертикальним розчленуванням рельєфу, їх усереднені значення для морфоструктурних блоків регіону

Характер розподілу швидкостей рухів земної поверхні в межах регіону свідчить про підвищену мобільність ділянок в зонах розривів, де відбуваються накопичення та розрядка напруженого стану масиву, яка призводить до горизонтальних переміщень і підняття або опускання блоків. Центральна частина Криворізької структури просторово співпадає з мінімальними значеннями швидкостей вертикальних рухів, що свідчить про тенденцію зони до відносного опускання. Підтвердженням цього висновку може слугувати побудована у програмному модулі SURFER модель розподілу швидкостей вертикальних рухів морфоструктурних блоків у 3-D розмірі (рис. 3).

В межах Інгулецького блоку виділяються чотири крупні блоки третього порядку: Зеленоріченський, Боков'янський і Казанківський та Інгулецька синкліналь. В зв'язку з цим максимуми розчленування, що просторово окреслюють Криворізько-Кременчуцький розлом, прийняті за межу між Інгулецьким і Саксаганським блоками. Східна та західна межі Криворізького блоку виражені максимумами швидкостей СВРЗП, зі сходу максимуми просторово співпадають з тектонічним контактом порід Криворізької серії з гранітами Демурінського куполу, Довгинцевського та Миролюбівського підняття. Із заходу максимуми просторово поєднуються з межею Західного насуву, який відділяє породи криворізької серії від гранітів Боков'янського блоку.

Результати складання карти сучасних рухів земної поверхні Кривбасу, які висвітлені у роботі [2] та залучення даних геоморфологічних, геолого-тектонічних показників, дозволили виконати співставлення розломних структур регіону із їх геодинамічними ознаками. Дослідження геодинамічної ситуації по профільних лініях, які позначені на рис. 1, свідчить про тісний взаємозв'язок між рухами елементарних блоків та розривними структурами.

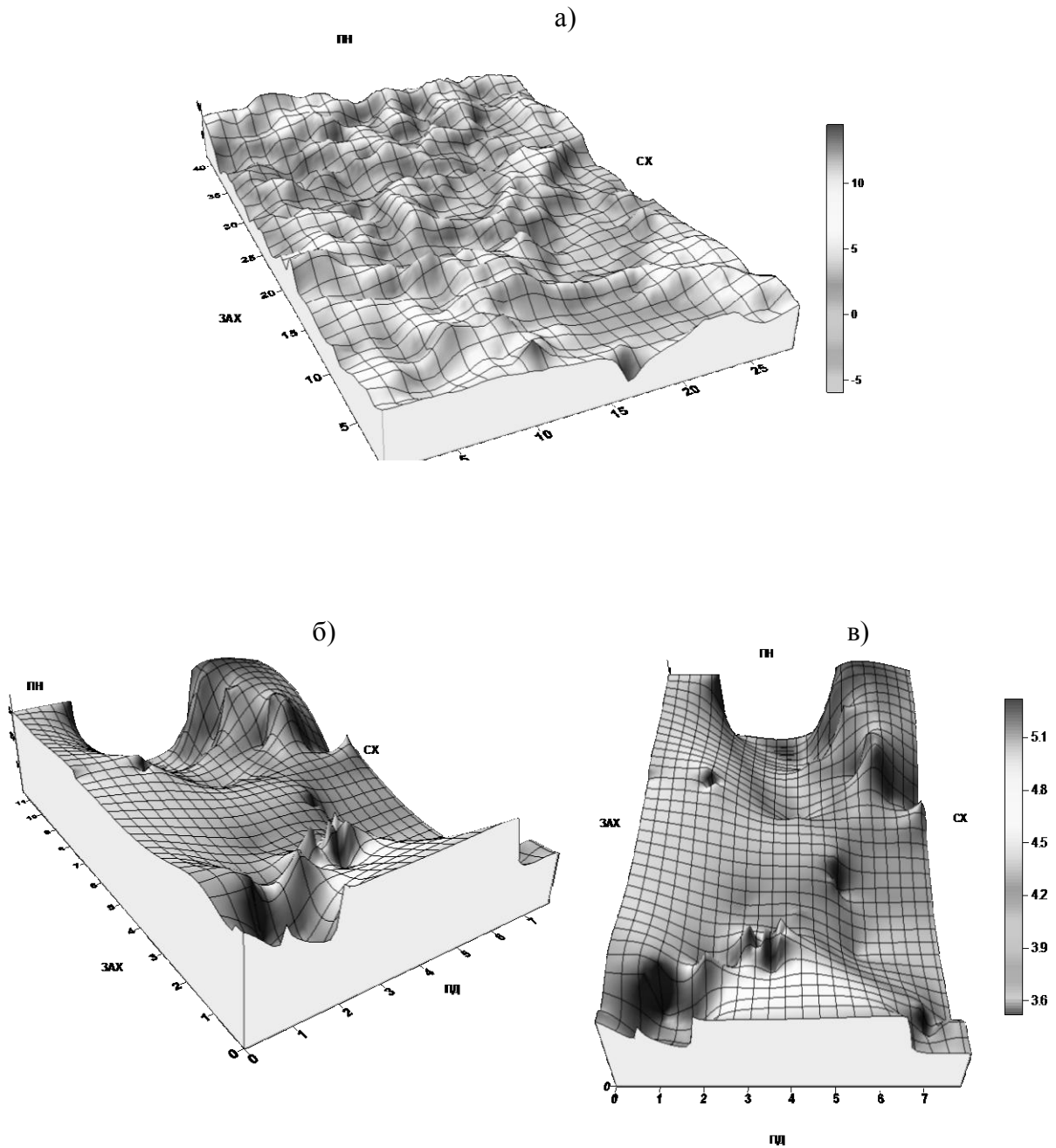


Рис. 3. Моделі розподілу швидкостей вертикальних рухів, що побудовані а) за абсолютними швидкостями елементарних блоків; б), в) за середніми швидкостями морфометричних блоків регіону у перспективному зображенні (кут поля зору 45°, при повороті геологічного масиву на 33° та 0° відповідно),

Аналіз геодинамічної ситуації засвідчує, що вздовж виділених профільних ліній спостерігаються позитивні та від'ємні значення відносних швидкостей в інтервалах від 8 до - 10 мм/рік. Розломи різного рангу фіксуються на графіках різкою зміною значень швидкостей, що підтверджується співставленням кривої рухів елементарних блоків із побудованими розрізами вздовж усіх профільних ліній. На жаль, обмежений обсяг даної публікації, не дозволяє навести всі побудовані графіки співставлення, тому приводимо тільки деякі з них (рис. 4). Зона Криворізько-Кременчуцького розлому, яка розділяє блоки, достатньо чітко відокремлюється градієнтом швидкостей вертикальних рухів земної поверхні.

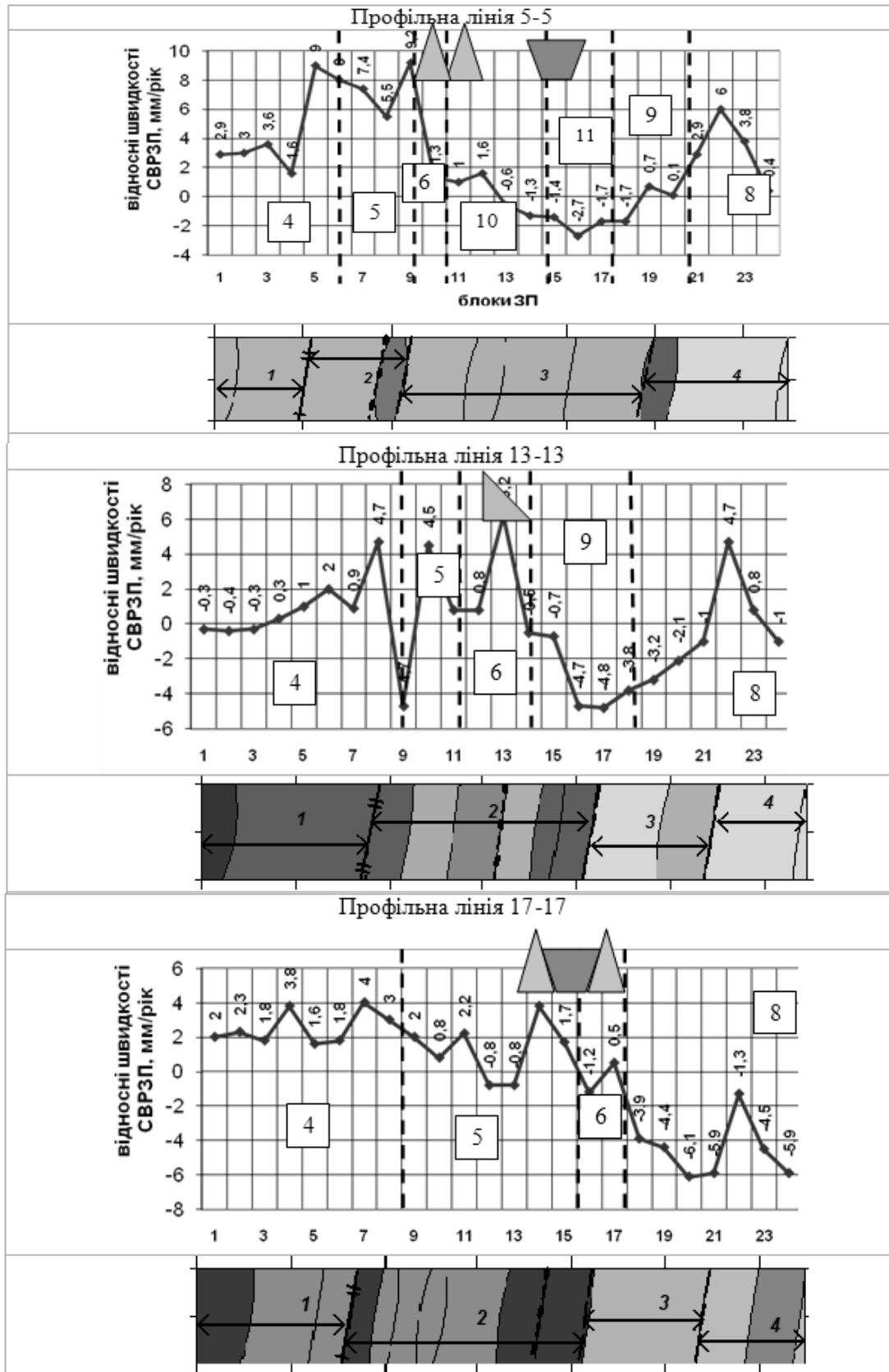


Рис. 4. Графіки співставлення відносних швидкостей елементарних блоків земної поверхні із розломно-блоковою тектонікою геологічного середовища Криворізького басейну, Лист 1

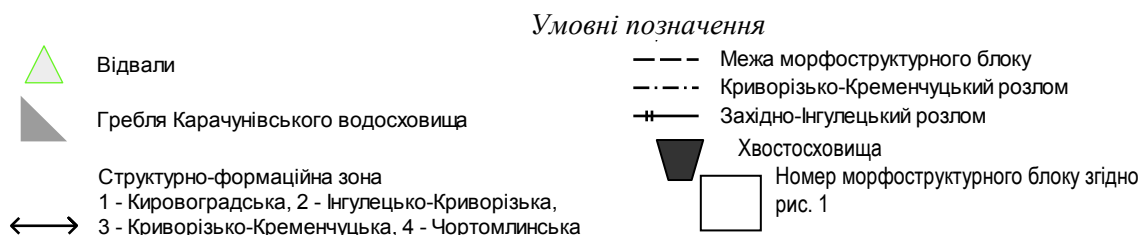
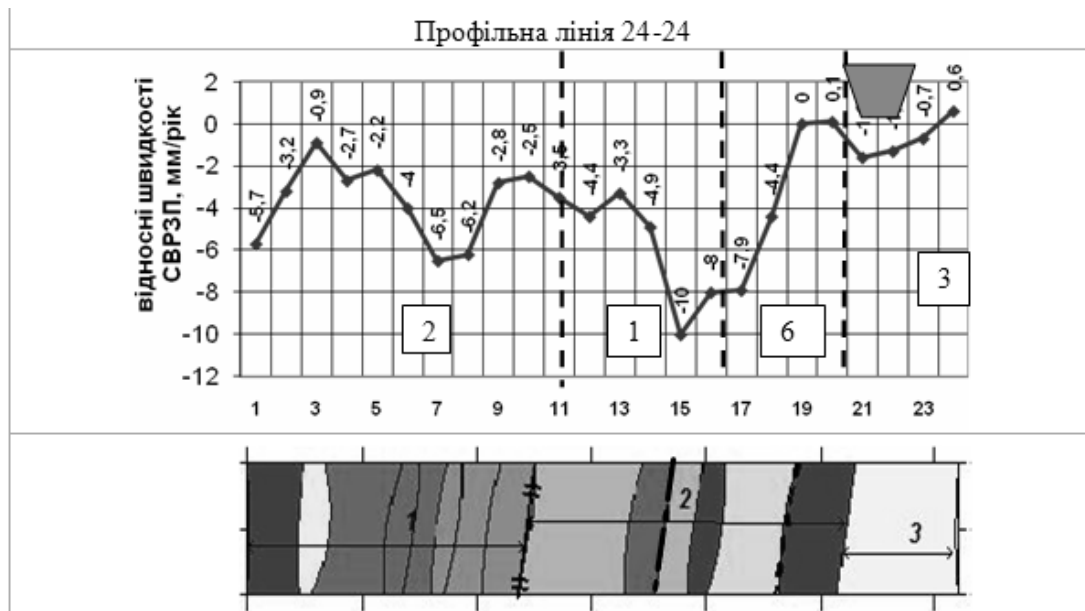


Рис. 4. Графіки співставлення відносних швидкостей елементарних блоків земної поверхні із розломно-блоковою тектонікою геологічного середовища Криворізького басейну, **Лист 2**

Наприклад, аналіз відносних переміщень окремих блоків вздовж профільної лінії 5-5 показує, що мегаблоки розділяються на сім морфометричних блоків, на яких можна виділити і більш дрібніші розривні структури. Особливо небезпечною ділянкою слід вважати ділянку між елементарними блоками земної поверхні 12-15, де спостерігаються максимальні градієнти відносної швидкості рухів від 6 мм/рік до 11 мм/рік. Такі показники рухів підтверджуються просторовим положенням Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому, який і впливає на геодинамічну обстановку вищезазначеного району. Винятковою, потенційно небезпечною, дану ділянку можна визначити і по тій причині, що на профільній лінії в межах елементарного блоку земної поверхні 13 (рис. 4, лінія 13-13) розташована гребля Карачунівського водосховища – головного постачальника питної води Криворізького регіону. Результати моніторингу за даною спорудою також підтверджують складну геодинамічну ситуацію в її місцезположенні [3].

Також необхідно звернути увагу на промислові майданчики земної поверхні, де розташовані хвостосховища та відвали гірничо-металургійного комплексу Кривбасу.

До потенційно небезпечних зон екологічного ризику слід віднести, насамперед, елементарні блоки земної поверхні, узагальнення яких представлено в таблиці 2.

Табл. 2. Потенційно небезпечні зони

Профільна лінія	№№ елементарних ділянок (блоків)	Назва об'єкту	Назва підприємства
5-5	10-11-12	відвали	Південний ГЗК Інгулецький ГЗК
	14-15-16	хвостосховище Войково	Південний ГЗК
		хвостосховище Об'єднане -1	Південний ГЗК Ново-Криворізький ГЗК (АрселорМіттал Кривий Ріг)
		хвостосховище Об'єднане -2	
17-17	15-16	хвостосховище (б. Лозуватка)	Центральний ГЗК
	13-14, 16-17	правобережний та лівобережний відвали	
24-24	19-20, 23-24	відвали	Північний ГЗК
	21-22	хвостосховище	

Висновки

Характерні особливості геологічної будови зони Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому, порівняно достатнє геолого-геофізичне та топографо-геодезичне її вивчення дозволили вважати цей район найсприятливішим для встановлення залежності між сучасними рухами земної поверхні та порушеннями в монолітності масивів докембрійських гірських порід на території Криворізького басейну.

Поглиблення та подальша розробка комплексної методики вивчення сучасних вертикальних рухів земної поверхні, дозволяє встановити не тільки закономірності й розвиток сучасних геодинамічних процесів в просторі та часі, а й виявити зв'язок між геологічними структурами, тектонічними рухами та формами рельєфу денної поверхні в межах геологічного середовища зі складною розломно-блоковою тектонікою.

Таким чином, викладене вище свідчить про результативність застосування геолого-геодезичних досліджень при виявленні тектонічних розломів, які з позиції екологічної геології належать до потенційних зон екологічного ризику.

Библиографический список

1. Паранько І.С. Кривий Ріг – потенційна зона виникнення техногенно-природних і техногенних надзвичайних ситуацій / І.С. Паранько, Г.Я. Смирнова, О.В. Іванова // Геолого-мінералогічний вісник. – 2005. - № 1. – С. 5-9.
2. Куліковська О.Є. Методика складання карти сучасних вертикальних рухів земної поверхні Криворізького басейну із застосуванням вертикального розчленування рельєфу / О.Є. Куліковська // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2009. – № 32. – С. 17-25.
3. Сидоренко В.Д. Про геодинаміку гірських масивів Карачунівського водосховища./ В.Д. Сидоренко, О.Є. Куліковська // Зб. наук. праць: Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Ліга-Прес, 2000. – С. 168-169.

Надійшла до редколегії 18.11.2009

О.Е. КУЛИКОВСКАЯ, В.Д. СИДОРЕНКО, И.С. ПАРАНЬКО

**К МЕТОДИКЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА
В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ СО СЛОЖНОЙ РАЗЛОМНО-БЛОЧНОЙ ТЕКТОНИКОЙ**

Приведены результаты исследований использования морфометрических особенностей современного рельефа при выявлении потенциальных зон экологического риска в геологической среде Криворожского железнорудного бассейна.

O. KULIKOVSKA, V. SIDORENKO, I. PARANKO

**TO METHODS FOR IDENTIFYING POTENTIAL AREAS OF ENVIRONMENTAL RISK IN
GEOLOGICAL ENVIRONMENT WITH COMPLEX FAULT-BLOCK TECTONICS**

The results of studies using morphometric features of modern topography in identifying potential areas of environmental risk in the geological environment of Krivoy Rog iron-ore Basin.

© О.Є. Куліковська, В.Д. Сидоренко, І.С. Паранько, 2010