



О. Є. Куліковська /д. т. н./

Державний вищий навчальний заклад  
«Криворізький національний університет»,  
м. Кривий Ріг, Україна  
e-mail: Kulikovskaja13@mail.ru

## Методика та результати моніторингу горизонтальних і вертикальних компонент деформацій інженерних споруд ПАТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат»

О. Ye. Kulikovskaja /Dr. Sci. (Tech.)/

State institution of higher education  
«Kryvyi Rih National University», Kryvyi Rih, Ukraine  
e-mail: Kulikovskaja13@mail.ru

### The methodology and monitoring results of horizontal and vertical strain component in engineering structures PJSC «Southern ore-dressing complex»

**Метою** роботи є розробка методики та визначення напруженого стану бортів кар'єру, відвалів, інших інженерних споруд ПАТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» на підставі маркшейдерських спостережень і встановлені зміни в часі кількісних показників розвитку деформацій.

**Результати.** На основі всебічного аналізу моніторингових інструментальних спостережень встановлено закономірності впливу гірничих робіт на стан гірського масиву та інженерних споруд під час розробки родовища на великих глибинах. Створене картографічне зображення інтенсивності поширення компонент деформацій актуалізувало можливість отримати візуальне уявлення про стан територій дослідження. Обґрунтовано вибір оптимальних параметрів спостережень, що дозволило довести ефективність не тільки для підвищення надійності, довговічності, безпеки експлуатації споруд на основі прогнозної інформації про розвиток деформаційних процесів, але і для коригування проектних рішень щодо реконструкції інженерних споруд, для прийняття оперативних рішень під час планування черговості розробки окремих ділянок магнетитового родовища.

**Наукова новизна** полягає в комплексному інструментальному спостереженні за деформаціями в інженерних спорудах, які виникають у процесі видобутку руди та складування порід розкриття у відвали. Математичний синтез встановлених закономірностей горизонтальних і вертикальних компонент деформацій інженерних споруд дозволяє здійснювати прогнозу екстраполяцію, а кількісні оцінки параметрів багатьох моделей – змістову інтерпретацію.

**Практична значущість.** Отримані дані дозволяють уточнити параметри прийнятої моделі деформації об'єктів дослідження, спрогнозувати їх розвиток з плином часу та оцінити ступінь ризику виникнення негативних геодинамічних явищ. (Іл. 6. Табл. 3. Бібліогр.: 5 назв.)

**Ключові слова:** Південний гірничо-збагачувальний комбінат, маркшейдерський моніторинг, деформації інженерних споруд, станція спостереження, нівелювання, зміщення реперів, вплив гірничих робіт.

**Постановка проблеми.** Потреба металургійних підприємств у залізній руді з високим вмістом корисного компонента змушує гірничодобувні підприємства Криворізького басейну освоювати глибокі горизонти. Збільшення глибини ведення гірничих робіт супроводжується погіршенням геологічних і гірничотехнічних умов [1]. Усе це обумовлює необхідність вирішення завдань щодо отримання достовірних відомостей про геомеханічний стан породного масиву, які дозволять одержувати ймовірні уяв-

лення про характер та інтенсивність можливих деформацій гірського масиву.

**Завдання дослідження** полягає в установленні кількісних показників розвитку деформацій окремих ділянок з плином часу залежно від геологічних умов і проектування гірничих робіт за результатами опрацювання інструментальних спостережень над деформацією укосів кар'єру та автовідвалу ПівдГЗК.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Михайлівське магнетитове родовище розташо-

## ГОРНОРУДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ване у ділянці південного замикання Західно-Інгулецької синкліналі (рис. 1). У зв'язку з цим межі відкритих гірничих робіт за глибиною визначаються синклінальною структурою рудного тіла і кінцевою глибиною розвідки родовища [2]. Межі кар'єру по поверхні визначаються контурами рудного тіла, що виходять під покривні породи, а також примиканням на півдні річки Інгулець, що протікає поблизу кар'єра, і на півночі – межею кар'єру № 3 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Північний борт кар'єру до позначки – 45 м поставлений в кінцеве положення.



Рис. 1. Кар'єр ПівдГЗК, північно-східний борт. Складки з перекинутим заляганням крил, горизонт –15 м

Східний борт кар'єру перебуває в напівпогашеному стані через розташування на ньому залізничних колій та станцій горизонтів –90 м, –150 і –210 м. Розвиток кар'єра стримується наявністю затвердженої 750-метрової санітарно-захисної зони. У напівпогашеному стані перебуває і весь західний борт, сформований у межах проекту відпрацювання до глибини 300 м. На ньому розташовані залізничні комунікації, станції та лінії електропередачі. На південному борту кар'єра розташовані основні залізничні комунікації, що зв'язують східний і західний борти кар'єра, два діючих комплекси циклічно-потокової технології (ЦПТ) і комплекс ЦПТ, що будується на горизонті –210 м. Гірничі роботи

ведуться з 1955 р. Продуктивність кар'єру за видобутком сирової руди в 2012 р. склала 22,3 млн т. Поточний коефіцієнт розкриття – 0,255 м<sup>3</sup>/т. Передбачено збільшення продуктивності за видобутком руди до 30,0 млн т.

Останні дані [3] свідчать про те, що у січні – червні 2016 р. Південний ГЗК зменшив обсяг виробництва концентрату на 5,3 % – до 5406 тис. т порівняно з аналогічним періодом 2015 р. обсяг виробництва агломерату збільшився на 21,1 % – до 922,2 тис. т.

Відомо, що найбільш повні дані про характер деформацій отримують шляхом спостереження за зсувом реперів на закладених профільних лініях, які розташовуються в напрямку найбільшого нахилу борту, тобто навхрест його простягання, на зсувах або схилах, схильних до сповзання великих площ, ділянках із наявністю тектонічних порушень, слабких контактів і несприятливими гідрогеологічними умовами [4].

Маркшейдерське обґрунтування на ПівдГЗК представлене мережею пунктів триангуляції і полігонометрії, відмітки яких отримані нівелюванням III і IV класів. Опорна геодезична мережа складається з: аналітичної мережі підвищеної точності; аналітичної мережі I розряду; аналітичної мережі II розряду; полігонометричної мережі I розряду; нівелірної мережі IV класу (табл. 1). Характеристика вихідних пунктів наведена в табл. 2.

Нівелірна мережа являє собою систему із 17 замкнутих полігонів IV класу. Найбільша довжина ходу між вузловими пунктами – 9,2 км. Вихідними є пункти нівелювання II, III класів: ґрунтовий репер б/н, стінний репер 152, стінний репер 160.

На об'єкті дослідження довжина спостережних профільних ліній фахівцями встановлювалася з таким розрахунком, щоб при максимальній глибині кар'єру частина реперів залишалася в недеформованій зоні. При закладці профільної лінії для короточасних спостережень довжини опорної частини ліній приймали рівними від 50 до 150 м залежно від умов ділянки і

Таблиця 1

Технічна характеристика маркшейдерського планово-висотного обґрунтування на ПівдГЗК

Клас (розряд) мережі	Форма мережі	Кількість пунктів	Довжини сторін, км	Найменший кут мережі, градус
Аналітична мережа підвищеної точності	Суцільна мережа трикутників	9	2,0–4,6	32
Аналітична мережа 1-го розряду	Суцільна мережа трикутників	29	0,6–2,7	17
Аналітична мережа 2-го розряду	Ланцюг трикутників	12	0,6–1,4	26
Полігонометрія 1-го розряду	Два окремих ходи	126	0,19–0,6	-
	Система з десяти замкнутих полігонів		0,12–0,30	

## Технічна характеристика вихідних пунктів

а) Планова мережа				
№ з/п	Пункти, клас триангуляції	СКП вимірювання кута за нев'язками трикутників	Нев'язка трикутника	
			Найбільша	Середня
1	Могила; № 236; Курган, IV клас	$\pm 1,1''$	+3,2"	+1,7"
2	Лівобережна піраміда, аналітична мережа підвищеної точності	$\pm 1,2''$	-5,2"	+1,6"
б) Висотна мережа				
№ з/п	Назва пункту	Відмітка в Балтійській системі	Місце розташування	
1	Грунтовий репер, II клас	95,249	115-й км залізничної дороги Кривий Ріг - Долинська	
2	Стінний репер 152, III клас	43,700	Селище ПівдГЗК, бойлерна у кварталі № 16	
3	Стінний репер 160, III клас	49,575	Селище ПівдГЗК, вул. Переяславська	

глибини кар'єру. Відстань між реперами брали рівною, від 5 до 30–40 м залежно від висоти уступів і ширини майданчиків. На кожному майданчику уступу по прямій лінії закріплювали не менше двох реперів.

Оскільки пункти обґрунтування часом існують недовго (це пов'язано із технологією проведення робіт), то для їх закріплення фахівці комбінату використовували постійні і тимчасові маркшейдерські знаки у вигляді дерев'яних кілочків, металевих стержнів, що забиваються у породу або ґрунт (рис. 2), а для закріплення точок профільних ліній – знаки, приклади конструкції яких наведено на рис. 3.

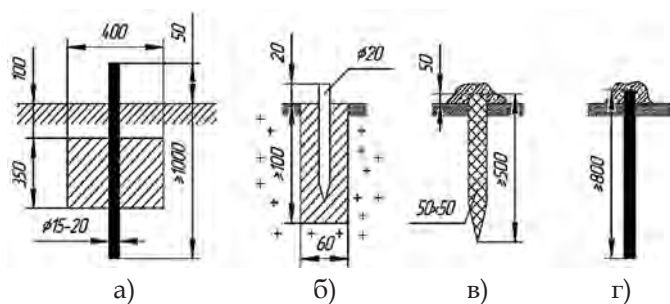


Рис. 2. Типи центрів пунктів знімальної мережі на кар'єрі: а – постійний у пухких породах; б – постійний у скельних породах; в, г – тимчасові у пухких породах

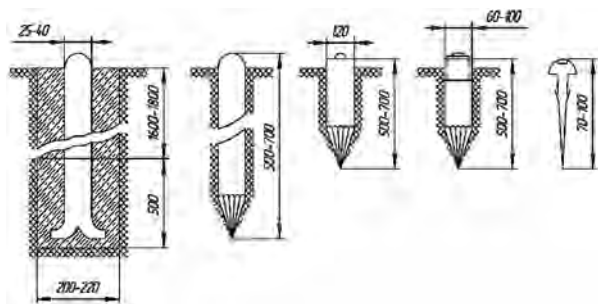


Рис. 3. Конструкція реперів станцій спостережень

Фахівці маркшейдерської служби ПівдГЗК та інших спеціалізованих підприємств міста протягом попередніх п'яти років проводили систематичну зйомку і документацію всіх виникаючих деформацій укосів кар'єру, складали щорічні звіти про стан бортів та їх деформацію. Кожен зсув і обвалення знімалися і наносилися на план гірничих робіт. За результатами польових вимірювань визначалися перевищення і горизонтальні відстані між реперами. Спостереження вважалися задовільними, якщо при геометричному нівелюванні різниця перевищень з двох нівелювань не перевищувала  $\pm 3$  мм, різниця між двома незалежно вимірними і обчисленими горизонтальними прокладаннями не перевищувала  $\pm 2$  мм і різниця між двома незалежними вимірюваннями одного і того ж перевищення і горизонтального прокладання при тригонометричному нівелюванні не перевищувала похибок при заданій точності визначення зсувів.

За даними вимірювань склалися відомості абсолютних (або відносних) висот і відстаней від початкового репера за кожною профільною лінією для кожної серії спостережень. Шляхом порівняння висот і горизонтальних відстаней від початкового репера в суміжних серіях для кожного репера визначалися горизонтальні і вертикальні складові його зміщення за період між суміжними серіями спостережень. Діленням загальної величини зміщень (вектор зміщення) на час визначалися середні швидкості зміщення кожного репера за час між суміжними серіями спостережень.

Інструментальні спостереження за стійкістю північно-західного борту кар'єру проводяться за вісьмома профільними лініями, закладеними в 1994–1997 рр. Наприклад, у спостереженнях 2010 р. були також визначені координати вихідних і опорних реперів: 100, 101, 102,  $\Delta 2$ , IX-01 (н),

## ГОРНОРУДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

R2, III-01, III-1<sup>1</sup>, IV-01, IV-1<sup>1</sup>, V-01, I-4, VI-01, VI-02, VII-02, VIII-02, A, B. Планове положення робочих реперів визначалося також і шляхом вимірювання відстаней за створами.

Визначення висотного положення реперів виконувалося геометричним нівелюванням III класу електронним цифровим нівеліром DL-102C із використанням 5-метрових телескопічних штрихових рейок. Методика спостережень відповідає [4] та [5]. Вимірювання похилених відстаней, вертикальних і горизонтальних кутів виконувалося електронним тахеометром TOPCON серії GPT-7001, забезпечуючи точність

згідно з [5]. Робота виконувалася з прив'язкою до геодезичних пунктів рудничної полігонометрії № 100, 101, 102.

Оскільки виявленню характеру і причин виникнення деформацій сприяють графіки зміни швидкостей зміщення реперів вздовж лінії та окремих характерних реперів, що дозволяють встановити активну частину зсувного масиву та визначити вплив часу, кліматичних умов і виробничих процесів на інтенсивність руху всього зсуву і окремих його частин, то в межах дослідження було побудовано такі карти і графіки. Нижче наводяться окремі з них (рис. 4-6).

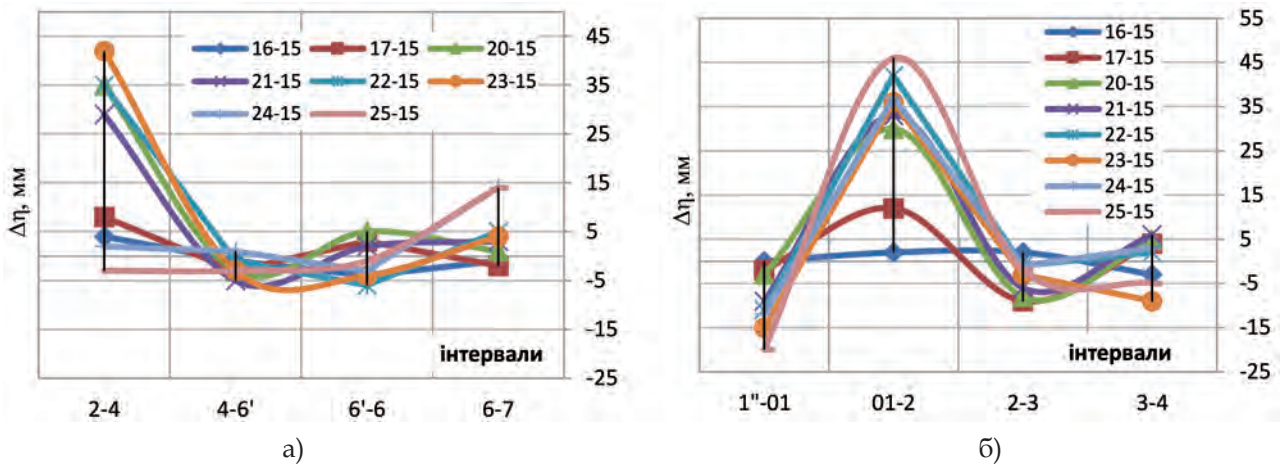


Рис. 4. Вертикальні деформації інтервалів між реперами профільних ліній I (а) і профільної лінії IV (між 15 і 25 циклами спостереження)

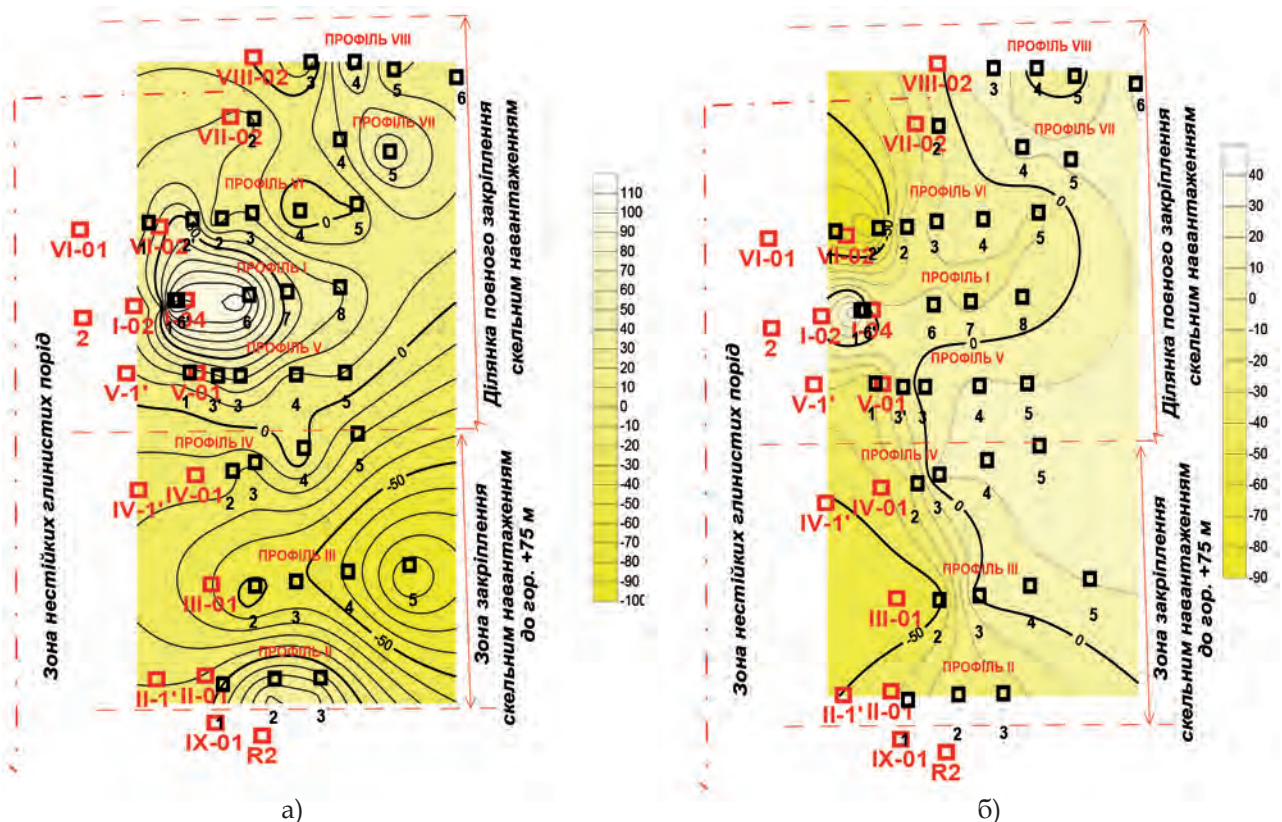


Рис. 5. Карти горизонтальних і вертикальних зміщень пунктів профільних ліній північно-західного борту кар'єру ПівдГЗК за період 3125 діб

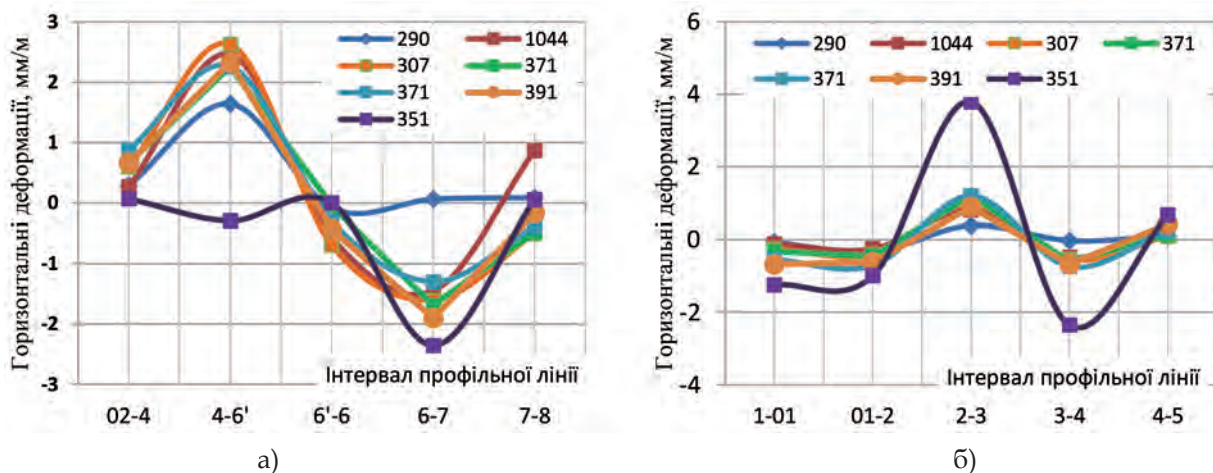


Рис. 6. Відносні горизонтальні деформації інтервалу між реперами профільної лінії I (а) та профільної лінії IV (б) за період 3125 діб спостереження

Північно-західний борт кар'єру (район профільних ліній II, III, IV, репера IX-01н і піраміди R<sup>2</sup>) укріплений скельним навантаженням до горизонту +75 м. Верхню частину борту кар'єру, вище горизонту +75 м, складають червоно-бурі суглинки і глини. У минулі роки міцність борту знижувалася атмосферними опадами і потоками водного горизонту в глинистих пісках. Природна стійкість укусу була порушена.

Для виконання аналізу складено дані вертикальних деформацій інтервалів між реперами, добових швидкостей вертикального зміщення реперів і дані горизонтальних деформацій інтервалів, за якими будувалися відповідні графіки. Приклад таких креслень, які наочно показують динаміку вертикальних деформацій, наведено на рис. 4. Детальний розгляд отриманих результатів дозволив зробити такі обґрунтовані висновки.

Результати опрацювання спостережень засвідчили, що величини добових швидкостей векторного зміщення реперів за весь період спостережень (3125 діб) перебувають у межах 0,01–0,14 мм за добу.

Осідання реперів II-3 і III-3, розташованих вище горизонту навантаження, становить 29 мм і 21 мм відповідно. Векторна швидкість зсуву репера III-2 залишилася на рівні минулого року,

репера III-4 змінилася порівняно з попереднім роком від 0,39 до 0,22 мм/доба (351 доба). Висотне положення репера IX-01н змінилося на -13 мм, а піраміди R<sup>2</sup> – на -5 мм (рис. 5, 6).

Величини добових швидкостей векторного зміщення реперів профільної лінії IV змінилися порівняно з минулим роком у середньому від 0,02–0,04 до 0,08–0,12 мм за добу. Це пояснюється тим, що більша частина профільної лінії розташована вище горизонту навантаження (+75 м), і глинисті породи, що складають цю ділянку, схильні до впливу атмосферних опадів і обводнення з боку колишньої західної залізничної траншеї, що проходила в цьому районі.

Використання сучасних можливостей статистичної обробки результатів дозволило також переконливо підібрати математичні функції, які найкраще відображають моделі деформацій реперів станцій спостереження. Окремі з них з коефіцієнтами детермінації R<sup>2</sup> наведено в табл. 3.

Особливої уваги заслуговує моніторинг деформацій автовідвалу. У геологічному відношенні його основу складено породами кайнозоя: лесоподібними суглинками, червоно-бурими глинами. Потужність пухких відкладень коливається від 20 до 30 м. Виділяється кілька водонесних горизонтів: у четвертинних відкладеннях (залягає від поверхні в 1,3–5 м), в породах

Таблиця 3

Функції апроксимації відносних горизонтальних деформацій інтервалів між реперами

Профільна лінія I			Профільна лінія IV		
Лінія	Рівняння апроксимації	R <sup>2</sup>	Лінія	Рівняння апроксимації	R <sup>2</sup>
4-6	$\Delta l = -0,040t^3 + 0,278t^2 - 0,255t + 1,831$	0,85	2-3	$\Delta l = 0,086x^3 - 0,9182x^2 + 2,9921x - 1,9194$	0,88
7-8	$\Delta l = -0,025t^3 + 0,237t^2 - 0,506t + 0,575$	0,96	4-5	$\Delta l = 0,0265x^2 - 0,1255x + 0,2361$	0,97
02-4	$\Delta l = 0,0207t^4 - 0,3432t^3 + 1,9659t^2 - 4,4352x + 2,732$	0,77	1-01	$\Delta l = -0,054x^3 + 0,5806x^2 - 1,947x + 1,4496$	0,94
6'-6	$\Delta l = -0,0311t^4 + 0,522t^3 - 2,9209t^2 + 6,0182t - 3,4405$	0,76	01-2	$\Delta l = -9E-16x^3 - 0,0172x^2 + 0,0299x - 0,3121$	0,89
6-7	$\Delta l = -0,062t^3 + 0,801t^2 - 3,236t + 2,491$	0,95	3-4	$\Delta l = -0,054x^3 + 0,5806x^2 - 1,947x + 1,4496$	0,94

неогену і докембрію. Водоупором служать червоно-бурі глини. Середні показники міцності ґрунтів основи відвалу низькі.

Інструментальні спостереження проводилися на південно-східному борту відвалу в районі електростанції № 97, на південному борту, який сформований в складних умовах заплавних відкладень р. Інгулець, на західному борту, де у 1992 р. проявилися зсувні явища через складування скельних порід на обводнену глинисту основу. Порушення стійкості північно-західного борту правобережних відвалів було обумовлене невідповідністю несучої здатності обводнених глинистих порід у його основі з фактичними і значними навантаженнями від складування зверху скельних порід на нижні яруси, які складені пухкими відкладеннями.

Після припинення експлуатації відвалу, зміцнення його основи по західному борту за допомогою заглиблених скельних призм і прибудови системи дренажу деформації вдалося стабілізувати, тому спостереження велися тільки на одній профільній лінії III (район ГТЦ).

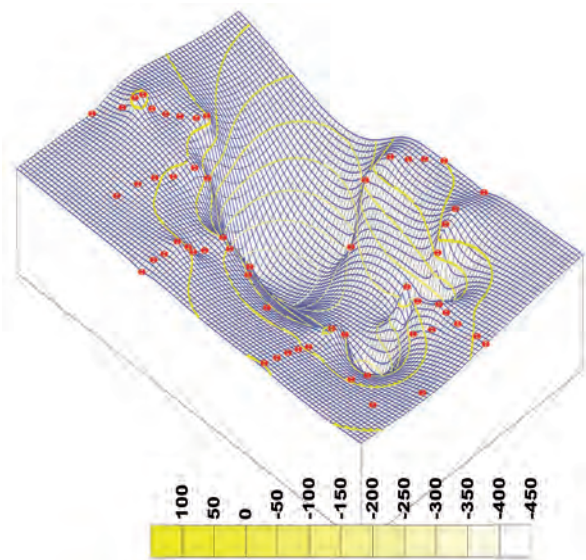
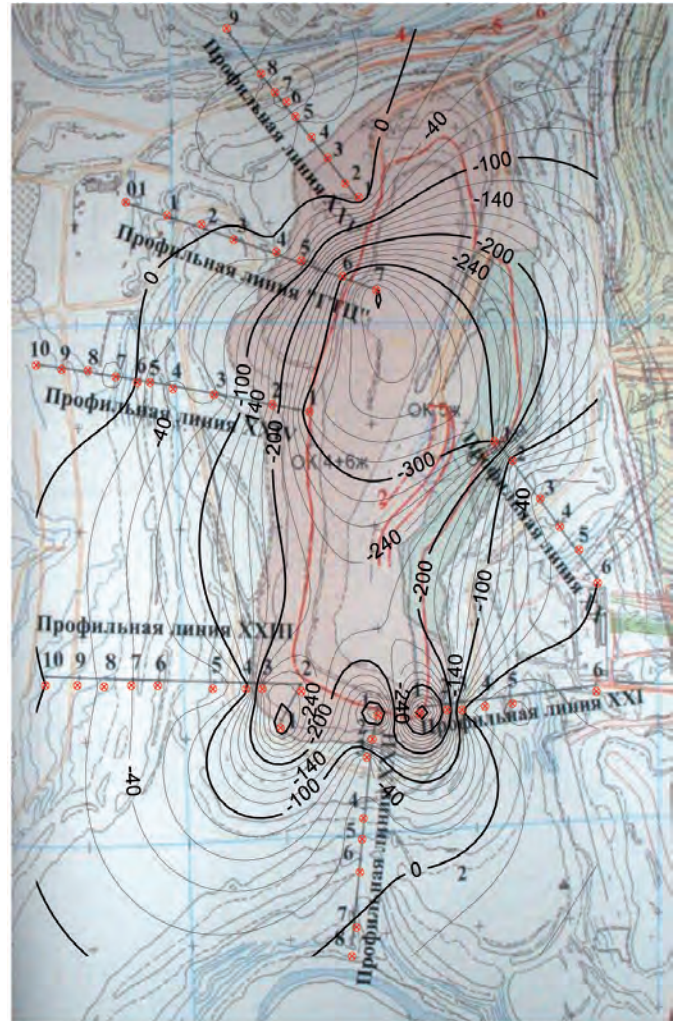
У цей час, після відновлення експлуатації автовідвалу, інструментальні спостереження за його стійкістю проводяться на південно-східному борту відвалу за профільними лініями XX і XXI, на південному - за профільними лініями XXII і XXIII, на північно-західному - за профільними лініями XXIV (IV стара), ГТЦ (III стара), XXV (II стара) (рис. 7).

Перша серія спостережень за всіма профільними лініями фахівцями ПівдГЗК проведена у 2007 р. За 7 профільними лініями: визначено планове і висотне положення реперів електронним тахеометром TOPCON серії GPT-7001. Після комп'ютерної обробки отриманих даних визначено величини вертикальних і горизонтальних зміщень, добові швидкості векторного зміщення робочих реперів.

Результати спостережень дозволили побудувати карти вертикальних зміщень у двовимірному та тривимірному варіантах, які наведені на рис. 7.

Тріщини, виявлені при візуальному обстеженні на верхньому майданчику уступу між профільними лініями XXII і XXIII, в цей час майже повністю закрилися.

З часом на профільній лінії XXII репер 1 знищений, швидкість осідання репера 2 змінилася від 0,34 до 0,10 мм/доба. На всіх інших реперах також спостерігається тенденція зменшення швидкості векторного зміщення репера, хоча профільна лінія розташована на борту в складних умовах заплавних відкладень р. Інгулець. На профільній лінії XXIII векторна швидкість зсуву реперів 1 і 2 змінилася до 0,41-0,43 мм за



**Рис. 7. Карта вертикальних зміщень реперів профільних ліній автовідвалу (а) і каркасна модель зміщень з використанням можливостей 3D-Wireframe (б)**

добу відповідно, на репері 3 залишилася на рівні 2009 р., а на всіх інших реперах зменшилася.

На ділянках профільних ліній XX і XXIV основу відвалу ослаблено тим, що поруч проходила залізнична траншея на Шиманівські відвали. На профільній лінії XX осідання репера 1 складає 141 мм, векторна швидкість зсуву репера залишилася на рівні попереднього року, а репера 2 змінилася від 0,18 до 0,03 мм за добу. На всьому проміжку профільної лінії XXIV швидкості значно зменшилися (основа укріплена глибинними скельними призмами до репера 8, а на репері 1 складають 0,18 мм за добу (у попередньому спостереженні – 0,75 мм за добу), що говорить про подальше ущільнення відвальних порід.

Профільна лінія ГПЦ розташована в цьому ж районі і також схильна до впливу навантаження за рахунок складування скельних порід. На всьому проміжку профільної лінії векторні швидкості є сталими.

Встановлено, що складування скельних порід спричиняє збільшення векторних швидкостей зсуву реперів майже на всіх профільних лініях. Разом з тим слід зазначити, що за останній рік ситуація змінилася в позитивний бік. Майже на всіх профільних лініях векторні швидкості або зменшилися, або залишилися незмінними. Виняток становлять профільні лінії XX, XXI, XXIII: отримані дані за реперами, розташованими у верхній частині відвалу, говорять про продовження процесу консолідації масиву, але векторні швидкості реперів не є критичними (рис. 7).

**Висновки і напрямки подальших досліджень.** У результаті виконаної роботи, по-перше, була отримана задовільна кореляція результатів вимірювань із даними попередніх досліджень, по-друге, була доведена ефективність застосування для вивчення і прогнозування деформаційних процесів системи комплексного моніторингу, куди як складова частина входить побудова карт зміщень пунктів станцій спостереження як бази спеціальних блоків моніторингу. Дослідженнями обґрунтовано вибір оптимальних параметрів спостережень, що дозволило довести їх ефективність для підвищення надійності, довговічності, безпеки експлуатації споруд на основі прогнозованої інформації про розвиток деформаційних процесів.

Аналіз результатів інструментальних спостережень показав, що не вся частина укріпленої ділянки північно-західного борту стабілізувалася, а тільки її більша частина. Загалом стан борту кар'єру в пухких відкладеннях характеризується як задовільний, чому сприяє подальша консолідація зсувних мас та скельного навантаження.

Стан північно-західного борту кар'єру, західного борту лівобережного відвалу та право-

бережного автовідвалу оцінюється також задовільним, що забезпечує, у свою чергу, стійкість відсічних гребель річки Інгулець для сформованих інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов на цей час. Таким чином, їх стійкість характеризується позитивно.

Оскільки швидкість зсуву реперів за всіма об'єктами не перевищує  $\pm 1$  мм за добу, то у подальшому спостереження слід проводити 1 раз на рік, що дозволить і надалі виконувати аналіз цих результатів, розробляти рекомендації щодо заходів, які знижують негативний вплив зсувів і обвалень на навколишнє середовище, враховувати результати моніторингу деформацій для коригування проектних рішень щодо реконструкції кар'єру, для прийняття оперативних рішень під час планування черговості розробки окремих його ділянок.

Автор висловлює велику подяку співробітникам маркшейдерського відділу Південного гірничо-збагачувального комбінату та фахівцям спеціалізованих підприємств міста за активне сприяння проведенню цього дослідження і сподівається на подальшу співпрацю між названими колективами та Криворізьким національним університетом.

#### Бібліографічний список / References

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. 5–11.

Paran'ko I. S., Smyrnova G. Ya, and Ivanova O. V. (2005). Krivoy Rog – the potential area of occurrence of technogenic-natural and man-made emergencies. *Geological and mineralogical Bulletin*, no. 1, pp. 5-11.

2. Блоха В. Д. Морфологія складок рудних пластів продуктивної товщі скелеватського местородження Криворожського басейну / В. Д. Блоха, В. В. Стеценко // Геолого-мінералогічний вісник. – № 2 (28). – 2012. – С. 32–37.

Bloha V. D. and Stecenko V. V. (2012). The morphology of folds in strata of the productive series skelevatsk deposits of Krivoy Rog basin. *Geological and mineralogical Bulletin*, no. 2(28), pp. 32-37.

3. Югок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ugok.info/>. – 13.11.2016 р. – Загол. з екрана.

The YuGOK, Electronic resource, available at: <http://www.ugok.info/> (Accessed 13 November 2016).

4. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/Data2/1/4293826/4293826028.html>. – 13.11.2016 р. – Загол. с экрана.

Instruction observation displacement of rocks and the earth's surface in underground mining of ore deposits (1988), available at: <http://meganorm.ru/Data2/1/4293826/4293826028.html> (Accessed 13 November 2016).

5. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов, уступов и отвалов на карьерах и разработка мероприятий по обеспечению их устойчивости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294853/4294853736.html>. – 13.11.2016 г. – Загл. с экрана.

Instructions on observations over deformations sides, slopes, ledges and dumps in the quarries and the development of measures to ensure their sustainability (1970), available at: [available at: http://meganorm.ru/Data2/1/4293826/4293826028.html](http://meganorm.ru/Data2/1/4293826/4293826028.html) (Accessed 13 November 2016).

**Purpose.** The goal of this work is methodology development and stress state in open pit walls, dumps, other engineering facilities of PJSC «SOUTHERN ORE-DRESSING COMPLEX» determination on the basis of surveying examination and identification of quantitative formation indicators changes over time.

**Findings.** Based on complete analysis of monitoring instrumental examination of mining operations effect pattern on the state of rock mass and engineering structures during deep mining. Created cartographical representation of distribution intensity of strain component

actualized the possibility to obtain a visual representation of the studied territory. The choice of optimal parameters for examinations, which allow proving the efficiency not only for reliability, durability, operation structures safety improvement based on forecasting information on the deformation processes development, but also for the adjustment of design reconstruction decisions on engineering structures, for operational decision-making during planning the prioritization of the magnetite deposit individual sections development.

**Originality.** involves complex instrumental monitoring of engineering structures deformations that appear in mining and overburden storage on dumps process. Mathematical synthesis of the established regularities of horizontal and vertical strain component in engineering structures allows to predictive extrapolation, and quantitative estimates of the parameters of many models – conceptual interpretation.

**Practical value.** The obtained data allow specifying the accepted deformation model of study subject parameters, predicting their development over time and assessment of negative geodynamic phenomena risk.

**Key words:** Southern ore-dressing complex, surveying monitoring, engineering structures deformations, station observations, leveling, landmark dislocation, mining operations effect.

**Рекомендована до публікації  
д. т. н. М. С. Четвериком**

**Поступила 17.01.2017**



УДК 622.271

В. О. Загубинога, Ю. В. Романченко

Производство

ГВУЗ «Национальный горный университет»,  
г. Днепро, Украина  
e-mail: nmu.ogr@gmail.com

## Разработка методики анализа производства при планировании горных работ на железорудных карьерах

V. O. Zahubynoha, U. V. Romanchenko

National Mining University, Dnipro, Ukraine  
e-mail: nmu.ogr@gmail.com

## Development of the technique of the analysis of the production situation at the initial stage of planning of mining operations on iron ore pits

**Цель.** Разработка методики анализа производственной ситуации перед расчетом годового плана как составной части системных методов. Решение практических задач, направленных на минимизацию существующего отклонения при годовом планировании горных работ на железорудных карьерах.

© В. О. Загубинога, Ю. В. Романченко, 2017 г.