

УДК 528.023

О.Є. КУЛІКОВСЬКА, д-р техн. наук, доц., Криворізький національний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВІНОСУ НА МІСЦЕВІСТЬ ПУНКТІВ ГЕОДИНАМІЧНОГО ПОЛІГОНУ

Подано інформацію про сучасну ситуацію із методикою геодезичного забезпечення виносу на місцевість пунктів або розбивочних елементів. Рекомендовано для виносу в натуру (на місцевість) пунктів геодинамічного полігону застосовувати GPS-приймач Topcon Hi-peg, а в якості контролера користуватися ноутбуком із встановленим програмним забезпеченням TopSURV, який підключається в польових умовах до приймача. Проаналізовано існуючі способи перенесення проекту на місцевість, зазначено, що розглянута проблема є однією з найважливіших і відповідальних сторін діяльності інженера-геодезиста. Тому всі етапи геодезичних робіт, починаючи з їх підготовки і закінчуючи виконанням на будівельному майданчику, вимагають дуже серйозного до них ставлення. Обґрунтовано висновок про необхідність удосконалення наявних методик та технологій із геодезичної підготовки проекту стосовно виносу на місцевість точок. Детально описано технологічні й методичні особливості проведення робіт щодо винесення точок за відомими координатами, заданим напрямком, списками точок. Запропонована і перевірена в польових умовах методика розмічувальних геодезичних робіт із винесення пунктів геодинамічного полігону на місцевість в складних умовах будівельного майданчика із використанням GPS-приймача дозволяє вибрати найбільш раціональний і сучасний спосіб вирішення проблем і задач винесення пунктів проекту на місцевість та засвоїти нові практичні навички.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Геодинамічні параметри гірського масиву у вирішальній мірі визначають механічну міцність і екологічну безпеку будь-яких інженерних споруд [1]. Геодинамічні зони, що розділяють блоки гірських масивів різної тектонічної активності, існують повсюдно і представляють загрозу для всіх техногенних об'єктів. Вони характеризуються підвищеною тріщинуватістю, широким розвитком брекчій і високою проникністю будь-яких рідин і, особливо, природних та техногенних поверхневих вод. Зазвичай такі зони є місцями розвитку тимчасових і постійних (річок) водотоків, а також понижених форм рельєфу, придатних для спорудження різноманітних ставків, ставків-накопичувачів і шлаго- та хвостосховищ. Окрім того, такі зони є потенційними ділянками активного розвитку процесів та явищ, пов'язаних з геологічною діяльністю поверхневих і підземних вод, що може спричинити підтоплення та заболочення територій, руйнування гребель, дамб та інших інженерних споруд тощо, тобто створити передумови для виникнення надзвичайних ситуацій природно-техногенного характеру [2]. У зв'язку з цим моніторинг за змінами особливостей таких геодинамічних зон є запорукою безпечного функціонування гідроінженерних об'єктів, до яких належать хвостосховища.

Спорудження хвостосховища Криворізького гірничозбагачувального комбінату окислених руд (КГЗКОР) призвело до порушення природного гідродинамічного режиму поверхневих і підземних вод, створення техногенних форм рельєфу, що вплинуло на перерозподіл літостатичного тиску в межах масивів гірських порід [3]. Такі зміни природних властивостей геологічного середовища призвели до активізації ерозійних процесів, які позначились на підвищенні динаміки розвитку яружно-балкової системи балки Криничуватської, а також активізували природні неотектонічні рухи, що позначилось на стійкості основного тіла греблі хвостосховища, як техногенної форми рельєфу.

Сучасні тектонічні рухи, а також пов'язані з ними процеси рельєфоутворення належать до природних явищ, які призупинити неможливо. Проте сьогодні в районі хвостосховища сформувалась природно-антропогенна система, подальший розвиток якої вже прямо залежить від діяльності людини. При розробці заходів, спрямованих на запобігання виникнення надзвичайних ситуацій, необхідною умовою повинно бути врахування всіх чинників в комплексі. Тільки через комплексну мінімізацію їх впливу на природно-техногенну систему можна досягти позитивних результатів [4-6].

Постановка завдання. Питання вибору методів побудови планово-висотних геодезичних мереж, розрахунку очікуваної точності вимірювань, застосування відповідних новітніх приладів і технологій, обробки та аналізу результатів спостережень з обчисленням і прогнозуванням деформацій земної кори, поверхні, мобільності споруд є першочерговими при моніторингу на геодинамічному полігоні району будівництва КГЗКОР. Одним із найважливіших питань є ство-

рення оптимальних планово-висотних мереж для надійного визначення горизонтальних та вертикальних рухів земної поверхні [7,8].

Перенесення проекту на місцевість є однією з найважливіших і відповідальних сторін діяльності інженера-геодезиста. Тому всі етапи геодезичних робіт, починаючи з їх підготовки і закінчуючи виконанням на будівельному майданчику, вимагають дуже серйозного до них ставлення, вміння вибрати найбільш раціональні способи їх вирішення.

Вдосконалення існуючих методик та технологій із геодезичної підготовки проекту щодо виносу на місцевість точок або розбивочних елементів споруд дозволить набути нових практичних навичок у вирішенні цих питань [9].

Викладення матеріалу та результати. Хвостосховище КГЗКОР розташоване в центральній частині Інгульського мегаблоку Українського щита, в будові якого беруть участь метаморфізовані вулканогенно-осадові та гранітоїдні утворення палеопротерозою, які перекриваються кайнозойськими відкладами осадового чохла (рис. 1).

У структурному відношенні територія району досліджень розташована в межах блока, обмеженого регіональними глибинними розломами мантийно-корового закладення субмеридіонального простягання: із заходу - Кіровоградським скидом, зі сходу - Західно-Інгулецьким скидом. Розташований між ними блок розбитий розломами північно-західного (Долинська і Боків'янська зона розломів), північно-східного і субширотного (Бобринецький розлом) простягання на низку блоків вищих порядків. На тлі порушень вказаних трьох напрямків контрастно виділяється Ісаївська тектонічна зона північно-східного простягання, яка розділяє Долинську антикліналь і Криничуватський купол.

У геоморфологічному відношенні ця зона контролюється Криничуватською балкою, у верхів'ї якої знаходиться об'єкт досліджень - гребля хвостосховища КГЗКОР, яка орієнтована поперек простягання зони (рис. 2).

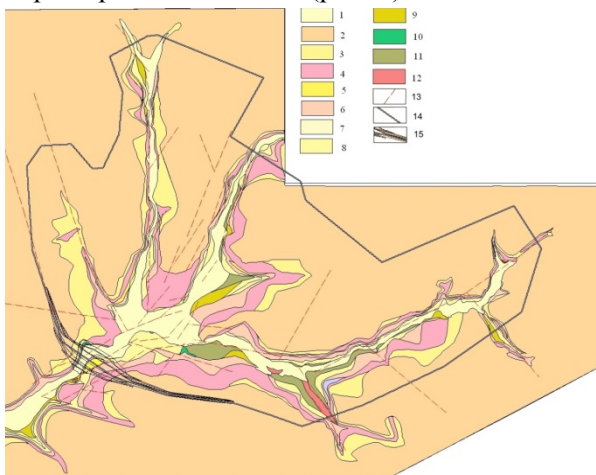


Рис. 1. Геологічна карта району хвостосховища

Умовні позначення до рис. 1:

1-3 – верхньочетвертинні відклади: 1 – суглинки чорні, бурувато-чорні туго пластичні з лінками та прошарками дрібнозернистих пісків; 2 – суглинки лесовидні буро-жовті; 3 – суглинки лесовидні палео-аккумулятивного вирівнювання; 4-5 – середньочетвертинні відклади: 4 – суглинки лесовидні перепрацьовані процесами силової ерозії та денудації (дежовто-бурі); 5 – суглинки лесовидні світло-бурі до сірих; 6 – нижньочетвертинні червоно-бурі суглинки з лінками червоно-жовтими; 7 – невіділені нижньочетвертинні суглинки; 8 – нижньочетвертинні піщанисті глини сірого кольору з включеннями жорсткості; 9-10 – дисперсна зона кори вивітрювання; 10 – підзона піщаних продуктів вивітрювання; 11 – жорсткості-щебінчаста зона кори вивітрювання, представлена уламками гранітів і мігматитів; 12 – граніти докембрійського кристалічного фундаменту; 13 – розривні порушення в кристалічному фундаменті докембрію, які внаслідок проявлення неотектонічних рухів проявляються і в породах осадового чохла; 14 – контур хвостосховища; 15 – основна гребля хвостосховища



Рис. 2. Геоморфологічна карта району хвостосховища

Умовні позначення до рис. 2:

1 – рельєф, створений процесами перемінного денудаційно-ерозійного рельєфу; 2 – ерозійний рельєф, створений процесами силової ерозії та денудації (дежовто-бурі); 3 – заплава, сформована процесами голоценового вирівнювання; 4 – ерозійно-денудаційний рельєф, створений процесами сучасної ерозії та денудації; 5 – контур хвостосховища; 6 – контур хвостосховища

Цифри на рис.: 1 – яружно-балкова система правого схилу балки Криничуватської, 2 – яружно-балкова система лівого схилу

Особливу увагу заслуговує зміна морфології тальвегу балки. На всьому його простяганні

спостерігається розвиток євразійноподібних колодязів, або, як їх ще називають, водобійних колодязів (рис. 3).

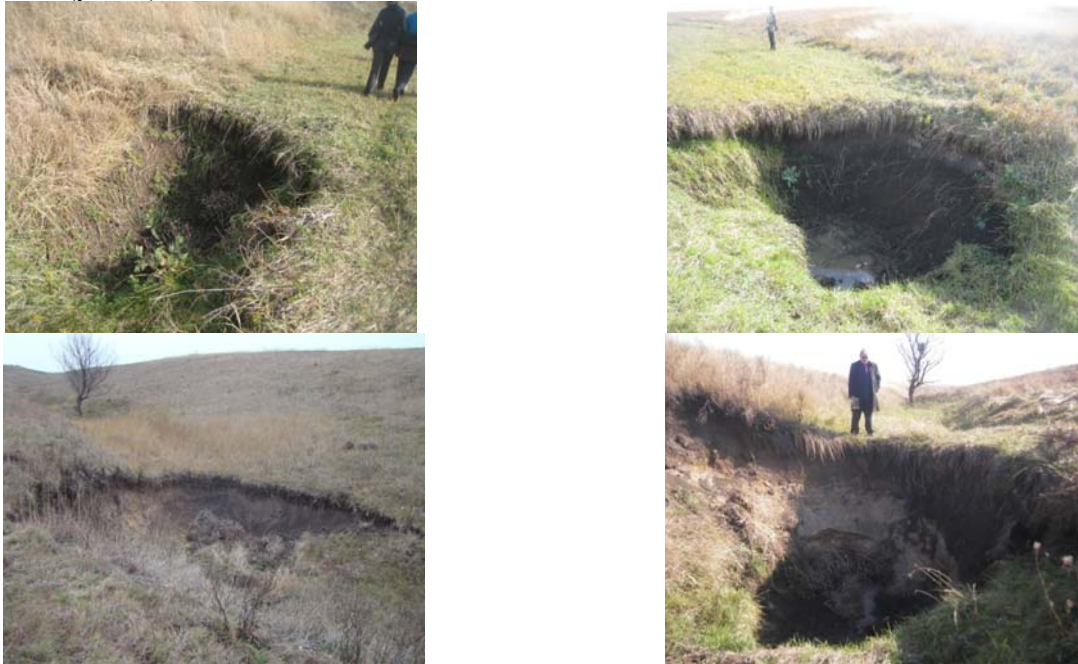


Рис. 3. Євразійноподібні (водобійні) колодязі в тальвегу балки

Такі мікроформи ізометричні в плані, радіусом від 1,5-2 до 6 м і глибиною 1-2 м. Їх формування носить багатостадійний характер.

На першій стадії поперек тальвегу в лесованих суглинках утворюються проникні зони, причиною чого може бути активізація розломної тектоніки внаслідок неотектонічних рухів. На другій стадії, в межах цих високопроникних для атмосферних вод ділянок, відбувається інфільтрація на глибину перезволоження лесовидних суглинків і їх просідання з утворенням в поздовжньому профілі тальвегу вершинних перепадів. Третя стадія характеризується формуванням на дні балки тимчасового потоку, який спричиняє активізацію вершинного перепаду, а на четвертій стадії - води потоку призводять до турбулентної ерозії гірських порід нижче вершинного перепаду за принципом утворення євразійних котлів. Проте, необхідною умовою для включення такого механізму повинно бути пониження базису ерозії балки, що вже ймовірно є прерогативою неотектонічних рухів у межах масивів гірських порід району хвостосховища. На користь такої версії слугує розвиток вздовж притальвегої частини схилів балки тріщин відриву з формуванням мікроосувів (рис. 4), як геоморфологічної ознаки існування неотектонічних явищ.



Рис. 4. Тріщини відриву в притальвеговій частині схилів балки

На основі порівняльного аналізу існуючих і можливих методів побудови планових геодезичних мереж [10–13] зроблено висновок, що найдоцільнішими методами планового моніторингу є не класичні методи триангуляції, яким властива недостатня точність, а сучасні методи, зокрема: спостереження GPS-приймачами та лінійно-кутові мережі, створювані новітніми тахеометрами.

Розгляд методів визначення висот показав, що найбільш високу точність, яку вимагає моніторинг на геодинамічному полігоні може забезпечити високоточне геометричне нівелювання. Визначення висот методом GPS має перевагу перед геометричним нівелюванням при розв'язанні регіональних та глобальних задач геодинаміки, коли досліджується мобільність точок, які рознесені в просторі на сотні та тисячі кілометрів. Точність визначення висот методом GPS дещо гірша, ніж визначення цим методом планового положення, і складає похибку у вертикальних векторах $m_{\Delta H} \geq 3$ мм.

З метою вивчення характеру прояву сучасних вертикальних рухів земної поверхні в часі та просторі рекомендовано відновлення регіонального геодинамічного полігону КГЗКОР.

Для здійснення геодезичних спостережень розроблено та обґрунтовано проект висотної мережі на основі детального вивчення геолого-тектонічного та геоморфологічного стану досліджуваного регіону. Проектом передбачено прокладання ліній нівелювання I класу коротким променем (не більше 25 м).

Складна тектонічна ситуація району будівництва хвостосховища магнітного збагачення визначила необхідність закріплення на його території системи реперів, що сформували 4 замкнуті полігони для виконання повторних і тривалих (5–6 років) спостережень, периметри яких відповідно дорівнюють: $L_1=3,53$ км; $L_2=3,11$ км; $L_3=15,75$ км; $L_4=4,35$ км. Проектом передбачено відновлення двох деформаційних майданчиків (ДМ), зв'язаних між собою ґрунтовими реперами.

Під закладку було обрано 2 ділянки, які за попередньою оцінкою характеризувалися різною інтенсивністю геодинамічних процесів і розміщувалися поблизу розломів як субширотного, так і субмеридіонального простягань (рис. 5).



Рис. 5. Схема геодинамічного полігону на космічному знімку Google

Вибір способу виносу точок проекту на місцевість залежить від характеру забудови, протяжності полігону, заданої точності та наявності точок геодезичної мережі або допоміжного геодезичного обґрунтування. При наявності великої кількості чітких контурів поблизу пунктів зручний графічний спосіб визначення розмічувальних елементів. В цьому випадку в якості даних для перенесення пунктів в нату-

ру використовують кути і відстані, отримані безпосередньо з топографічного плану, використовуюваного для проектування. Точність виносу в цьому випадку залежить від масштабу плану, точності нанесення запроєктованих точок на план, визначення з плану невідомих елементів, деформація плану. Аналітичний спосіб використовується в тих випадках, коли на ділянці збереглося мало геодезичних пунктів та проектні точки віддалені від них на великі відстані.

Для визначення на місцевості планового положення точок, що виносяться, використовують такі способи [14]: полярний; прямих куткових засічок; лінійних засічок; створних засічок; перпендикулярів.

При цьому фахівцями використовувалися традиційні геодезичні прилади.

Сучасні досягнення геодезичного приладобудування дозволяють підвищити продуктивність праці шляхом вживання GPS-приймачів у випадках, коли територія створення або відновлення пунктів геодинамічного полігону вкрай незабудована, відсутні контурні об'єкти, які б слугували опорними на місцевості.

Для винесення точок в природу рекомендується використовувати Topcon Hiper [15]. В якості контролера застосовується ноутбук із встановленим програмним забезпеченням TopSURV, який підключається в польових умовах до приймача. Методику виконання робіт описано нижче.

Вибираємо меню Stake> Points (Розбивка> Точки), а у вікні Stakeout Point (Винести точку) кнопку Settings (Налаштування) (рис. 6). Для GPS-приймача: у вікні Stakeout Parameters (Параметри розбивки) задаємо параметри винесення в природу, а саме допуск відхилення в плані і

початковий напрям. Зазначаємо спосіб створення назви і примітки до точок, а також вибираємо тип рішення базових ліній. Щоб відновити значення, які запропоновані, натискаємо кнопку **Defaults**. Якщо необхідно, щоб іконка точки, що виноситься на місцевість (в натуру), була показана на карті, то в меню у лівому верхньому кутку вікна **Stakeout Parameters** (Параметри розбивки) вибираємо позицію **Display** (Екран).

Вибираємо проектну точку полігону зі списку або з карти, або вводимо її ім'я вручну, а для GPS приймача задаємо параметри антени (висоту, тип і спосіб її виміру). Якщо виконується винос точок PTL, позначаємо відповідне поле. У вікні **Stakeout Point** (Винесення точки) натискаємо кнопку **Stakeout** (Винести) (рис. 7).

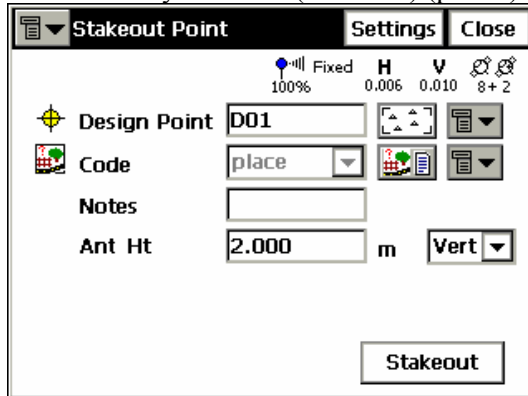


Рис. 6. Винесення в натуру точок

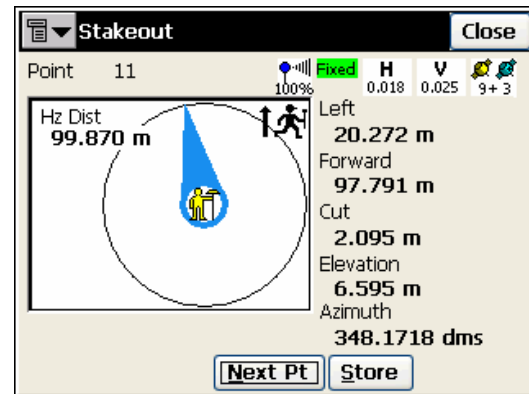


Рис. 7. Робоче вікно визначених параметрів для виносу точок на місцевість

Для GPS приймача під час пошуку проектної точки необхідно керуватися інформацією, що подається у вікні **Stakeout** (Розмічення). Після того, як підходять досить близько до неї, натискають **Store** (Зберегти). Щоб перейти до наступної (в списку даних) проектної точки, натискають кнопку **Next Pt** (Наступна Точка).

Якщо координати пункту не відомі, але задано напрямок і відстань до нього від вихідної (опорної) точки, використовується функція **Stakeout Point in Direction** (Винесення точки за напрямком).

Щоб виконати винос точки по заданому напрямку, вибираємо **Stake> Point in Direction** (Розбивка (винесення) > Точка в напрямку). У вікні **Stakeout Point in Direction** вводимо ім'я початкової точки (опорної), азимут на точку, що виноситься, заданий безпосередньо або як кут, що відлічується від напрямку на деяку іншу точку (вихідну), кутове відхилення від початкового азимута, зміщення по відстані вздовж кутового зсуву на точку, відхилення по висоті, а також параметри антени (у режимі GPS). У полі **Store Pt** (Зберегти точку) вводимо ім'я точки, яка виноситься, підтверджуємо натисканням кнопки **Stakeout** (рис. 8).

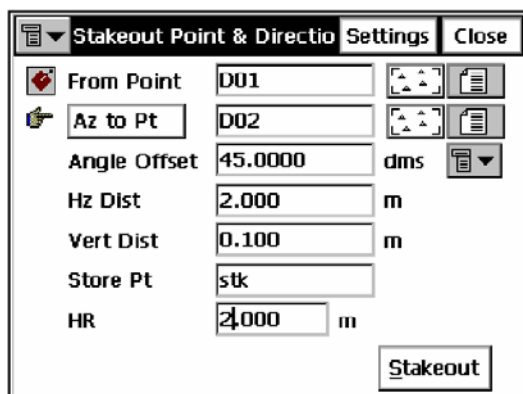


Рис. 8. Винесення точки за напрямком

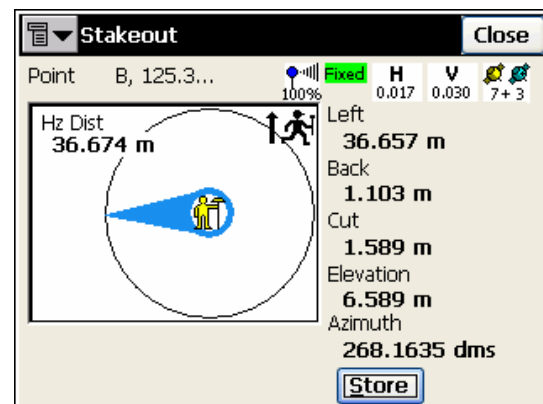


Рис. 9. Робоче вікно збереження винесеної точки за напрямком

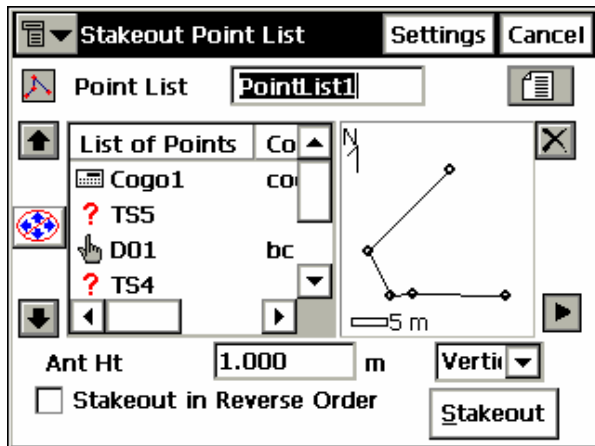


Рис. 10. Винесення пунктів за списком точок

При роботі з GPS приймачем для знаходження пункту, що виноситься на місцевість необхідно керуватися інформацією, що приводиться у вікні **Stakeout**. Коли підійшли досить близько до необхідної позиції, натискаємо **Store** (Зберегти) (рис. 9).

Для винесення в натуру точок, що входять до списку точок, вибираємо **Stakeout > Point List** (Розбивка > Список точок). У вікні **Stakeout Point List** (Розбивка списку точок) вибираємо заздалегідь створений список точок, задаємо параметри антени при роботі з GPS приймачем

(висоту опорної точки антени (АРП)). Якщо необхідно почати винос точок в натуру з кінця списку, то помічаємо поле **Stakeout in Reverse Order** (Виносити в зворотному порядку). Щоб змінити порядок винесення точок довільним чином, використовуємо кнопки зі стрілками. Після цього натискаємо **Stakeout** (Почати винесення), показано на рис. 10.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проведений аналіз показав, що традиційна методика винесення точок проекту геодезичної мережі не зможе у повному обсягу задовольнити потреби користувачів щодо швидкості виконання такого виду геодезичних робіт. Запропонована і перевірена в польових умовах методика розмічувальних геодезичних робіт із винесення пунктів геодинамічного полігону на місцевість в складних умовах будівельного майданчика із використанням GPS приймача дозволяє вибрати найбільш раціональний і сучасний спосіб вирішення проблем і задач винесення пунктів проекту на місцевість та засвоїти нові практичні навички.

Список літератури

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. Гірничий енциклопедичний словник, т. 1 / За загальною редакцією В.С. Білецького. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2001. – 512 с.
3. Куликовская О.Е. Современные движения земной поверхности и их учет при строительстве и эксплуатации Криворожского горнообогатительного комбината окисленных руд: Дисс. канд. техн. наук: 05.24.01 / Криворожский горнорудный ин-т. – Кривой Рог, 1993. – 253 с.
4. Батугин А.С. Совершенствование методов оценки геодинамического состояния блочного массива горных пород в целях повышения экологической безопасности освоения недр и земной поверхности: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 25.00.36. – Москва, 2008. – 42 с.
5. Батугина И.М. Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников / И.М. Батугина, И.М. Петухов. – М.: Недра, 1988. – 166 с.
6. Бедров А.А. Современная аномальная геодинамика недр – новый фактор экологического и страхового риска / А.А. Бедров, Ю.О. Кузьмин // Страховое дело. – 1997. – №3. – С. 28–33.
7. Островський А. Л. Деякі питання створення геодинамічних полігонів і наукових досліджень на них / А.Л. Островський, П.О. Романишин, П.П. Шпаківський // Вісник геодезії та картографії. – 1996. – №1. – С. 16–24.
8. Павлів П.В. Проблемы изучения современных движений земной коры // П.В. Павлів, Т.В. Радько, В.И. Сомов. – К: Наукова думка, 1977. – 168 с.
9. Черняга П. Г. Вибір місць закладання геодезичних знаків на геодинамічних полігонах АЕС/ П.Г. Черняга // Вісник геодезії та картографії. – 1998. – №4 (11). – С. 14–17.
10. Третяк К. Р. Деякі питання оптимізації навігаційних GPS-вимірів / К.Р. Третяк, Д. М. Турук, В.І. Мандзюк, А.А. Мороз // Збірник наукових доповідей четвертого науково-технічного симпозиуму. Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS-технології. – Львів. – 1999. – С. 37–45.
11. Літнарочич Р.М. Порівняльний аналіз точності елементів суцільних і несучільних спостережень триангуляції / Р.М. Літнарочич, М.І. Кравцов, П.П. Яроцький // Інженерна геодезія. – 2002. – Вип. 47. – С. 83–89.
12. Клим С.А. Оцінка та підвищення точності геометричного нівелювання / С.А. Клим, В.М. Новосад, П.Г. Черняга // Вісник Рівненського державного технічного університету. – Вип. №2(4). – 2000. – С. 257–267.
13. Черняга П.Г. Розрахунок оптимальних частот та тривалості циклів повторних вимірювань на ГДП АЕС / П.Г. Черняга // Інженерна геодезія. – 1998. – Вип. 40. – С. 215–219.
14. Сайт компанії Геотоп [Електронний ресурс]. – Режим доступу до джерела: <http://centr-geodezii.ru/inform/o-geodezii/geodezicheskie-razbivochnye-raboty/sposoby-razbivochnykh-rabot.html>.
15. Торсон [Електронний ресурс]. – Режим доступу до джерела: <http://www.tnt-tpi.com>.

Рукопис подано до редакції 17.04.15