

Виявлено, що мінімальну похибку визначення на модельних сигналах дає метод центра ваги, решта методів дають похибку, яка не перевищує $\sim 0,1$ величини розміру пікселя, що в кутовій мірі для високоточної зенітної камери [3] з $f=1000$ mm та $D=70$ mm не буде перевищувати $0,1''$.

Висновки. Перехід від візуальних до оптико-електронних методів спостережень є перспективним, що дає змогу підвищити рівень автоматизації та сприяє вдосконаленню відомих і розробленню нових методів астрономо-геодезичних спостережень. Метод із використанням на базі МПВ завдяки конструктивним особливостям апаратури дає можливість підвищити точність вимірювань.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hirt C., Burki B. (2002). The Digital Zenith Camera - A New High-Precision and Economic Astrogeodetic Observation System for Real-Time Measurement of Deflections of the Vertical/e/Hirt. *Proceed. of the 3rd Meeting of the International Gravity and Geoid Commission of the International Association of Geodesy, Thessaloniki* (ed. I. Tziavos): 161-166.
2. Брагин А.А. Исследование способов определения координат центра изображения точечного источника излучения /А. А. Брагин // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 5. – С. 73-80.
3. Деклараційний патент на винахід UA 63575 А, МКИ G02B17/00. Пристрій для спостереження зірок в зеніті / Боровий В.О., Бурачек В.Г., Гончаренко О.С., Карпінський Ю.О (Україна).-№ 2003054111; заявл.06.05.2003; опубл.- 15.01.2004, Бюл. № 1.

Надійшла до редакції

27.05.2013

УДК 528.022

А.В. Зуска

ВИЗНАЧЕННЯ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

На підставі геодезичного моніторингу встановлено, що нерівномірно розподілені по площі вектори зміщень зсувних точок у просторі і геометричні параметри гідрогеологічної будови схилу в цих точках представляють кінематичну модель зсувного процесу, зображення якої в ізолініях дає змогу визначати зсувонебезпечні ділянки, інтенсивність та напрямок зміщень.

Ключові слова: геодезичний моніторинг, зсувні процеси, зсувонебезпечні ділянки, параметри зміщень, геометричні параметри будови схилів, кінематична модель зсувного процесу.

Вступ. У результаті впливу чинників природно-техногенного характеру відбувається активізація зсувних процесів на територіях значної кількості міст України. Це пояснюється їх геологічною будовою та геоморфологічними умовами, що

потребують поглибленого вивчення. Освоєння таких земель вимагає складної інженерної підготовки і значних капітальних вкладень. У процесі використання земель з несприятливими природними умовами для розбудови міст потрібно не забувати навіть про ті зсуви, що «затухли», але можуть прийти в рух у разі порушення їх природної стабільності. Зважаючи на значну вартість виконання протизсувних заходів, у проектуванні будівництва слід уникати розміщення будівель на зсувних землях. Для цього спеціалістами в процесі інженерно-геологічних вишукувань повинна бути встановлена лінія, яка б обмежувала наближення забудови до зсувів.

Постановка проблеми. Останнім часом проблема використання для суспільних потреб непридатних і порушених земель набирає все більшої ваги. У більшості країн через обмеженість придатних для заселення земель ця проблема вже давно стала актуальною. Серед земель із несприятливими умовами значний відсоток становлять землі яружно-балкової системи, яка порушує компактність забудови населеного пункту. Одним із основних завдань комплексної програми протизсувних заходів на 2005-2014 роки є підвищення ефективності протизсувних заходів, удосконалення системи моніторингу зсувів та інженерно-геологічне вивчення стійкості зсувонебезпечних територій [1]. Зокрема, у місті Дніпропетровську, побудованому на пагорбах-вододілах, складених лесовими породами, що оголюються на схилах більшості балок і яруг, немає належного інженерного захисту. За наявності балок в центральній частині міста, де кожна ділянка землі має велику цінність, з метою запобігання виникненню зсувів може бути виправданим застосування сучасного інструментального моніторингу цих земель та виконання обґрунтованих протизсувних заходів. Для належного виконання цих заходів треба, по-перше, визначити або уточнити межі та інженерно-геологічні умови зсувонебезпечних ділянок схилів, по-друге – відповідно до цільового призначення таких територій запровадити систему моніторингу для визначення гідрогеологічної будови, геоморфологічних умов та стану стійкості схилу.

Залежно від того, наскільки досконало досліджено зсуви в регіоні, наскільки правильно встановлені фактори, що спричинюють їх формування, визначають інженерні заходи, що могли б локалізувати або усунути руйнівну дію зсувів. Недостатньо повний моніторинг часто призводить або до неефективності запроєктованих і здійснених протизсувних заходів, або до значного їх подорожчання. Тому, застосовуючи систему моніторингу, велику увагу треба приділяти вивченню територій, схильних до виникнення на них зсувних процесів, зокрема давніх зсувів, які перебувають у стані спокою, визначенню меж зсувонебезпечних ділянок.

Аналіз останніх публікацій. Системи моніторингу земель створюють для своєчасного надання органам державного управління та науково-виробничим організаціям інформації про стан земної поверхні. Питання зсувних процесів, що відбуваються як у великих містах, так і в місцях відкритої розробки родовищ, висвітлено в багатьох дослідженнях розвитку цих процесів і методів їх прогнозування. Тільки завдяки характеристиці сучасного стану стабільності схилу і передбачаючи його майбутні зміни, можна прогнозувати виникнення зсуву. Відомо більш ніж 300 методів й прийомів розрахунку стабільності природних і техногенних зсувів. Суттєвий внесок у вивчення зсувів та методів їх прогнозування зробили вчені П.Й. Брайт, О.Г. Григоренко, К.А. Гулакян, Г.С. Золотарьов, Є.П. Ємельянова, І.Е. Келль, В.В. Кюнтцель, М.М. Маслов, Ю.М. Ніколашин, Г.І. Тер-Степанян, Г.М. Шахунянц, О.І. Шеко та ін.

За допомогою розроблених методів розрахунків стійкості природних схилів балок та уступів кар'єрів зсувні процеси прогнозують за даними геологічних розрізів, виконаних в одній або декількох площинах масиву, що зрушується. При цьому не беруть до уваги одночасний вплив таких факторів, як геометричні параметри інженерно-геологічної будови схилу, кінематика схилу в просторі протягом визначеного часу. Взаємозв'язок може бути виявлений за допомогою одночасного використання параметрів зсувного процесу та геометричних параметрів будови схилу, що являють собою кінематичну модель зсувного процесу, виконану шляхом геометризації. Однак, як свідчить аналіз публікацій, дослідження стосуються геометризації геотехнічних умов освоєння родовищ [2; 3], а методи геометризації моделей і прогнозування зсувних процесів досі не розроблені.

Виклад основного матеріалу. До найбільш раціональних спостережень за станом схилів та споруд на них належить геодезичний моніторинг, який складається із систематичних інструментальних вимірювань на місцевості. Для призупинення активізації зсувних процесів в Дніпропетровську виконано і далі виконується ряд інженерних заходів для захисту забудованих схилів від зсувів, зокрема, закріплення терасуванням й дренавальними спорудами схилів балок Аптекарської, Червоноповстанської, Тунельної, підпірними спорудами схилів балок та пагорбів, зокрема балки Євпаторійської. Але більшість цих заходів виконано після виникнення зсуву, без детального вивчення стану схилу і причин, які спровокували його рух. У пропонованій статті наведено результати геодезичного моніторингу стану схилу й ефективності протизсувних заходів у вигляді підпірної стіни та встановлення на цій підставі меж ділянок, що опинилися у сувонебезпечній зоні на прикладі схилу балки Євпаторійської.

На підставі спостережень з'ясовано, що нерівномірно розподілені по площі вектори зміщень точок зсувного масиву в просторі і геометричні параметри геологічної будови являють собою кінематичну модель зсувного процесу, зображення якої в ізолініях дає змогу визначати місця інтенсивного розвитку і напрямку руху зсуву.

Геологічна будова схилів балок правобережної частини Дніпропетровська представлена переважно лесовими породами. Лесові види порід вирізняються певним складом і характерною схильністю до різкого стиснення внаслідок замочування водою. Стиснення лесових порід зумовлює значне осідання будинків й споруд. Геологічний розріз схилу балки Євпаторійської складений лесами і лесовими суглинками, перекритими з поверхні насипними і ґрунтово-рослинними породами з прошарками глини, для якої властивий високий ступінь пластичності й утиснення через замочування (рис.1).

На схилі балки Євпаторійської після введення в експлуатацію житлового масиву «Сокіл-2» почали деформуватися й руйнуватись будинки індивідуальної забудови, які на теперішній час майже всі знесені. Це свідчить про те, що під час проектування не здійснено моніторингу стану цього масиву, не розраховані параметри найменшого віддалення лінії забудови від брівки схилу. Такі приклади в місті не поодинокі. Багато відселених житлових висотних та приватних будинків в центральній частині міста на схилах балок Аптекарської, Червоноповстанської, деформованих з утворенням тріщин, перекосів і просідань. Цей процес не призупинився, він далі розвивається, виводячи із експлуатації все нові житлові будинки. Цього можна було б уникнути, якби на таких

ділянках з несприйнятливими умовами від часу забудови велись систематичні спостереження – інструментальний геодезичний й гідрогеологічний моніторинг.

Достовірність інформації геодезичного моніторингу залежить не тільки від точності вимірювань і приладів, які застосовують, а й від місця закладення пунктів станції спостереження [4, 5]. При цьому беруть до уваги форму та умови залягання інженерно-геологічних шарів будови схилу.

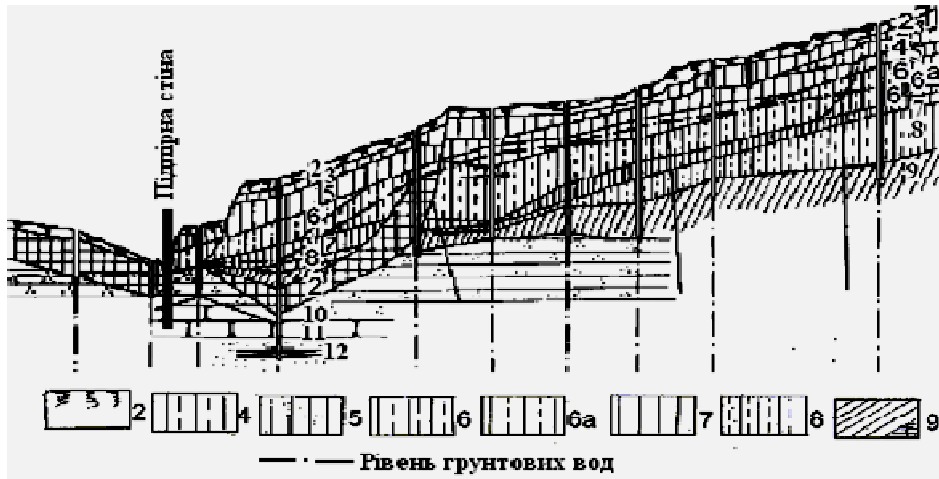


Рис.1. Схема геологічного розрізу схилу балки Євпаторійської:

2 – ґрунтово-рослинний суглинок; 4 – лес жовтий макропористий, твердої консистенції; 5 – суглинок лесовий, буровато-жовтий, макропористий, жорсткої консистенції; 6 – суглинок лесовий буровато-жовтий, пластичної консистенції; 6а – лес палево-жовтий, макропористий; 7 – суглинок лесовий, макропористий; 8 – лес світло-жовтий, пластичний; 9 – суглинок червоно-бурий, слабомакропористий, твердої консистенції

Для виконання геодезичних спостережень на ділянці схилу балки Євпаторійської пункти були закладені на вододілі житлового багатоповерхового масиву "Сокіл-2", на схилі, де розміщено житлові одноповерхові будинки, та безпосередньо на підпірній стіні в зоні активізації зсувних зміщень та за її межею.

Відповідно до наведених умов пункти станції спостереження на ділянці "Сокіл" схилу балки Євпаторійської були поділені на три групи. Перша група – це пункти полігонометрії (31–47) на забудованій території вододілу, друга – ґрунтові марки профільних ліній (102–149) у верхній частині й на самому схилі, укріпленому інженерною протизсувною спорудою у вигляді підпірної стіни; третя група – ґрунтові марки (150–164) за межею зсувного процесу, пункти мікротріангуляції (27–30) на підпірній стіні (рис.2).

Друга частина пунктів мікротріангуляції (16; 26) була закладена на правому боці схилу балки, який у той час був у стані спокою.

Типізація кінематичних характеристик пунктів, нерівномірно розподілених по площі схилу балки Євпаторійської, виконана на основі форми та умов залягання порід, коефіцієнту забудови, довжини водоносних комунікаційних систем тощо. На підставі цього виявлено взаємозв'язок між геометричними параметрами будови схилу і параметрами зсувного процесу (табл. 1). Наприклад, якщо крутизна схилу не перевищує 7° , кут нахилу покрівлі водотривкого шару близько 5° , а глибина водоносного горизонту в межах 10 м, то середня швидкість горизонтальних зміщень зсувного тіла може сягнути понад 8 мм за місяць, а вертикальних – 2 мм.

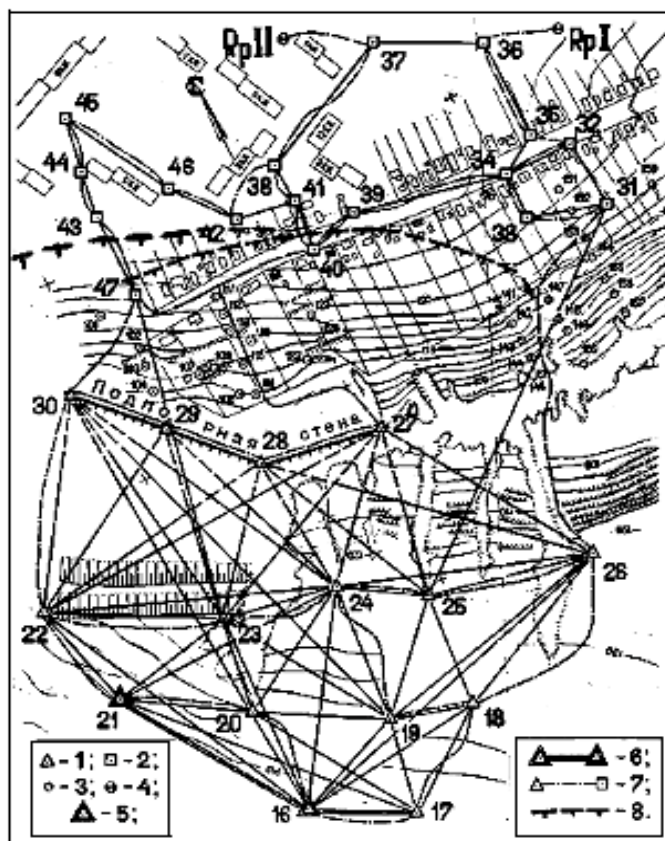


Рис. 2. Схема станції спостереження на ділянці схилу балки Євпаторійської:
 1 – пункт мікротріангуляції; 2 – пункт полігонометрії; 3 – ґрунтова марка;
 4 – ґрунтовий репер; 5 – вихідний пункт планової мережі мікротріангуляції;
 6 – базисна сторона; 7 – нівелірний хід; 8 – межа можливого розвитку зсуву

Таблиця 1

Взаємозв’язок геометричних параметрів будови схилу, параметрів зсувного процесу на прикладі схилу балки Євпаторійської

№ пор.	Розміщення пунктів спостережень	Коефіцієнт забудови схилу	Довжина схилу, м	Висота схилу, м	Крутизна схилу	Кут нахилу покрівлі водотривкого шару, град.	Середня потужність порід до водотривкого шару, м	Середня глибина водоносного горизонту, м	Середня швидкість горизонтальних зміщень, мм/міс	Середня швидкість вертикальних зміщень, мм/міс.
1	На вододілі (перша група)	0,6	85,1	6,3	4,2 ⁰	0,4	18,5	14	2,0	0,4
2	У верхній частині схилу (друга група)	0,6	108,1	12,1	6,4	4,6	20,5	13,5	4,4	1,7
3	На схилі (друга група)	0,1	98,1	11,3	6,5	4,6	17,5	9,5	8,6	1,6

Не менш важливим принципом підходу під час моніторингу є принцип наочності і доступності результатів дослідження земель для споживача. Геометризація кінематичних характеристик пунктів, нерівномірно розподілених по площі, і параметрів геометричної будови товщі схилу методом ізоліній дає змогу дослідити характер зміщень, розподіл їх швидкості та ізопотужності ґрунтових мас, що зміщуються.

Геодезичний моніторинг ділянки на схилі балки Євпаторійської засвідчив деякі особливості зсувного процесу. За результатами систематичних інструментальних спостережень визначено параметри зсувного процесу за певних геологічних і геоморфологічних умов. З аналізу цих параметрів випливає, що величина горизонтальних і вертикальних зміщень пунктів на підпірній стіні мають нерівномірний характер. Зміщення пунктів на пагорбі-вододілі не перевищують середньої квадратичної похибки їх положення, визначеного із зрівнювання, за винятком пунктів на брівці схилу. Максимальні вертикальні зміщення цих пунктів протягом періоду спостережень становить 253 мм, мінімальні – 57 мм [6]. Це свідчить про нерівномірну деформацію схилу балки Євпаторійської (рис.3).

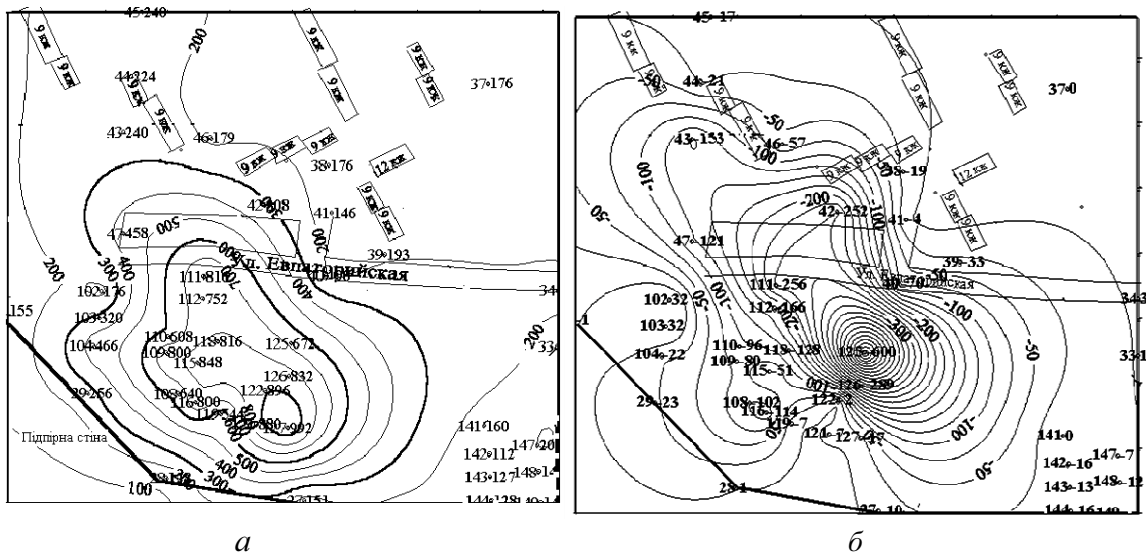


Рис.3. План розподілу сумарних зміщень пунктів в ізолініях на схилі балки Євпаторійської:
а – горизонтальні; *б* – вертикальні

Зміщення пунктів на укріпленому схилі свідчать про те, що деяка частина зсувного тіла наповзає на нижчі шари і згодом може сягнути підпірної стіни, що є досить небезпечним для схилу, який вона втримує. Можна дійти висновку: маса порід, які сповзають, збільшується, захоплюючи при цьому раніше не зачеплену зсувом площу укріплювального схилу, змінюючи свій напрямок поза межі укріплення (рис.4).

Дослідження зсувонебезпечних ділянок за допомогою геометризації в ізолініях дає можливість узагальнити отримані дані геодезичного моніторингу зсувного процесу в просторі і часі в наочному зображенні. Для цього параметри зсувного процесу і інженерно-геологічної будови схилу представляють графічними зображеннями у вигляді сумісних динамічних і гіпсометричних планів [6]. За допомогою таких планів можна виявити межі зсувонебезпечних територій, визначити напрямок і швидкість руху та спрогнозувати подальшу перевагу зсувного процесу (рис. 5).

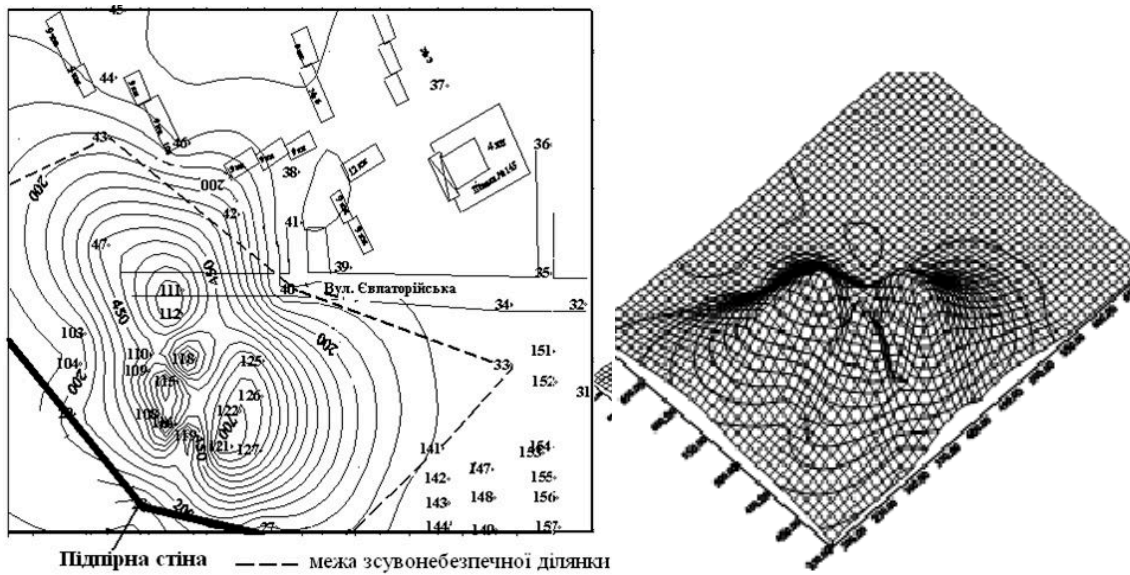


Рис. 4. План розподілу змін об'єму ґрунтових мас, що зміщуються

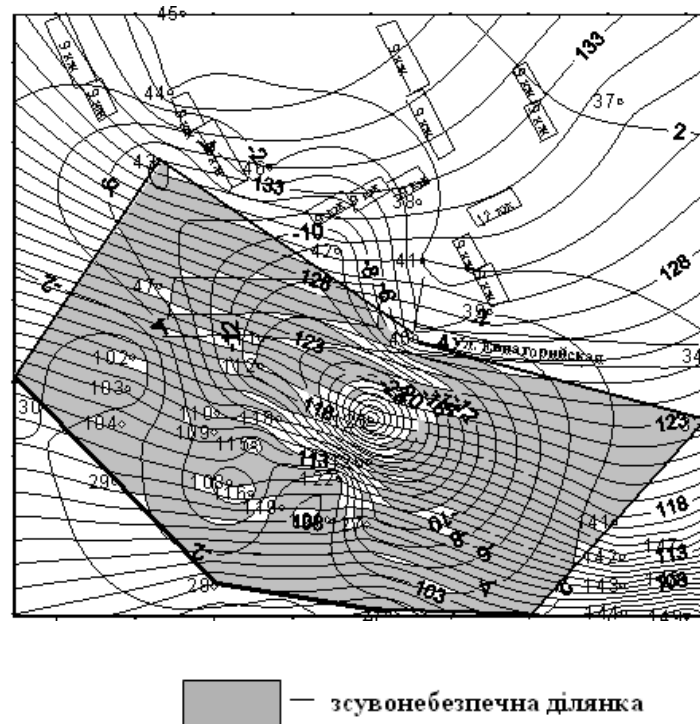


Рис. 5. Схема зсувонебезпечної ділянки на схилі балки Євпаторійської

За результатами геодезичних спостережень виявлено взаємозв'язок між кінематичними характеристиками зміщень і геометрією будови схилу. Наприклад, швидкість горизонтальних зміщень пунктів на вододілі, лінійно залежить від кутів нахилу водотривкого шару, ($r_{xy} = 0,91$), рельєфу ($r_{xy} = 0,82$) та напрямку (дирекційних кутів) закладення водотривкого шару ($r_{xy}=0,62$). Швидкість вертикальних зміщень цих пунктів залежить тільки від кутів нахилу водотривкого шару ($r_{xy} = 0,86$) і напрямку його закладення ($r_{xy} = 0,59$), меншою мірою від кутів нахилу «дзеркала» водоносного горизонту, а пункти, закладені на схилі, характеризуються параболічною залежністю ($r_{xy} = 0,85$) від глибини водоносного горизонту (рис. 6).

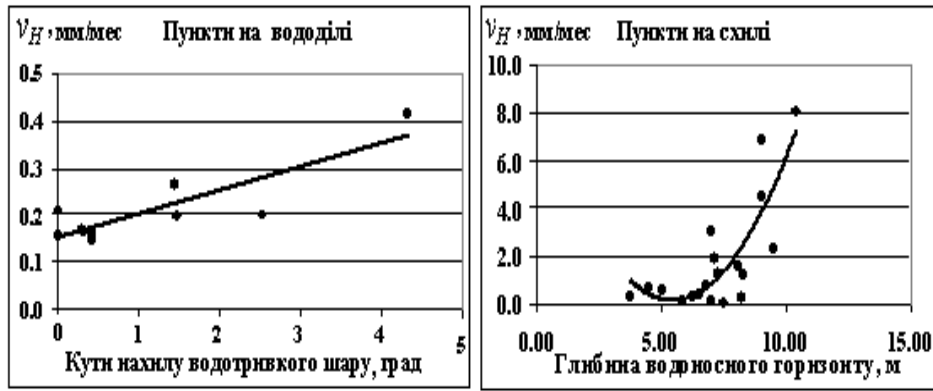


Рис.6. Залежність швидкості осідання пунктів від кутів нахилу поверхні водотривкого шару і глибини водоносного горизонту

У виконанні геодезичного моніторингу в сучасних умовах основною вимогою є отримання інформації за мінімальних контрольованих параметрів.

На підставі багатофакторного аналізу геодезичних спостережень виявлено математичну залежність між динамікою зміщень пунктів, нерівномірно розподілених по площі і геометричних параметрах інженерно-геологічної будови схилу. Для прогнозу очікуваної середньої швидкості горизонтальних і вертикальних зміщень відповідно до кутових і лінійних показників геометрії зсувного схилу розроблені математичні моделі. Очікувані середні швидкості зміщення пунктів на вододілі визначають за виявленими залежностями:

$$\left. \begin{aligned} \vartheta_{(S)cp} &= 0,822 + 0,133\delta_{(вш)} - 0,009\delta_{(вг)} - 0,002\beta_{(p)} - 0,001\alpha_{(вш)} + 0,001\alpha_{(вг)} \\ \vartheta_{(S)cp} &= - 9036 + 0,380P_{(зм)} - 2163g_{(вг)} - 0,021P_{(вг)} + 0,78w_{(пв)} + 24383I_{(a)} \\ \vartheta_{(H)cp} &= - 1,248 + 0,345\delta_{(вш)} + 0,254\delta_{(вг)} - 0,189\beta_{(p)} + 0,008\alpha_{(вш)} + 0,003\alpha_{(вг)} \\ \vartheta_{(H)cp} &= - 10892 + 0,360P_{(зм)} + 1,478 g_{(вг)} - 0,195P_{(вг)} + 0,964w_{(пв)} + 1373I_{(a)} \end{aligned} \right\}$$

де $\delta_{(вш)}$, $\delta_{(вг)}$, $\beta_{(p)}$, $\alpha_{(вш)}$, $\alpha_{(вг)}$ – кути нахилу водотривкого шару, водоносного горизонту і рельєфу, дирекційні кути падіння водотривкого шару і водоносного горизонту;

$P_{(зм)}$ – потужність зсувного масиву до поверхні ковзання; $g_{(вг)}$ – глибина водоносного горизонту; $P_{(вг)}$ – потужність водоносного горизонту; $w_{(пв)}$ – рівень підземних вод; $I_{(a)}$ – індекс обводнення відповідно.

Дослідженнями з'ясовано, що швидкість горизонтальних зміщень пунктів розташованих безпосередньо на схилі, залежить від кутових показників геометричних параметрів будови схилу на 23,2% і на 16,0%, від лінійних. Швидкість вертикальних зміщень залежить на 49,4% від кутових і на 71,0% – від лінійних параметрів геометрії схилу.

Методика геодезичного моніторингу за станом схилу та ефективністю протизсувних заходів на прикладі балки Євпаторійської може бути застосована на інших зсувонебезпечних схилах балок з аналогічною формою й умовами залягання порід.

Висновки. 1. Застосування систематичного інструментального геодезичного моніторингу дає можливість визначати параметри зсувних процесів для кожної ділянки схилу і своєчасно виявляти зміни положення поверхні схилу та будинків й споруд, розміщених на ньому. 2. На підставі параметрів зміщень слід правильно виявляти зсувонебезпечні території, визначити їх межі та ухвалювати рішення щодо відведення цих ділянок для будівництва, вибору матеріалу і конструкції під час проектування протизсувних заходів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Постанова* кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 р. № 1256 “Комплексна програма протизсувних заходів на 2005-2014 роки”.
2. *Брайт П.И.* Геодезические методы измерения смещений на оползнях /П.И. Брайт. – М.: Недра, 1965. – 113 с.
3. *Григоренко А.Г.* Измерение смещений оползней /А.Г. Григоренко. – М.: Недра, 1988. – 142 с.
4. *Букринский В.А.* Геометризация месторождений полезных ископаемых / В.А. Букринский, Ю.В. Коробченко. – М.: Недра, 1977. – 526 с.
5. *Гордеев В. А.* Основы геометризации геотехнических условий разработки на карьерах: автореф. на здобуття наук. ступеня дис. д-ра техн. наук. спец.: 05.24.01. /В.А. Гордеев. Спб. 1994. – 32 с.
6. *Зуска А. В.* Вплив геометрії параметрів масиву на зсувні процеси в м. Дніпропетровську /А.В. Зуска //Вісник Житомирського технологічного університету. – Житомир, 2006. – Вип. 1. – № 36. – С.137–146.

Надійшла до редакції

15.01.2013

УДК 528.2

Я.М. Костецька

Ю.Р. Пішко

І.М. Торопа

ВПЛИВ КУТА ВІДСІЧКИ НА ТОЧНІСТЬ ПОЛОЖЕННЯ ПУНКТІВ В МЕРЕЖАХ, СТВОРЮВАНИХ З ДОПОМОГОЮ СИСТЕМ GPS I GLONASS

Розглянуто вплив кута відсічки на точність положення пунктів мереж, отриманих за спостереженнями супутників одночасно систем GPS і GLONASS, які є практично таким самим, як і в результаті спостережень супутників тільки системи GPS.

Ключові слова: кут відсічки, супутникові системи GPS і GLONASS

Постановка проблеми. Останніми роками відбулися суттєві зміни у застосуванні глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС). Системи стали