

Monitoring of landslide processes in the region of the Botanical garden of BAC, Sofia

Tsenko Tsenkov, Ivan Georgiev, Lyubka Pashova, Ivaylo Radev, Dimitar Georgiev

Central Laboratory of Geodesy, Bulgarian Academy of Sciences, "Acad. G. Bonchev" str., bl. 1, 1113 Sofia, Bulgaria;
E-mail: zenkov@bas.bg

Key words: geodynamics, landslide processes, GPS, precise levelling, gravimetry

Abstract. The present paper considers the results from the geodetic monitoring of the landslide processes in the region of the Botanical Garden of the Bulgarian Academy of Sciences (BAS), Sofia. A brief review of obtained results from the precise levelling

and gravimetric measurements carried out during the period 2003-2005 is done. The main conclusion is that the slope of the Botanical Garden is under the condition close to the boundary equilibrium.

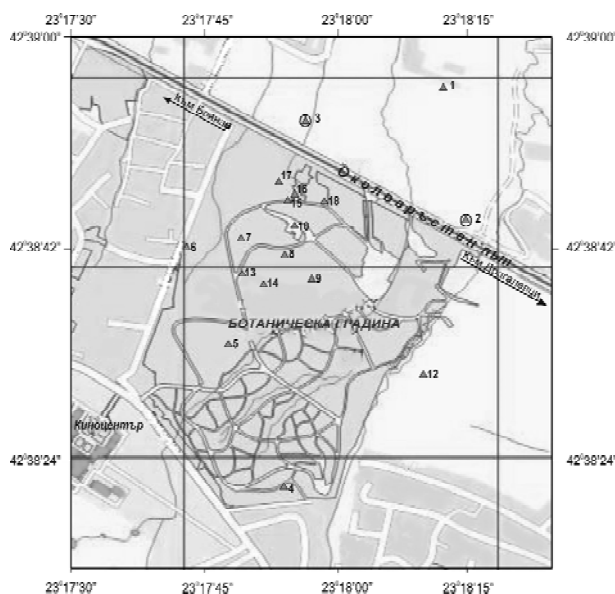
Мониторинг на свлачищните процеси в района на Ботаническата градина на БАН, София

Ценко Ценков, Иван Георгиев, Любка Пашова, Ивайло Радев, Димитър Георгиев

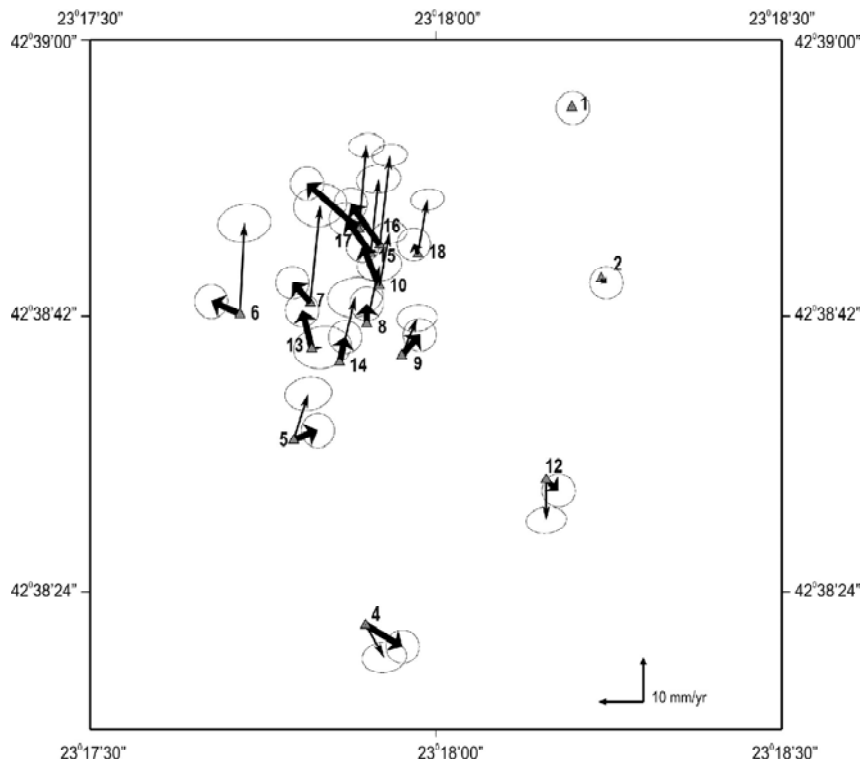
Кратки сведения за обекта и проведените геодезически изследвания

Ботаническата градина на БАН е разположена на площ около 900 дка в подножието на Витоша. Специфични физико-географски условия, както и техногенни и антропогенни фактори оказват влияние за възникването и развитието на свлачищни процеси в този район (Загорчев и др., 1991; Иванов, 2003). Активизиране на тези процеси е установено през 1982 г., 1986 г. и през 2002 г.

За изследване на свлачищните процеси през 1988 г. колектив от Лабораторията по геотехника на БАН изгражда изследователска геодезическа мрежа от 17 точки (Архив на Геоложкия институт на БАН, 1988). Проведени са два цикъла ъглово-дължинни измервания и не са установени значими премествания (Ташев, 1992). През 2003 г. мрежата е преизмерена и резултатите са публикувани в (Радев, 2003; Tsenkov, 2003; Tsenkov et al., 2003). Анализът на данни от два цикъла GPS измервания на 15 точки от мрежата и сравнението на установените премествания с определените от класическите ъглово-дължинни измервания (фиг. 2) са представени в Tsenkov et al., 2006.



Фиг. 1. Схема на геодезическата мрежа в района на Ботаническата градина на БАН



Фиг. 2. Горизонтални скорости на точките от геодезическата мрежа в Ботаническата градина на БАН, определени от класически (дебели стрелки) и GPS (тънки стрелки) измервания с 3σ елипси на грешките

В настоящата работа се представят основно резултатите от проведените за периода 2003—2005 г. прецизни нивелачни и гравиметрични измервания и техният анализ.

Нивелачни измервания. Резултати и анализ

Свързването на геодезическата мрежа, изградена в района на Ботаническата градина, с репер от Държавната нивелачна мрежа е извършено чрез измерването на нивелачния ход Наблюдателен стълб № 18 — НР 57. Същият ход е измерен през 2004 и 2005 г. На Наблюдателен стълб № 18 няма нивелачен репер, поради което за такъв е използвана металната плоча на върха на стълба. Нивелачното трасе преминава по околновръстното шосе на София.

Нивелачните измервания са извършени съгласно Инструкцията за нивелация първи и втори клас (1980). Използвани са прецизен нивелир Ni 007 и компарирани 3-метрови инварни лати. Максималната дължина на визурата е 25 m при 32 стационарирования. Сумата от станционните грешки е +12 mm. Средната стойност на станционната грешка по абсолютна стойност е 0.2 mm, като максимално допустимата стойност е ± 0.5 mm. Положителните стойности на

грешката са 16 броя, отрицателните — 9, а 6 броя са нула.

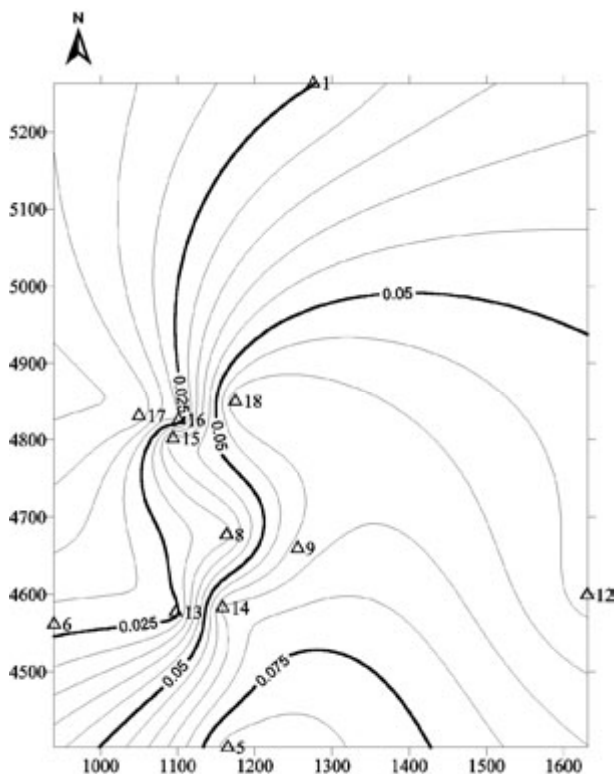
Измереното превишение Наблюдателен стълб № 18 — НР 57 е $h = +3.4937$ m, а дължината на нивелачното разстояние е $D = 1.296$ km. Разликата между измерените превишения НР 57 — № 18 (2005 г.) и НР 57 — № 18 (2006 г.) е 1 mm, при допустима стойност $M_h^{\text{доп}} = \pm 2.34$ mm. Преместването е статистически незначимо. Разликата между измерените превишения НР 57 — № 18 (2004 г.) и НР 57 — № 18 (2005 г.) е 3 mm, при същата допустима стойност. Установеното за периода 2004—2005 г. преместване е статистически значимо. Разликата между измерените превишения НР 57 — № 18 (2003 г.) и НР 57 — № 18 (2006 г.) е 4 mm, която е статистически значима.

Гравиметрични измервания. Резултати и анализ

С цел комплексен анализ на свлачището в района на Ботаническата градина от 2003 г. започват гравиметрични измервания. Те са осъществени през 2003 и 2005 г. като е използван статичен гравиметър *LaCoste & Romberg (LCR) G10* с точност на измерване 0.04 mGal. Измерени са 16 от точките на изследователската геодезическа мрежа, като 3 от тях са изключени, тъй като са

Таблица 1. Изчислени аномалии Буге за точките от геодезическата мрежа

Измерена точка	Аномалия Буге [mGal]		Разлики [mGal]
	δg_b^{2003}	δg_b^{2005}	$\delta g_b^{2005} - \delta g_b^{2003}$
1	-46.478	-46.453	0.025
5	-43.217	-43.135	0.082
6	-44.017	-43.994	0.023
8	-44.385	-44.352	0.033
9	-44.321	-44.259	0.062
12	-44.216	-44.163	0.053
13	-43.940	-43.918	0.022
14	-43.956	-43.890	0.066
15	-44.899	-44.854	0.045
16	-45.003	-44.984	0.019
17	-45.036	-45.030	0.006
18	-45.124	-45.059	0.065



Фиг. 3. Карта на разликите в Буге аномалиите за района на Ботаническата градина на БАН (основно сечение на изолиниите 0.005 mGal)

неподходящи за извършване на този тип измервания. Предвижда се проведените в няколко цикъла гравиметрични измервания да бъдат съвместно анализирани с GPS и ъглово-дължинните измервания.

Избраният метод за измерване е профилен с привързване на гравиметричния полигон с абсолютно определената точка в НИГИФ — № 0036.

Измерванията са обработени по метода на най-малките квадрати чрез параметрично изравнение. Върху измерванията са нанесени приливни корекции. За определяне на нормалната сила на тежестта, както и аномалиите на силата на тежестта, са използвани параметрите на геодезическа референтна система WGS 84. Нормалната сила на тежестта на повърхността на елипсоида γ_0 е определена по формулата на Пицети. Нормалната сила на тежестта над елипсоида в система WGS84 се изчислява по формула, представяща γ_0 като продължение към височината на изследваната точка чрез развитие в Тейлоров ред. За анализ на резултатите се използват аномалии Буге, тъй като при тях е премахнато смущението от топографския слой, който значително променя аномалното поле. Направено е сравнение между епохи 2003 и 2005 г. Резултатите са представени в таблица 1, а на фигура 2 са изобразени разликите на Буге аномалиите от двете епохи.

От направеното сравнение на изчислените аномалии Буге между двете епохи 2003 и 2005 г. е установено увеличаване на силата на тежестта във всички точки от изследователската мрежа. Най-малка стойност е получена за точка 17, а най-голяма — за точка 5. Това увеличаване на силата на тежестта може да бъде обяснено чрез възможно уплътняване на земните маси, които носят със себе си наноси надолу по планинския скат. Получените стойности за разликите в Буге аномалиите са значителни. Резултатите са предварителни и те трябва да се анализират съвместно с данните от GPS и нивелачните измервания.

Заклучение

Основните заключения от анализа на прецизните нивелачни и гравиметрични геодезически измервания за периода 2003—2005 г. са:

— установено е увеличаване на силата на тежестта във всички точки от мрежата, като най-

значимо е в горната северна част на свлачищното тяло, където склоновият наклон е най-голям. Най-малки стойности са получени за южната част, разположена непосредствено над околоръстното шосе. Определените изменения в аномалиите Буге дават основание да се счита, че за изследвания период свлачището е активно;

— разликата между измерените превишения НР 57 — № 18 (2003 г.) и НР 57 — № 18 (2006 г.) е статистически значима.

Проведените геодезически измервания за периода 2003—2005 г. и анализът на резултатите

показват, че е необходимо продължаване и периодично провеждане на комплексни геодезически измервания за следене развитието на свлачищните процеси в района на Ботаническата градина, с цел тяхното ефективно противодействие.

Благодарности. Авторите изказват своята благодарност на Националния фонд „Научни изследвания“ към МОН за финансовата подкрепа по договор НЗ-1208/2002 и на БАН за осъществяване на геодезически мониторинг в района на Ботаническата градина на БАН, гр. София.

Литература

Загорчев, И., Р. Маринова, Д. Чунев. 1991. *Геоложка карта на България, М 1:100 000. Картен лист Перник*. Комитет по геология, София.

Иванов, Пл. 2003. *Инженерно-сейсмогеоложки условия на Софийската котловина*. Автореферат, София, ГИ, БАН, 44 с.

Инструкция за нивелация първи и втори клас. 1980. Комитет по архитектура и благоустройство към Министерски съвет, ГУГКК, 120 стр.

Радев, Ив. 2003. *Геодезически методи и математични модели за изследване на свлачищни процеси*. Дипломна работа, София.

Ташев, Р. Изследване на свлачището в Ботаническата градина на БАН, София. — В: *Монография: Инструментални методи за изследване на опасни геодинамични процеси*. София, БАН, 412—422.

Tsenkov, Ts., I. Georgiev, E. Peneva. 2003. Geodetic Monitoring and Investigation of Landslide Processes. — In: *Collected reports of the national scientific-practical conference "Preventive Activities for Restricting and Reducing the Consequences of Earthquakes and Landslides"*, Sofia, 140—149.

Tsenkov, Ts. 2003. Geodetic Measurements and Investigation of the Landslide in the Region of the Botanical Garden of BAS, Sofia. — In: *Scientific publications presented as reports at the Fifth International Symposium TEHNOMAT & INFOTEL 2003 "Materials, Methods and Technologies"*, Bourgas, vol. IV, p. 1, 172—182.

Tsenkov, Ts., I. Georgiev, L. Pashova, I. Radev. 2006. Comparison of results from classical and GPS measurements in the region of the Botanical Garden of Bulgarian Academy of Sciences, Sofia. — *Geodesy, 19*, (in press).