

## **ИЗСЛЕДВАНЕ НА СКОРОСТИТЕ НА ДЕФОРМАЦИЯ НА СВЛАЧИЩЕТО ПРИ КВ. ОРАНОВО (Г. СИМИТЛИ) ПРЕЗ 2009 ГОДИНА С ПОВТОРНИ GPS ИЗМЕРВАНИЯ**

**Александър Гиков**

*Институт за космически изследвания - Българска академия на науките*  
e-mail: gikov@mail.space.bas.bg

**Ключови думи:** Свлачище, GPS

**Резюме:** *Обект на изследване е свлачище в североизточната част на Симитлийската котловина, активирано през пролетта на 2009 г.. За изучаване на деформациите са поставени 4 репера. Представени са резултатите от четири последователни GPS измервания, проведени през 2009 г. За целия период от 168 дни са регистрирани значителни придвижвания, достигащи до 66,7 m. Средните скорости варират между 13 cm/ден и 40 cm/ден.*

## **VELOCITY INVESTIGATION OF LANDSLIDE NEAR ORANOVO (SIMITLI MUNICIPALITY) USING CONSECUTIVE GPS MEASUREMENTS CARRIED OUT IN 2009**

**Alexander Gikov**

*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences*  
e-mail: gikov@mail.space.bas.bg

**Keywords:** Landslide, GPS

**Abstract:** *The study subject is a landslide in the North-East part of the Simitli Kettle (Strouma River Valley), which was activated in the spring of 2009. Four reference marks were fixed to monitor deformations. The results from four consecutive GPS measurements carried out in 2009 are presented. Throughout the entire period of 168 days, significant shifts were identified reaching up to 66.7 m. Average velocities vary between 13 cm/day and 40 cm/day*

### **Въведение**

Свлачищата са един от основните елементи, формиращи геоложката опасност в България. Тяхното значение е голямо, защото в резултат на тях става разрушаване на различни инженерни съоръжения, а в най-тежките случаи се стига и до човешки жертви. Обикновено движенията в свлачищата са бавни, но понякога се стига и до внезапни раздвижвания и именно тогава се случват големите трагедии. Затова е важно да се знаят параметрите на тези движения, още повече, у нас подобни данни могат да се намерят главно за свлачищата северно то Варна [1, 2].

**Обект на изследване** е свлачището над квартал Ораново (г. Симитли), което се активира през пролетта на 2009 г. **Цел** на доклада е да се представят получените резултати от извършените четири GPS измервания на определени репери, разположени в свлачищното тяло.

### **Характеристика на свлачището**

Симитлийската котловина се отличава с висока степен на геоложки риск. Освен че в района се намира най-сериозния сеизмичен център в България, по периферията на грабена са формирани редица свлачища, обект на други изследвания [3].

Свлачището е развито по южния склон на един от доловете, идващи от изток – нископланинската част на Рила. То има продълговата форма с дължина от главния откос до

края на свлачищния език около 400 m. Ширината му е между 80 m и 140 m. Дългата ос е с направление ССИ-ЮЮЗ. Площта му е около 35 ha в план. Наклонът на инициалната повърхност е от около 25° в горната част на склона до 30° в долната му част. Цялото свлачище е формирано в седименти с неогенска възраст – меот [4]. В литоложко отношение това са пясъчници и конгломерати [4]. Има също и глинести слоеве, които се явяват предпоставка за формиране на хлъзгателна повърхнина.

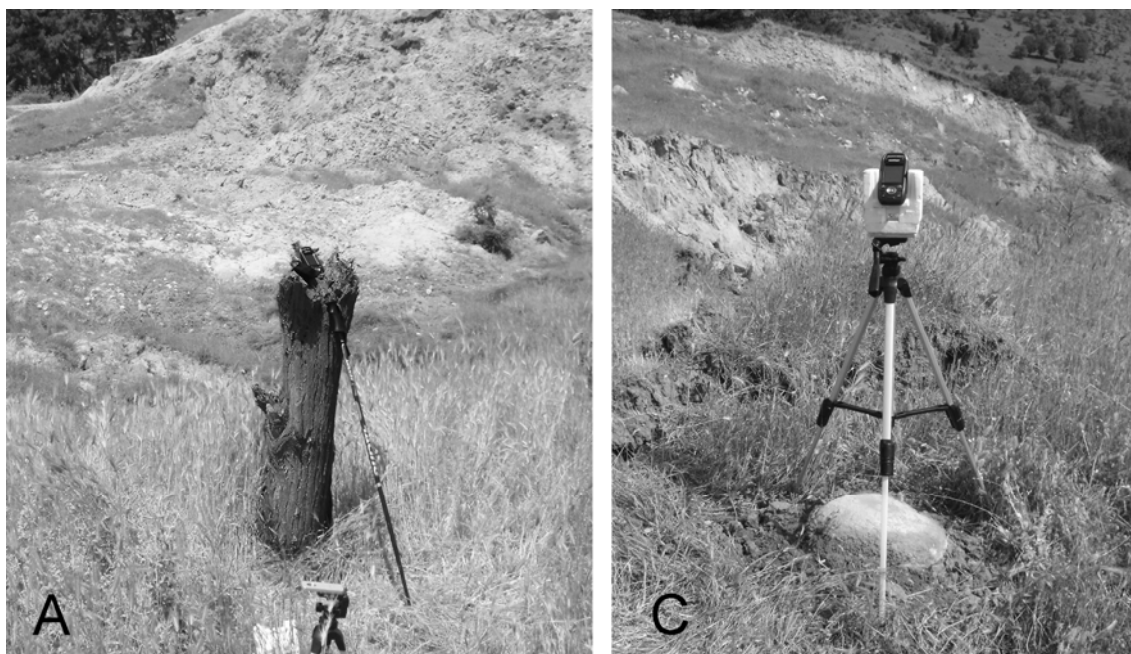
По форма свлачището може да се причисли към циркусния тип. Главният откос в западната си част е висок около 20 m, а в източната около 30 m. Под него е оформена първата свлачищна тераса. Поради наличието на обратни на основния склон наклони са образувани две езерца. По-голямото има приблизителни размери 10/20 m. По-надолу следва постепено, не стръмен преход към втората свлачищна тераса. Тя е по-ясно оформена в източната част на свлачището, където е образувано още едно малко по-голямо и трайно езеро с размери 30/12 m. От тук надолу наклонът е по-голям и се наблюдава значително раздробяване на първоначално по-едрите свлачищни блокове. Материалът до толкова се раздробява, че в долната част преминава в консистентна маса, която формира свлачищен език. Той е достигнал до дъното на дола и там е образувал преграден вал с височина около 5 m. В резултат на това при първото посещение в края на май 2009 г. там се беше образувало временно езерце, което по-късно през лятото се осуши.

Значителното натрупване на свлачищни маси (ноември 2009 г.) в долната част на свлачището доведе до образуването на свлачищен вал и продълговато езерце (25/5 m) пред него. Поради по-малкия наклон в тази част може да се приеме, че тук е формирана третата свлачищна тераса.

На около половин километър на север се забелязват откосите на още едно, по-старо свлачище. То се вижда и на архивните аероснимки от 1988 г., с които разполагаме в секция „Дистанционни изследвания на Земята“ при ИКИ – БАН. В непосредствена близост в същата посока се намира подземна въглищна мина. От разговорите с местни жители стана ясно, че те намират пряка връзка между подземните разработки и повърхностното свлачище.

#### Измерване на скоростите на придвижване

Първото посещение на свлачището е направено в края на месец май 2009 г. Въз основа на предположението, че свлачищният процес не е приключил се взе решение да се организира наблюдение чрез повторни измервания на репери в свлачищното тяло. За целта при следващото посещение на 6 юни са подбрани четири обекта, които са временно укрепени и маркирани с боя.



Фиг.1. Репери **A** и **C** – снимка 6 юни 2009 г

Репер „**A**“ представлява дънер от акация с височина около 1,2 m. В горната му част има разклонение, което е много удобно за поставяне на GPS приемникът. Това място е маркирано със сигнален спрей в ярко червено. В последствие се установи, че този репер е най-сполучливият за това свлачище. Причината е, че благодарение на запазените си корени,

дънерът се запазва на повърхността и вероятността да бъде погълнат от свлачищната маса е малка.

За репер „В” е използван бял гранитен камък с овална форма и размер около 30 cm , който беше поставен на ръба на малка свлачищна тераса и маркиран с червен спрей. Очертан е страничен кант в надземната му част за да може да се забелязва от далеч. Върху темето на камъка е начертана кръгла точка с диаметър около 5 cm, която фактически е точката за измерване. За фиксирането е изкопана дупка и пръстта отстрани е трамбована. Цимент и пясък не са използвани. Приложението на такъв тип репери е по-подходящо за по-бавно развиващи се свлачища. Недостатъкът им е, че поради малката си площ камъкът е възможно да пропадне в някоя свлачищна цепнатина и да бъде затрупан. По-късно откриването му е невъзможно.

За репер „С” също е използван камък. Размерът е малко по-голям (50 cm) обозначен е по-същия начин с боя. Репер „D” е установен в клоните на единично дърво на характерно разклонение. Място е маркирано. Поставянето на този репер на това място по-късно се отчете като грешка. Причината е, че при движението си надолу, заедно с останалата част от свлачището, дървото се наклони. Така разликите между две GPS измервания отчитат освен общото движение на свлачището, също и вектора на преместване, дължащ се на накланянето на дървото.

Разположението на реперите **A**, **B** и **D** е направено така, че при началното измерване те бяха подредени приблизително в една линия, перпендикулярна на дългата ос на свлачището и отстояща на около 150 m от главния свлачищен откос. Целта е да се регистрира дали в някои части движенията са по-бързи или свлачищното тяло се придвижва равномерно надолу. Възможно е в периферията при бордовете придвижванията да са по-малки от тези в централната част на свлачището. Репер **C** се намира 50 m по-нагоре. Местоположението му е определено с цел да се провери дали в горната част движенията са по-бавни или сходни с по-ниско разположените части. Първоначалният план беше да се поставят още репери, но се оказа, че технологичното време не стига, за да се направят измервания на повече пунктове с тази техника, която беше на разположение.

Измерванията са проведени в четири дати, между които интервалът не е еднакъв: 6 юни, 17 юли, 21 август и 20 ноември (Табл.1). Беше планирана още една дата – 2 октомври, но времето не позволи провеждането на измервания.

Измерванията се осъществиха с GPS приемника на секцията – Magellan Mobile Mapper 6. Това е едночестотен апарат, който не е предназначен за високочестотни измервания и изследване на деформации. Обикновено го използваме за засичане на координатите на опорни точки за орторектификация на аеро-космически изображения. Оказа се обаче, че движенията са толкова бързи и значими, че могат категорично да се регистрират с такъв не много прецизен уред. Тъй като точността за измерване на височините (**z**) е малка, в доклада са разгледани само разликите, установени по **x** и по **y**. На всеки един от пунктовете са правени средно по 3 измервания. Целта е да се установи взаимен контрол между отделните измервания. В пункт **D** на 17 юли и 21 август е проведено само по едно измерване. Причината е, че като последен пункт за него често не остава време. А време е необходимо, защото за да може да се натрупат достатъчно сурови данни (Raw Data), които после да се подложат на последваща обработка е нужно измерването да продължи поне 15 минути.

Табл.1. Премествания на наблюдаваните репери по срокове и средни скорости на движения

	дата/период	репер			
		A	B	C	D
максимално разпръскване при измерване (m)	6 юни	0.13	0.30	0.13	0.30
	17 юли	1.10	0.27	0.14	
	21 август	0.25	0.30	0.10	
	20 ноември	0.11		0.09	0.07
премествания по периоди (m)	6 юни -17 юли (41 дни)	12.30	10.50	7.60	11.60
	средно на ден за първия период	0.29	0.25	0.18	0.28
	17 юли-21 август (35 дни)	8.30	8.60	2.60	6.70
	средно на ден за втория период	0.24	0.25	0.07	0.19
	сумарно 6 юни - 21 август	20.60	19.10	10.20	18.30
	21 август - 20 ноември (91 дни)	40.30		11.50	48.40
	средно на ден за третия период	0.44		0.13	0.53
	сумарно 6 юни - 20 ноември (168 дни)	60.90		21.70	66.70
	средно на ден за целия период	0.36		0.13	0.40

Последващата обработка (post processing) на суровите данни се извършва със софтуера Mobile Mapper 6 Office 1.0.1.1. Той ползва данни от референтни перманентни станции в RINEX формат за да коригира суровите данни и подобри точността на измерване. При обработка на данните от свлачището като референтна станция е ползвана Сандански. Тя е най-близката станция (40 km), чиито 30 секундни RINEX корекции се разпространяват безплатно в интернет. Тази перманентна станция е създадена по проекта HemusNet [5] и данните от нея (както и от другите станции в проекта) може да се изтеглят от адрес: <http://www.hemus-net.org/>

Недостатък на софтуера Mobile Mapper 6 Office 1.0.1.1 е, че той позволява при обработката да се ползват данните само от една референтна станция. За да се проверят резултатите, при ползване на друга станция, суровите данни бяха обработени с корекции от станцията SOFI. Тази станция се намира близо до София, между с. Кокаляне и с. Железница и е част от мрежите EUREF и IGS. Данните в RINEX формат могат да бъдат изтеглени от ftp-сървър с адрес: <ftp://igs.bkg.bund.de/IGS/obs/>. Получените разлики в местоположението са незначителни и понеже тя е почти двойно по-далече (76 km), в сравнение със Сандански, за корекция са използване само данните от станция Сандански.

След обработката в софтуера, изходните данни са във вид на ГИС слой от точки във shp формат. Това позволява измерването между положенията на даден репер да се извърши директно в ГИС среда.

Първият наблюдаван период е с интервал между двете измервания 41 дни (табл.1). За това време и четирите репера отбелязват значителни придвижвания. Репер **A** – 12,3 m, репер – **B** 10,5 m, репер – **C** 7,6 m и репер **D** – 11,6 m. Изместванията са големи и се дължат на движенията в свлачището, а не на грешки при измерването. Отклоненията (разпръскването) между отделните измервания на 6 юни на един и същи пункт не са големи. Разстоянието между крайните точки от трите измервания по 15 минути в пункт **A** е само 13 cm. Малко по-големи са тези стойности при репер **B** (30 cm), където има 4 измервания и именно четвъртото измерване е малко по-далеч, но то е по-кратко (10 мин.). При реперите **C** и **D** стойностите са съответно 0,13 m и 0,3 m.

Най-голямото отклонение е получено на 17 юли при пункт **A** – 1,1 m. Причината вероятно отново е в по-краткия срок – 10 минути. Останалите 3 измервания (две от 15 мин. и едно от 20 мин.) в същия пункт показват отклонение само 12 cm. В този смисъл за отчитане на разстоянието между положението на репера на 6 юни и 17 юли е използван центърът между трите по-дълги измервания, а четвъртата точка е игнорирана. На същата дата разпръскването в пунктовете **B** и **C** е съответно 14 и 27 cm. В пункт **D** има само едно измерване.

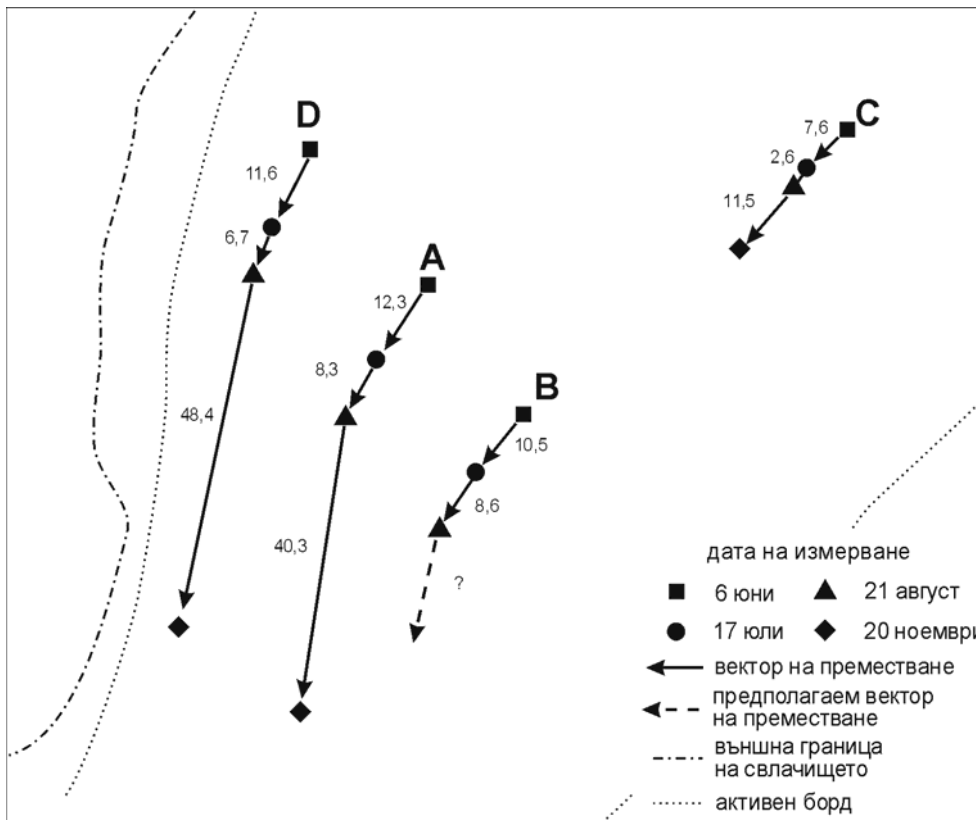
През следващия период (17 юли – 21 август) преместванията са малко по-малки. Трите репера, пресичащи свлачището **A**, **B** и **D** са се преместили 7-8 метра. Репер **C**, който е в по-горната част на свлачището има изместване само 2,6 m. Стойностите на разпръскване при измерванията на 21 август са между 10 и 25 cm.

Вторият период е малко по-къс (с 6 дни), но също значение има, че през него валежите бяха по-малко, което обяснява по-слабите движения. В най-близката климатична станция през месец юни сумата на валежите е била 106 mm, което е близо двойно повече (180%) от нормата за месеца [6]. Изчислените средни стойности на дневните премествания за двата първите два периода също показват по-големи стойности за първия период. Само репер **B** има една и съща скорост от 25 cm на ден и в двата периода. Най-голяма е разликата между двата периода в пункт **C** – 18 cm/ден за първия и 7 cm/ден за втория.

Общо за двата летни периода от 6 юни до 21 август трите репера в средната част на свлачището са се преместили с 18-20 метра, докато репер **C**, който е разположен в горната част, се е преместил 10,2 m.

Както беше посочено, беше планирано измерване в началото на октомври, така че да се запази интервалът от около 40 дни, но то беше провалено. Затова следващото измерване е след 91 дни. През този период са настъпили големи промени в свлачището. В резултат при посещението на 20 ноември репер **B** не беше открит. Той е бил затрупан от свличащите се маси. При измерването на другите два репера се установи, че има неочаквано големи измествания. Репер **A** се намира на 40,3 m от мястото си на 21 август, а репер **D** на цели 48,4 m. Преместването на репер **C** за този период е 11,5 m. Стойностите на разпръскването при измерванията на 20 ноември са много малки – между 7 и 11 cm.

При преместването си надолу трите репера от средната част на свлачището леко са променили посоката си на движение (фиг.2). В първите два периода то е с направление от североизток към югозапад. В третия период посоката става по-меридионална. Интерес представлява дали и репер **C** с навлизането в по-долната част ще промени посоката на придвижване. Това ще бъде проследено, стига и този репер да не бъде засипан в свлачището.



Фиг. 2. Картохема на разположението на реперите и векторите на тяхното движение през изследваните периоди през 2009 г. Числата до векторите показват разстоянието, с което са преместени

### Бъдещи задачи

Едната важна задача е картографиране на свлачището с неговите елементи. И сега има GPS следа, оконтуряваща външния борд на свлачището. За площното му картографиране обаче най-удобно е да се ползва аероснимка или сателитно изображение с много висока резолюция. Планира се закупуването на такива материали. Заедно с това трябва да се проучат и обработят стари аероснимки за да се установи историята на по-старото свлачище, намиращо се на север. Много е вероятно двете свлачища да имат еднакъв произход, а е възможно и да са в причинно-следствена връзка помежду си.

Другата важна задача е установяване на генезиса на свлачището. За тази цел е необходимо детайлно запознаване с геоложките материали за района. Полезно би било да се привлече специалист геолог. Ако се разбере причината за активиране на свлачището може да се предложат и мерки за неговото укрепване.

### Заклучение

Параметрите за движенията в свлачището многократно надвишават стойностите, получени за други свлачища в България [2]. Причината е, че в случая се касае за активно свлачище, докато в други случаи са изследвани деформации в свлачищни райони, в които са проведени в една или друга степен укрепителни работи.

Измерванията показват, че съществува разлика в скоростите на придвижване в различните части на свлачището. В горната част те са по-слаби от тези в средната част. Може да се прогнозира, че с преместването си надолу репер С ще навлезе в по-ниската част на свлачището и ще увеличи скоростта си.

От гледна точка на риска свлачището все още е далеч и не застрашава пряко крайните къщи в Ораново. Засега щетите са главно върху няколко малки лозя и зеленчукова градина. Преграденият дол обаче представлява една скрита опасност. При интензивни поройни валежи, каквито тук се случват лятото, във водосборния басейн на дола може да се формира значителен отток, който временно да бъде спрял при свлачището. При преливане на водата ерозионната сила може за много кратко време да пререже неустойчивите консистентни материали в долната част на свлачището. Това би предизвикало внезапно освобождаване на обема на езерото и формирането на опасно наводнение, което може да доведе до жертви сред жителите на квартала. Подобна ситуация имаше през август 2007 г. години в г. Цар Калоян, когато проливни валежи доведоха до скъсването на 2 микроязовира.



Фиг. 3. Разновременни снимки, направени от едно и също място за илюстрация на движението. Горната снимка е направена на 27 май, а долната на 17 юли 2009 г. Свличането ясно се индикира от разликите в местоположението на дървото (където се намира репер D). На първата снимка то е в центъра на кадъра, а на втората значително преместено на дясно.

#### **Литература:**

1. Милев Г. Някои резултати от прецизните геодезически изследвания на свлачищните явления в района на гр. Балчик – Изв. На ГИ на БАН. Серия Инж. геол. и хидрогеол. Кн. 19-20. 1972
2. Милев Г., Ц. Ценков, Г. Стоев. Геодезически измервания и изследвания по черноморското крайбрежие, свързани с разрушителни геодинамични процеси и брегоукрепването. – В: Брегоукрепване и дълготрайно стабилизиране на склоновете на Черноморското крайбрежие. С., АИ „Проф. Марин Дринов” с. 52-63
3. Добрев Н. Свлачищата в Симитлийската котловина. Инж. геол. и хидрогеол. Кн. 24. 1997.
4. Геоложка карта на България в мащаб 1:100 000, к.л. Разлог. 1990
5. Georgiev I., D. Dimitrov. Establishing permanent GNSS array in Bulgaria – National Permanent GNSS Network. Висша геодезия. Кн.21. 2008. р. 12-18
6. Бюлетин на НИМХ – БАН на web адрес: <http://www.meteo.bg/issues/buletin/Bulletin.pdf>

#### **Благодарности**

Изследването е извършено по проект, финансиран от фонд НИ НЗ-1514 „Геоecологично изследване на опасните природни процеси и интегрална оценка на риска за нуждите на регионалното управление”.