

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СВЛАЧИЩНИТЕ ПРОЦЕСИ МЕЖДУ СЕЛАТА УСТРЕН И ГЕНЕРАЛ ГЕШЕВО, ИЗТОЧНИ РОДОПИ

Александър Гиков, Хернани Спиридонов, Георги Желев

*Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките
e-mail: gikov@mail.space.bas.bg, gjelev@space.bas.bg*

Ключови думи: свлачища, Източни Родопи,

Резюме: Представено е подробно описание морфологията на обширното и дълбоко свлачище при с. Генерал Гешево в Източните Родопи. Направен е опит за класифициране на типовете деформации, станали в следствие на свличането и тяхната тясна връзка с типа изграждаща скала. Представена е карта със зонирание на типовете деформации и по-важните свлачищни елементи. Предложен е модел на формирането на свлачищния вал при село Желъдово, илюстриран с профил.

За да се установи дали движенията продължават е изградена мрежа от пунктове за GPS мониторинг. Представена е таблица с координатите на девет пункта, измерени през ноември 2009 г. Накрая е засегнат и въпросът за причините за възникването на това свлачище и връзката му с други значителни свлачища в същия район на Родопите.

INVESTIGATION OF THE LANDSLIDE PROCESSES IN THE AREA BETWEEN THE VILLAGES OF OUSTREN AND GENERAL GESHEVO, EASTERN RHODOPE MOUNTAIN

Alexander Gikov, Hernani Spiridonov, Georgi Jelev

*Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gikov@mail.space.bas.bg, gjelev@space.bas.bg*

Keywords: Landslides, Eastern Rhodope mountain,

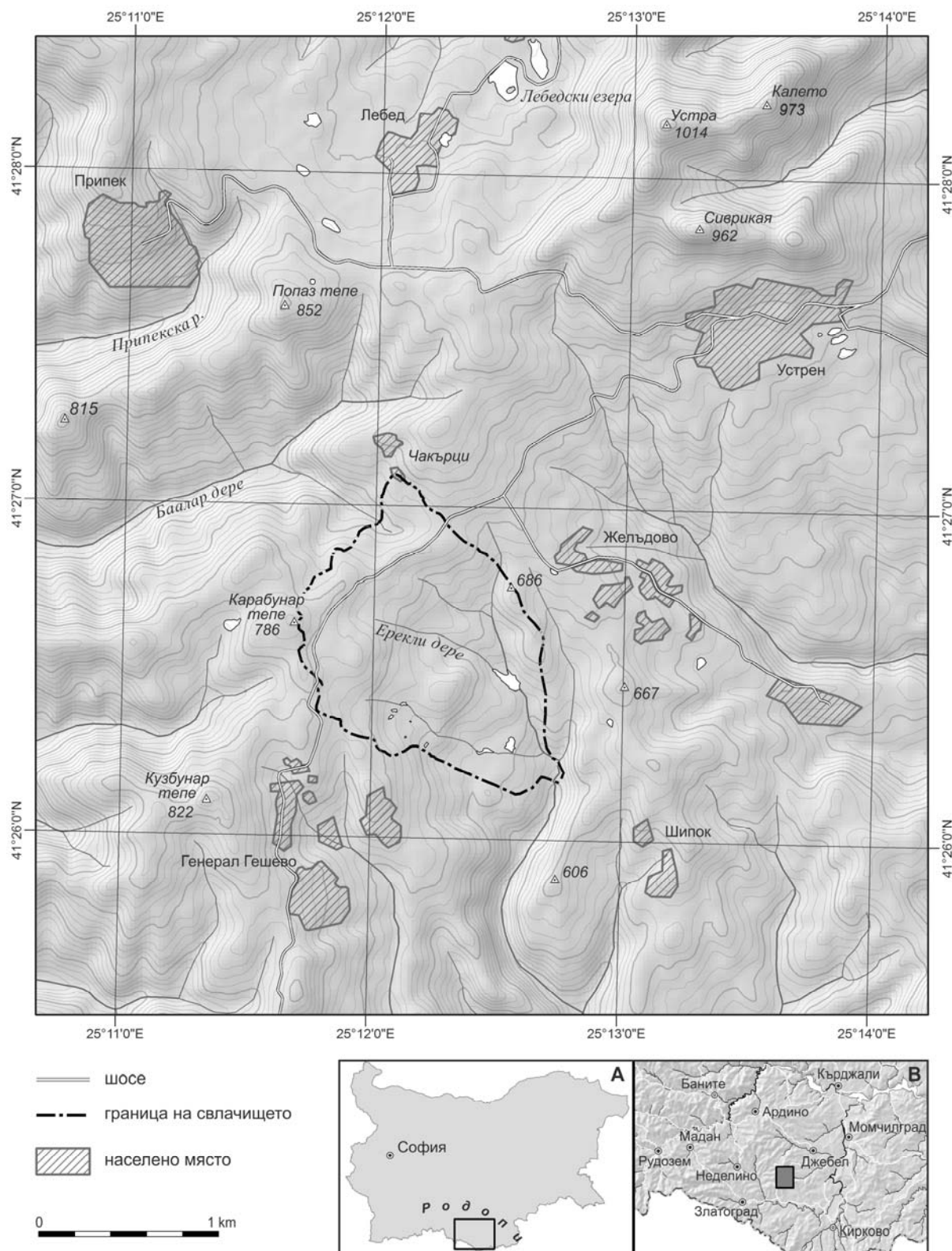
Abstract: Detailed description of the vast landslide morphology close to the village of General Geshevo in the Eastern Rhodope mountain is shown. An attempt for classification of the types of landslide deformation with relation to lithology is made. A map with areas of the type's deformation and the main landslide's elements is presented. A model of the landslide's toe formation is suggested.

To monitor the landslide's activity, a net of 9 points is built. A table with the GPS coordinates of these points (November 2009) is presented. In the end, the key issue for the landslide's genesis in this part of the Rhodope mountain is discussed.

Въведение

Свлачищата са важен елемент от склоновите процеси и естествен обичаен фактор за формирането на релефа. Заедно с това те представляват сериозна опасност за сградите, пътищата и други инженерни съоръжения. Обект на изследване е свлачището, намиращо се в Жълти дял на Източните Родопи на надморска височина между 550 и 780 m между селата Генерал Гешево, Желъдово и махалата Чакърци (фиг.1). В посока от юг на север размерът му е 1,8 km, а от изток на запад 1,3 km.

По време на основната активизация на свлачището в периода 2000–2001 г. пътят за с. Генерал Гешево е напълно разрушен. Поради обширната територия, въвличена в свлачищния процес и заради значителните промени, настъпили в резултат от свличането, районът привлича научен интерес и става обект на редица изследвания [1, 2, 3, 4]



Фиг. 1. Карта на изследвания район. А – местоположение на региона в България. В – местоположение на изследваната територия в Източните Родопи.

Геоложка характеристика на района

Свлачището е развито на границата между по-старите метаморфни скали и палеогенските ефузивни и седиментни скали с горноеоценска и олигоценска възраст. Метаморфните скали са представени от амфиболите, биотитови гнайси и порфирни метагранити. Метаморфните скали са разположени южно и западно от свлачището и не са

засегнати от него. На север са намира Устренската вулканска структура, изградена от риолити и дацити с долноолигоценска възраст.

Широко разпространение имат киселите туфи също с долноолигоценска възраст. Именно такива туфи участват в свличането между селата Желъдово и Генерал Гешево. Тези туфи са доста изпечени и здрави, но крехки, поради което при напрежение в тях се формират дълбоки пукнатини. Важен за механизма на свличане е фактът, че те имат наклон на югоизток $15-20^\circ$.

На изток при с. Желъдово свлачището граничи и частично засяга седиментни скали от Джебелската свита. Това са пясъчници, мергели и алевролити с прослойки от кисели туфи, които в сравнение с изпечените туфи са по-меки и пластични. Далеч на североизток при с. Устрен значителни площи заемат колувиално-сипейните блокажи с кватернерна възраст. Те не са засегнати от свлачищния процес.

Морфология на свлачището

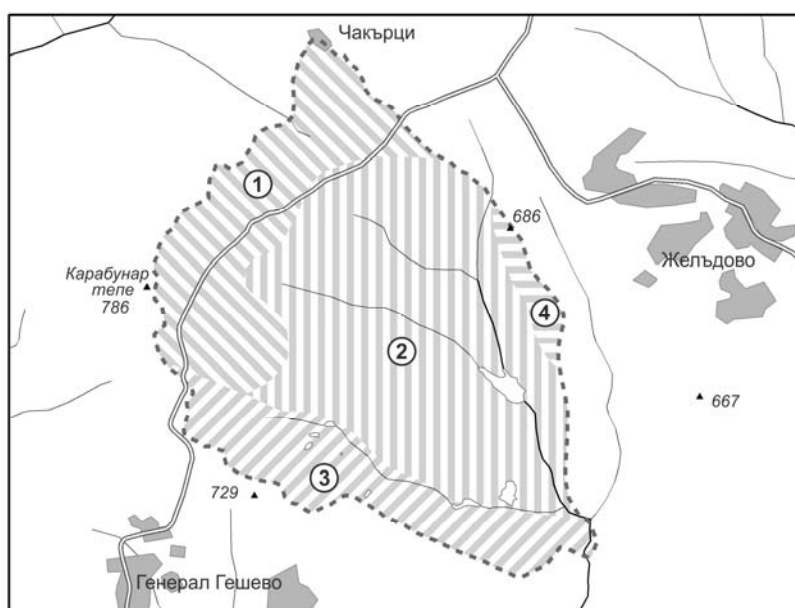
Трудно може да се направи достатъчно изчерпателно описание на морфологията на свлачището. Първо защото е по-правилно да се говори не за свлачище, а за свлачищен район, обединяващ няколко типа свлачищни форми. И второ, защото не става въпрос за типично хидрогеоложки обусловено свлачище с ясна повърхнина на свличане, а за гравитационно придвижване на част от склона между селата Генерал Гешево, Желъдово и махалата Чакърци. По всяка вероятност то е било задвижено от съвременните тектонски движения в региона [3, 4].

Свлачищното тяло има сърцевидна форма в план и значителни размери. По-дългата ос е с дължина 1,8 km и с направление СЗ-ЮИ, а по-късата е с направление ЮЗ-СИ и с дължина 1,25 km. Планиметричната площ възлиза на 157,6 ha или $1,5 \text{ km}^2$. Реалната площ на повърхността, изчислена чрез цифров модел на релефа (DEM) с размер на клетката 5 m, е с 4% по-голяма или 163,6 ha.

Средният наклон на склона в територията, обхваната от свличането, е $13,5^\circ$. Най-голям относителен дял имат склоновете с наклон между 7 и 15° . Те заемат 41% от свлачищната територия. Стръмните склоновете с наклон над 25° имат относителен дял само 7%.

Морфологията на свлачището е много сложна. Въз основа на типа деформация и преобладаващия новоформиран релеф свлачищната територия може да се раздели на четири зони, които са в пряка връзка с типа на изграждащата скала (фиг. 2).

Първата зона (означена с цифра 1 на фиг.2) се намира в горната част на свлачището и обхваща билната заравненост между Чакърци и Генерал Гешево. Скалната основа е изградена от изпечени туфи. В резултат на вертикално потъване са се формирали микрограбени с различни размери и амплитуда на потъването, които се оконтуряват от откоси.



Фиг. 2. Картохема на свлачището със зонироване на четирите типа преобладаващ релеф.

- 1 – билна зона с микрограбени, формирани при пропадане на отделни блокове
- 2 – зона предимно с хоризонтално направление на свличането и дълбоки пукнатини на някои места
- 3 – зона с класическа свлачищна морфология
- 4 – зона, в която ниският вододел е трансформиран в напорен вал



Фиг. 3. В резултат на вертикално пропадане е разрушен пътят за с. Генерал Гешево. Снимка – май 2001 г.

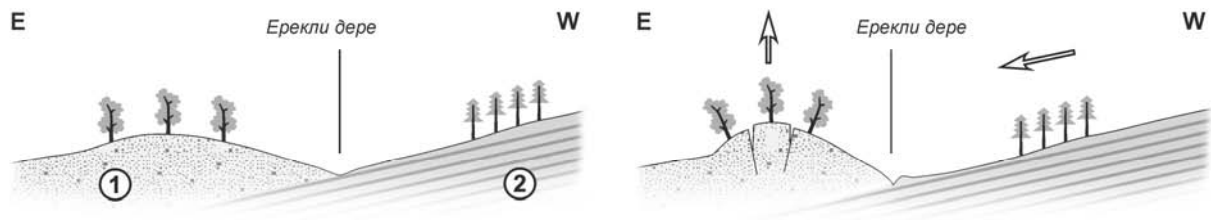
Най-големият се намира непосредствено до североизточната граница на свлачището при махалата Чакърци. Има дължина 450 m и ширина между 70 и 100 m. От североизток той е ограничен от откос с височина до 8 m. От югоизток откосът е много по-малък – 1-2 m. От пропадането частично засегната е една къща в Чакърци, която е полуразрушена.

В югозападна посока се намира още един подобен микрограбен със значителни размери. В направление ССИ-ЮЮЗ той има дължина 250 m, ширината е между 70 и 120 m, а вертикалното пропадане е 4-5 m. В резултат на неговото образуване пътят за с. Генерал Гешево е пропаднал в участък с дължина 120 m (фиг. 3). Подобен тип релеф се наблюдава и югоизточно от Карабунар тепе. Тук се е формирала една мозайка от издигнати и пропаднали блокове. Височината на откосите, разделящи блоковете, е до 2-3 метра, а главното им направление е СИ-ЮЗ.

Друг тип релеф, който заема най-големи площи в свлачищната територия, също е свързан със здраво изпечените кисели туфи (2 на фиг.2). При него дебелослойните туфи са се преместили предимно в хоризонтална посока. При това движение на много места са се образували дълбоки пукнатини, но на други, поради голямата мощност на скалния пласт, дори не са образувани пукнатини. На места в резултат на различно накланяне на блоковете са се образували малки откоси между тях и е формиран характерният за свлачищата феномен „пияна гора”.

На юг, близо до южната граница на свлачищната територия, където теренът е изграден освен от туфи, а също и от пясъчници и конгломерати, е оформена ивица, в която се наблюдава комплекс от релефни форми, по-характерни за свлачищата – главен откос, грабеновидно понижение, свлачищни тераси с обратни наклони и заблацияване по тях (3 на фиг.2). Ивицата е с дължина около 1 km и ширина около 200 m. Главният откос се намира приблизително при старото трасе на разрушения път. Той има височина около 8-10 m и дължина около 130 m. Под него е формирано грабеновидно понижение с дължина от север на юг 150 m и ширина 50 m. По-надолу се намират четири тераси, които са деформирани при последното свличане. В резултат на обратните наклони са образувани няколко плитки свлачищни езерца.

Заедно с тези езерца, при свличането са образувани и две дълбоки езера. По-голямото е образувано в резултат на значителните хоризонтални премествания, достигащи до 40 m [5] довели до преграждането на Ерекли дере. То има дължина 180 m, ширина 60 m, площ 0,7 ha и дълбочина до 15 m. Другото езеро е формирано при запушването на съседния дол, намиращ се на юг от Ерекли дере. То има по-малки размери – дължина 100 m и ширина около 15 m.



Фиг. 4. Обобщена схема на деформацията на ниското вододелно било на Ерекли дере и трансформацията му в напорен свлачищен вал. С цифра 1 са означени седиментите от Джебелската свита, а с цифра 2 изпечените туфи. Деформацията се идентифицира от наклонените дървета и пукнатините на отваряне.



Фиг. 5. Деформираното вододелно било на Ерекли дере – поглед от север на юг. В лявата част на снимката се виждат дървета, наклонени в различни посоки в следствие на деформацията. В дясно се забелязват откоси на плитки свлачища, възникнали поради увеличаване на склона. Снимка – ноември 2009 г.

По протежение на източния контур на свлачищната територия, близо до с. Желъдово, се намира една от най-интересните форми (4 на фиг.2). При свличането на западния склон на Ерекли дере, изграден от изпечени туфи, той е натиснал и деформирал седиментите на ниския вододел от изток, като го е трансформирал в свлачищен вал. Обобщена схема с предполагаемия механизъм на образуването е представена на фиг.4. Поради натиска на съседния склон се е получило едно известно издигане над нивото на стария вододел и формиране на пукнатини на отваряне, които с течение на времето постепенно се заличават, но при първото посещение през 2001 г. ясно личаха. Едновременно с това, поради увеличаване наклон на склоновете от изток и от запад, са станали малки плитки вторични свличания.

Интересен въпрос представлява амплитудата, с която сегашната повърхност надвишава инициалната повърхност на вододела. Местни очевидци твърдят, че издигането е значително и че е имало пряка визуална връзка между село Желъдово и дола, който е ляв приток на Ерекли дере, но не можем да бъдем сигурни доколко това е достоверно.

Сравнително точна оценка на амплитудата на издигане в тази част на свлачището би могла да се извърши, ако се направи нов цифров модел на терена (DEM), отразяващ актуалното състояние след свличането. Най-добри резултати биха се получили при сканиране на територията с лидар. Такова заснемане обаче е много скъпо и за осъществяването му трябва да се търси значително финансиране в рамките на бъдещ изследователски проект. Освен изключително подробен модел на релефа, резултатът ще бъде и определяне на степента на издигане на терена тук чрез сравнение с вече създадения DEM за района от карти в М 1:5000.

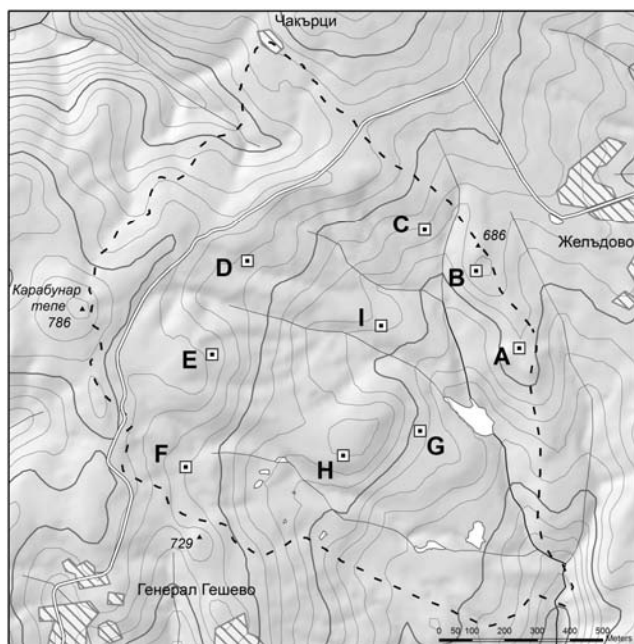
Повърхнината на свличане е дълбоко и никъде не се показва на повърхността. Нейната дълбочина и литоложки състав са неизвестни. Въз основа на геофизични данни учените от

Геологическият институт при БАН считат, че дълбочината достига до 94 м. Близо до Карабунар тепе тя е 76 м, а надолу изтънява и е между 12 и 40 м [3].

Реперна мрежа за GPS мониторинг

Основната свлачищна активност е реализирана преди 2001 г. [5]. След това движенията са със значително по-малка интензивност. Това се потвърждава и от данните на колегите от Геологическият институт на БАН [3, 4]. Поставените от тях екстензионометър и щифтови марки показват преместване на отделни блокове един спрямо друг със скорост между 2 и 4,5 mm/год. Въпросът за съвременната активност на това свлачище е важен както от научна гледна точка, така и от практическа. След пропадането на част от пътя за с. Генерал Гешево преди повече от 10 години той досега не е възстановен напълно. В най-засегнатите участъци е изградено временно трасе с насипан чакъл, но без асфалт. Ако се установи надеждно, че свлачището вече е в покой, то тогава би трябвало да се помисли за по-съществена рехабилитация на пътя с изграждането на постоянно по-право трасе, асфалтова настилка, канавки и др.

С усъвършенстването на GPS технологиите, повторните GPS измервания се наложили като надежден метод за следене на активността на свлачища, като заменили конвенционалните геодезически методи [6, 7, 8,]. При мониторинг на такива обширни свлачища GPS измерванията имат съществено предимство, защото не изискват пряка видимост [9]. За сигурно установяване на разлики в местоположенията, дължащи се на свлачищни деформации е необходимо да се използва диференциална GPS апаратура, осигуряваща висока точност. За съжаление възможност за използване на такава техника имаме чак в последната година от изпълнението на договор НЗ-1514 благодарение на предоставената от Центъра за приложение на спътникови изображения PECAK GPS конфигурация.



Фиг. 6. Карта на разположението на пунктовете, предназначени за повторни GPS измервания. С пунктир е очертана свлачищната територия.

С цел мониторинг на съвременната свлачищна активност през есента на 2009 г. се изгради мрежа от 9 пункта, разположени сравнително равномерно в свлечената територия (фиг.6). Измерването на координатите и маркирането на пунктовете е извършено в периода между 24 и 27 ноември 2009 г. То е осъществено с GPS апаратура, включваща конфигурация от Торсона GMS-2 и MAP RT, заедно с външна антена MG-A5. За подобряване на точността на измерването в камерални условия е приложена последваща обработка (post-processing) на суровите GPS данни. За корекции са използвани десетсекундни RINEX данни от най-

близката тогава работеща перманентна станция в мрежата на фирма НАВИТЕК – Смолян. С изключение на последните два пункта (H и I), на всички други са направени повече от едно измерване за по-голяма достоверност на резултата.

Повечето от пунктовете са обозначени със стоманен пирон, който е забит в здрава скална основа (фиг.7). Допълнително мястото е маркирано със спрей с ярък оранжево-червен цвят за по-лесното намиране при следващите измервания. За някои от реперите са използвани съществуващи обекти, които са маркирани със сигнален спрей. Например за пункт F е използван югоизточния ъгъл на бетонен фундамент, а за пункт G е използван върха на стара пресъхнала чешма.

В таблицата са представени координатите на деветте пункта при всяко едно от измерванията. Използвана е координатна система WGS 84 и проекция UTM 35 N зона. Височините са спрямо референтния елипсоид WGS 84, така че се различават с тези по Балтийската височинна система (и съответно с тези, които са нанесени на топографските карти) приблизително с 35-36 m.



Фиг. 7. Поставяне на стоманен пирон и измерване на координатите на реперен пункт С

Табл. 1. Координати на деветте пункта (А-І) в проекция UTM зона 35 N, получени чрез GPS измервания и последваща обработка (Мерните единици са метри)

Punkt	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)
A	4 589 509,904	350 529,056	709,126	0,011	0,011	0,027	0,016
A	4 589 509,893	350 529,060	709,104	0,013	0,011	0,026	0,017
B	4 589 745,630	350 397,857	733,761	0,012	0,01	0,026	0,015
B	4 589 745,643	350 397,864	733,768	0,01	0,009	0,027	0,013
B	4 589 745,643	350 397,864	733,769	0,005	0,006	0,032	0,007
C	4 589 872,315	350 240,342	724,411	0,015	0,014	0,025	0,021
C	4 589 872,307	350 240,350	724,428	0,014	0,013	0,023	0,019
D	4 589 775,967	349 699,852	763,535	0,012	0,008	0,028	0,014
D	4 589 775,984	349 699,839	763,540	0,01	0,009	0,028	0,014
D	4 589 775,985	349 699,822	763,525	0,012	0,011	0,031	0,016
E	4 589 491,185	349 592,218	780,894	0,007	0,008	0,034	0,011
E	4 589 491,191	349 592,202	780,959	0,008	0,007	0,03	0,011
E	4 589 491,162	349 592,208	780,950	0,011	0,009	0,035	0,014
F	4 589 149,467	349 512,024	752,247	0,015	0,035	0,032	0,038
F	4 589 149,416	349 512,000	752,276	0,018	0,032	0,034	0,037
G	4 589 257,840	350 226,362	685,522	0,008	0,005	0,039	0,009
G	4 589 257,861	350 226,355	685,574	0,012	0,009	0,031	0,015
H	4 589 184,460	349 992,491	721,945	0,012	0,01	0,026	0,016
I	4 589 578,856	350 108,131	702,853	0,084	0,132	0,108	0,157

Заклучение

Свлачището или свлачищния комплекс при с. Генерал Гешево представлява важен и интересен от научна гледна точка обект. Интересен е, защото земните форми са още пресни и може да се види как те са се образували. Важен е, защото това свлачище не е изолиран случай. На 3 км на север при с. Лебед и Лебедските езера се намира сходно по-старо свлачище. Няма данни кога се е образувало, но би могло в близко бъдеще да се датира чрез анализ на седиментите в езерата. На 5 км на североизток от с. Лебед се намира свлачището

„Счупената планина”. За него се твърди, че е станало през 1896 г. [3]. Възможно е тези процеси да са свързани помежду си и да представляват моментни прояви от един по-цялостен цикъл. Ако се изяснят факторите, които определят проявите в този цикъл би могло да се направи опит за прогнозиране на следващите прояви. Това разбира се ще бъде с голяма степен условно. В случай, че прогнозирането на времето на бъдещите прояви е непосилно, то вярното определяне на евентуалните места на проява на деструктивни процеси би била много полезна за практиката. По този начин може да се избегне изграждането на инженерни съоръжения на застрашените места.

Ако се приеме тази гледна точка, то активизацията на свлачището през 2000 г. представлява етап от цялостното развитие на релефа в региона. Още през 1968 Ненов посочва, че свлачищата са характерен елемент от релефа на тази част от Родопите и са важен фактор за неговото формиране през кватернера, а вероятно и през неогена [10]. След активните движения настъпва продължителна стабилизация, през която може да се наблюдават само незначителни деформации.

Верификация на тази хипотеза може да се направи в близките години. Повечето от пукнатините в свлачището са стари и постепенно те се обрушват и затревяват. Това показва, че действително се наблюдава стабилизация. Ако има някакви нови деформации, те са малки и не могат да се идентифицират чрез фотограметрични техники. Повторните GPS измервания в близките години на деветте пункта ще покажат дали действително свлачището е стабилизирано. Ако се установи липса на свлачищна активност, това ще позволи да се направи трайна реконструкция на пътя, което е от особена важност за местните жители.

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”

Измерването на пунктовете за мониторинг в свлачището е проведено с GPS апаратура, предоставена от Центъра за приложение на спътникови изображения (РЕСАК)

Литература:

1. Спиридонов, Х., А.Орев, А.Гиков, Г. Желев, Н. Николова. 2001. Наблюдения върху свлачището при с. Чакърци, Кърджалийско - Източни Родопи. В сб. Доклади от Балканска научно-практическа конференция “Природният потенциал и устойчивото развитие на планинските райони, Враца, 13-15 юли 2001 г. стр. 465-477
2. Бручев, Ил., Г. Франгов, Й. Янев. 2001. Катастрофални явления в Източните Родопи. Минно дело и геология, кн.6, стр. 33-36.
3. Кръстанов, М., Н. Добрев, Р. Върбанов, П. Иванов. 2006. Опасни склонови процеси в Източните Родопи, свързани с разломни структури. – В: Сборник доклади научно-практ. конф. по управл. на извънредни ситуации и защита на населението.”10.11.2005 г., София, стр. 315-321
4. Добрев, Н., М. Кръстанов, Р. Нанкин. 2007. Мониторинг на свлачището при с. Генерал Гешево, Кърджалийска област. – В: списание “Строителство”, 5/2007 г., С. с.6-11
5. Гиков, А. 2010. Използване на дистанционни данни за изучаване на свлачища (На примера на свлачището при Генерал Гешево – Източни Родопи) В: Сб. Доклади от шеста научна конференция с международно участие “Space, Ecology, Safety – SES 2010” 2-4 ноември 2010 г София
6. Moss. J. 2000. Using the Global Positioning System to monitor dynamic ground deformation networks on potentially active landslides. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. v.2. pp. 24-32
7. Malet, J.-P., O. Maquaire, E. Calais. 2002. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France). *Geomorphology*. v. 43. 2002. pp. 33–54
8. Rizzo, V. 2002. GPS monitoring and new data on slope movements in the Maratea Valley (Potenza, Basilicata). *Physics and Chemistry of the Earth*. v. 27. pp. 1535-1544
9. Gili, J.A., Corominas, J., Rius, J., 2000. Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. *Engineering Geology*. v. 55, 167– 192
10. Ненов, Т. 1968. Свлачищни явления в част от Източните Родопи (Кърджалийско). *Известия на Бълг. Геогр. Д-во. Кн. VIII (XVIII), стр. 35-51*