

СПЕЦИФИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ГЕОЛОЖКИТЕ ПРОУЧВАНИЯ НА СКЛОНОВЕ ЗА НУЖДИТЕ НА ТРАНСПОРТНОТО СТРОИТЕЛСТВО

Ивайло Иванов¹

УАСГ, Факултет по транспортно строителство, кат. Геотехника

***Резюме:** Проектирането и строителството на пътища, жп линии и транспортни съоръжения в планински условия, укрепването на високите склонове, изискват достоверна информация за земната и скалната основа. В такива сложни условия, често към инженерногеоложките проучвания има специфични изисквания, което понякога налага използването на нестандартни подходи.*

В статията са дадени специфичните изисквания към геоложките проучвания на склонове, застрашаващи безопасността на движението. Разгледани са примери за инженерногеоложки проучвания за укрепване на склонове над пътища и жп линии в трудни планински терени и използване на нестандартни подходи при изпълнението на специфичните изисквания към проучването.

***Ключови думи:** геоложки проучвания, транспортно строителство, склонове, откоси, изисквания, подходи*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Красотата на голяма част от българските пътища и железници е невероятното съчетание между преминаването им през планински и равнинни местности, покрай море, гори и скали. В същото време планинските местности са и проклятието на нашите пътища. Често природните сили не се съобразяват с нашите желания и планове, като понякога създават огромни трудности при проучването, проектирането и строителството на шосейни и железни пътища, при тяхната поддръжка. Това налага пред геоложките проучвания на високи планински склонове да бъдат поставени някои специфични изисквания.

2. СПЕЦИФИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ГЕОЛОЖКИТЕ ПРОУЧВАНИЯ НА СКЛОНОВЕ

2.1. Осигуряване на достоверна оценка на напукаността при скални откоси и оценка на опасността и риска от падане на скални късове

Оценката на напукаността при високите и стръмни скални откоси, особено в близост до пътищата и транспортните съоръжения, е от пряко значение за последващите оценки на опасността и риска от възникване на срутвания и потенциални повреди. В много ситуации, при необходимост от укрепване, при високите откоси се налага да бъдат определени най-опасните зони и участъци, които се налага да бъдат

¹ Ивайло Иванов, доц. д-р инж. геол., София, бул. „Христо Смирненски“ 1, УАСГ, e-mail: bulgeo@dir.bg

укрепени. Това спестява понякога много средства, тъй като не винаги е необходимо да се изграждат укрепителни съоръжения по целия откос. Основните насоки при такава оценка са следните:

- дефиниране на степените на опасност и определяне на участъците от откосите с най-висока опасност от възникване на увреждащи пътищата и съоръженията природни явления (срутвания, свличания или падане на скални късове);

- дефиниране на степените на риск и определяне на участъците от откосите с най-висок риск за пътищата и съоръжения;

- определяне на зоните, в които се съчетават високи степени на опасност и риск и които се нуждаят от укрепване или защита. В този смисъл зони от откосите с висока степен на опасност от проява на застрашително геоложко явление може да са с нулев риск, тъй като са отдалечени пътища или съоръжения.

2.2. Точно определяне на пространственото положение и размерите на пластовете при склонове и откоси, изградени от седиментни скали

Често при укрепване на откоси или при сложни строителни решения стандартните инженерногеоложки проучвания, провеждани чрез сондажи не са достатъчни, дори сондажите да обхващат цялата височина на откоса. Това се отнася най-вече за откоси, изградени от редуващи се пластове от здрави скали и глинести почви. В такива ситуации е необходимо да се изпълнят следните работи:

- пластовете трябва да се опишат и измерят директно в откоса, често с помощта на алпийска техника;

- проучванията трябва да осигурят възможност за определяне на наклона и посоката на потъване на пластовете;

- трябва да се определи съставът на междупластовия пълнител, тъй като при наличие на глинести прослойки вероятността от проява на срутища и скални свличания нараства многократно.

2.3. Необходимост от широкообхватно и комплексно проучване на свлачищни и срутищни участъци в склонове, разположени в близост до пътища и жп линии

При проучването на свлачища и срутища, възникнали във високи склонове в близост до пътища и жп линии, трябва да се обърне особено внимание на следните особености:

- проучванията не трябва да се съсредоточават само около пътя или жп линията. Те трябва да обхванат склоновете и откосите над пътя, както и под него, на по-широка територия, за да се избегнат пропуски, които могат да предизвикат последващи свличания дори след укрепването на склона;

- при големи свличания трябва да се прецени икономическата обосновааност и дълготрайността на укрепването на склона в сравнение с прокарването на нов път.

3. ПРИМЕРИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА НЕСТАНДАРТНИ ПОДХОДИ ПРИ ПРОУЧВАНЕ НА СЛАБИ МЕСТА ВЪВ ВИСОКИ СКЛОНОВЕ

3.1. Оценка на напукаността и определяне на опасни и рискови зони в скален откос при спирка Церово по 2-ра жп линия София – Варна.

Необходимост от статистическа оценка на напукаността и определяне на зоните с висока опасност и риск възникна при проучванията за укрепване на скален откоси в

Искърското дефиле, от който често се откъсват различни по размер скални блокове, които падат върху жп линията, повреждат съоръженията и създават опасност за преминаващите влакове. Откосът се намира на около 300 m преди жп спирка Церово, между km 37 + 700 и km 39 + 100 по път 2. Изграден е от пясъчници и аргилити с възраст Горен Триас [1] и е с височина над 30 m. Има североизточно изложение и наклон $85 - 90^{\circ}$ (Фиг. 1).

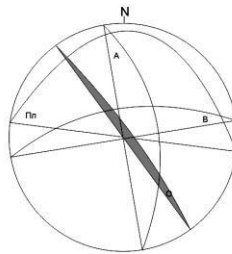


Фигура 1: Общ изглед на скалния откос при жп спирка Церово

Използването на алпийска техника позволи да се извършат равномерно разпределени по площ и височина измервания на различни елементи от напукаността и напластяването на скалите. Основните системи пукнатини бяха измерени на място, от алпинисти с инженерна подготовка. Взаимоотношенията между основните системи пукнатини, както и главните форми на скални късове са показани на структурната диаграма (Фиг. 2), от която се вижда, че наклонът на пластовете и пукнатините е такъв, че е възможно плъзгане на скалните блокове по равнините на междупластовите пукнатини и по линиите на пресичане между пукнатинни системи А и В [3].

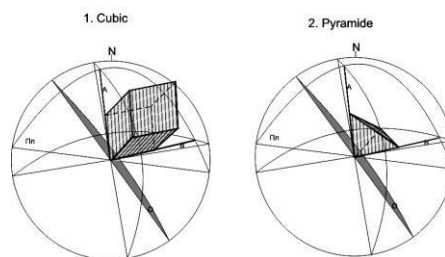
NATIONAL TRANSPORT INFRASTRUCTURE CONFERENCE
WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION, 2019

**Structural cracks diagram
at Cerovo rock slope
(km 38+900, Sofia - Varna railroad)**



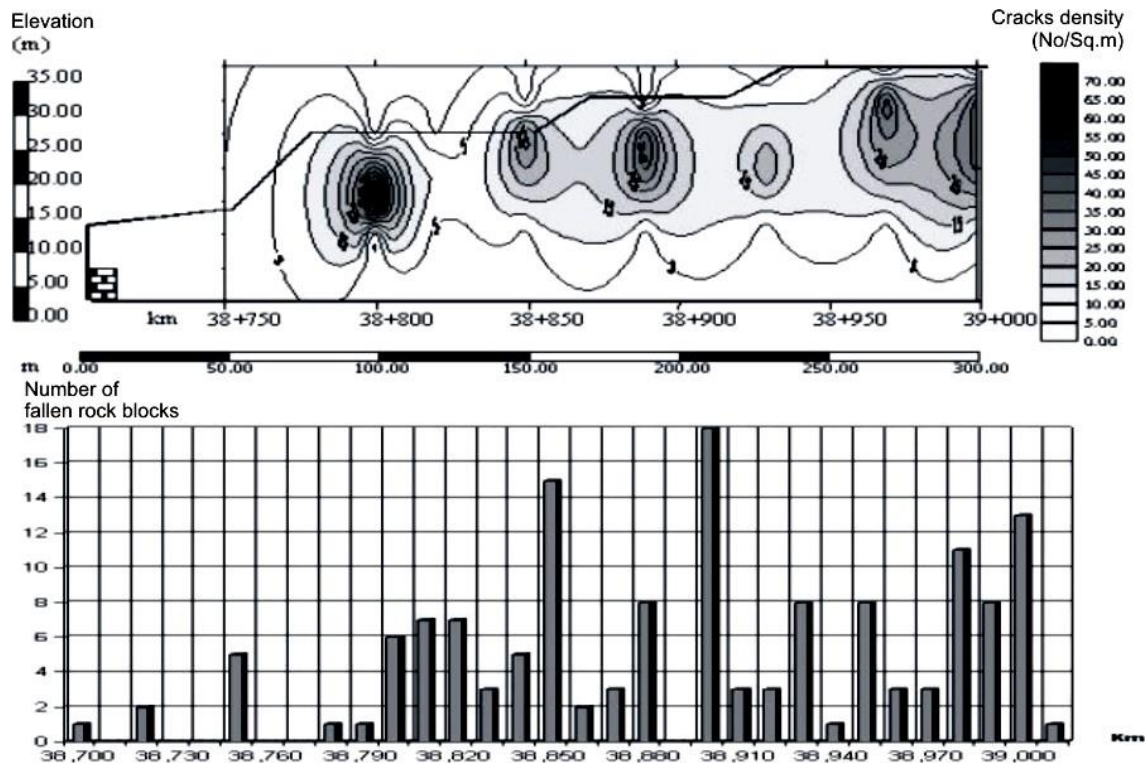
Legend:
A, B - Main crack system,
Пn - Cracks parallel to layers,
O- Rock slope.

**Main shapes of rock blocks formed by crossing
of crack systems**



Фигура 2: Структурна диаграма на напукаността

Направената вероятно-статистическа оценка позволи да се отделят онези зони в откоса, от които има най-голяма вероятност да паднат скални късове. Оценката включва статистическия анализ на пукнатините и анализ на разпределението на самоволните падания на скални късове от откоса за период от две години. Тя има два аспекта. Първият – определяне на вероятните зони, “генериращи” скални късове и вторият – определяне на зоните, които представляват най-голяма опасност за съоръженията, т.е. оценка на “рисковите зони”.



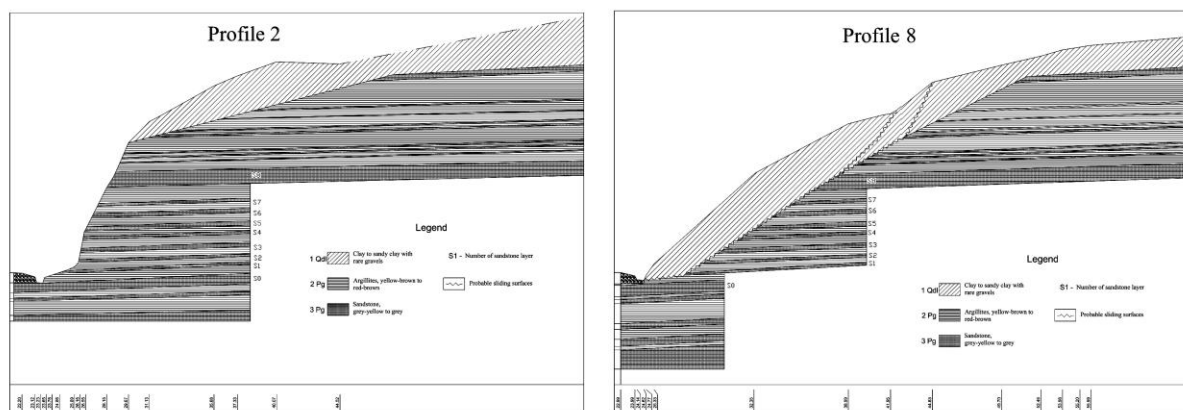
Фигура 3: Статистическа обработка на данните за определяне на опасните зони в скалния откос

Статистическият анализ на напукаността е базиран на постулатите на теорията на вероятностите. Колкото е по-голяма гъстотата на пукнатините в една зона, толкова повече елементарни блокове могат да се образуват, т.е. по-голяма е вероятността за обрушване на някой от тях [2]. От друга страна анализът на броя паднали скални късове доказва, че най-много падания има в участъците с най-голяма гъстота на пукнатините. Използваният комбиниран статистически подход позволи да се отделят зоните, представляващи най-голяма опасност от самоволно обрушване на скални късове. Някои от тези зони съвпадат с положението на стълбовете на контактната мрежа и създават висок риск за повреда на жп линията и на съоръженията.

3.2. Определяне на пространственото положение на пластовете при укрепване на деформиран земно-скален склон при гара Плачковци по 4-та жп линия Русе – Подкова.

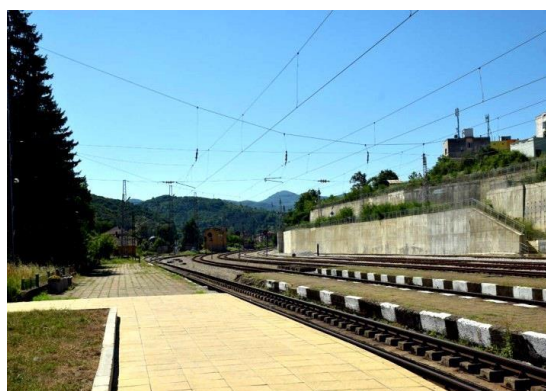
Склонът е с дължина около 150 m и се намира срещу жп гара Плачковци, като е със североизточно изложение. В долната си част е почти вертикален, а в горната част е с наклон около $40 - 45^{\circ}$. В долната, вертикална част, до височина около 10 m, се разкриват пясъчници и аргилити с възраст Палеоген [1]. Горната част е покрита с глини с дебелина до 7.0 m. В средната част на склона глини с обем около 300 m^3 са се свлекли и са затрупали част от жп линията, като има и много паднали скални късове. Над склона има жилищни блокове и стопански постройки, като при някои от тях се забелязват пукнатини и деформации в основата. Пластовете от редуващи се пясъчници и аргилити от основата на склона, са наклонени приблизително на изток (към жп линията) под ъгъл около 10° . При изветряването и размиването на аргилитите от повърхностни и подземни води, се създава възможност за надвисване на "козирки" от пясъчници и последващото падане на скални късове върху жп линията.

За спиране на опасните свлачищни и срутищни процеси, защита на сградите над склона и на жп линията, беше решено да се изгради масивна подпорна стена, за чието проектиране беше необходимо да се определи точното пространствено положение на всеки пласт, директно от разкритията в откоса и от проучвателните сондажи. За изпълнението на тази задача откосът беше разделен на зони, като с помощта на алпинисти всеки разкриващ се пласт от пясъчници във вертикалната част беше измерен, маркиран и номериран. Установени са 7 до 8 пласта, които могат да бъдат проследени почти по цялото протежение на откоса. На инженерногеоложките разрези (Фиг. 4) пясъчниковите пластове по откоса са номерирани от S1 до S7 (8).



Фигура 4: Инженерногеоложки разрези на склона при гара Плячковци

С най-голяма дебелина (около 1.0 m) е пласт S7(8), който е просондиран изцяло и в проучвателните сондажи, разположени в горната част на склона. Този пласт беше избран за фундиране на горната подпорна стена. В сондажите под откоса също е установен по-дебел пласт (около 70 cm) от пясъчник (S0), който беше използван за фундиране на долната стена. В пластове по откоса бяха проектирани закотвянията на анкерите (Фиг. 5).



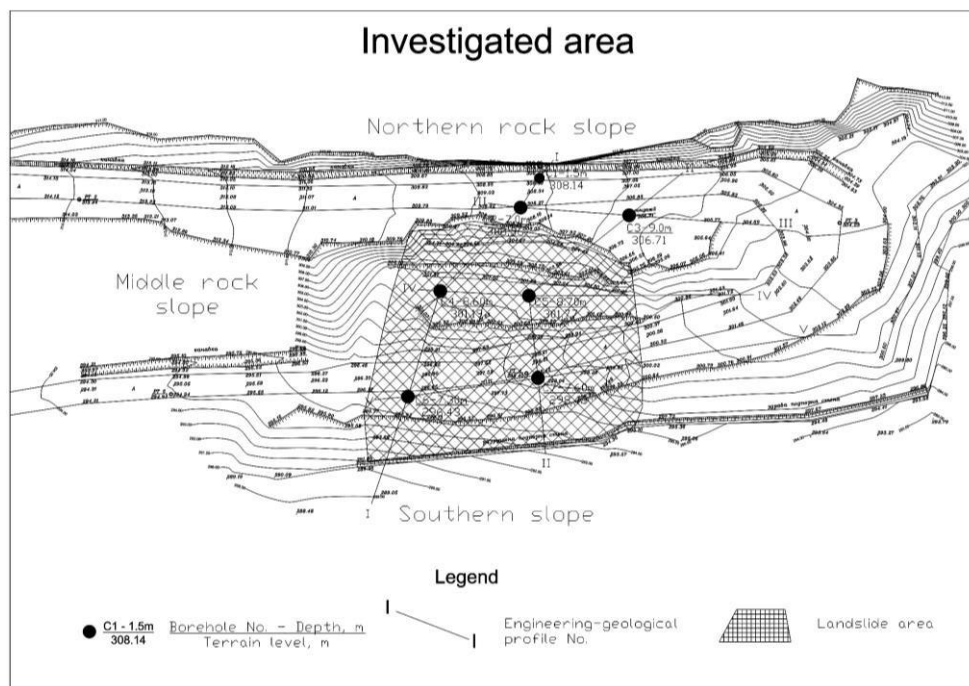
Фигура 5: Построените подпорни стени на склона при гара Плячковци

3.3. Комплексно проучване на свлачищно-срутищен склон за укрепване на автомобилен път VTR 3281 (III-407 - „Моравица - Ново Градище - Кавлак – I-4”)

Проучването обхваща повреден участък от единственото шосе за с. Кавлак, около остър завой, направен изкуствено, с цел съкращаване на пътя. Скалната подложка е

изградена от мергели и пясъчници с възраст Долна Креда [1]. Пясъчниците оформят вертикални венци в горната част на пътя (над завоя), с височина до 10 m. Пластовете от сиви мергели с дебелина над 5.0 m се установяват в по-ниските участъци от терена. Склоновете в района са стръмни (с наклони над 35°), почти изцяло покрити от жълти и кафяви пясъчливи глини, със следи от стари свличания. Дебелината на почвената покривка е до 8.0 m. В основата на шосето се установяват и дебели антропогенни насипи от пясъчливи и прахови глини със скални късове, остатък от прокарването на пътя. Районът се характеризира с едновременна проява на свлачищни и срутищни процеси.

Трудността при проучването и последващото проектиране на укрепителни съоръжения произтича от наличието на завоя и „етажите“ на шосето. За да се осигури достатъчно информация за проектирането и за да бъдат избегнати пропуски, проучването обхваща голям район, с дължина около 100 m преди и след завоя, целия склон над и под пътя, както и встрани от него (Фиг. 6).



Фигура 6: Обхват на проучването

Освен проучвателните сондажи, беше направена подробна инженерногеоложка картировка, включваща описание на пукнатините по откоса и определяне на опасните зони, с най-голяма вероятност за падане на скални късове. По склоновете над и под шосето бяха локализиран участъците с проявени деформации и пукнатини в делувиалната покривка, признаци за наличие на премествания на почвите. Определени бяха всички възможни участъци с концентрирано протичане на повърхностни води.

Решенията за укрепване на пътя са сложни и включват множество съоръжения, гарантиращи укрепване на самото шосе, на склона под него, на склона над него, както и на междинния склон между долната и горната част на завоя. Горната (северна) част на пътя е предвидено да се укрепва чрез система от пилоти от южната страна, а скалният откос и склонът над него се предвижда да бъдат покрити със защитни анкерирани

мрежи. Долната (южна) част на пътя трябва да бъде защитена от двете страни. От северната страна трябва да се избегнат възможни свличания на почвите и скалните късове, оформящи малкия склон между двата „етажа“ на пътя, а от южната пътят трябва да бъде укрепен, за да се избегнат свличания надолу по склона. Защитата от север е осигурена чрез подпорна стена с постепенно нарастваща височина, започваща от завоя. От южната страна на долния път е предвидено да се изгради също система от пилоти, предпазващи го от по-нататъшни слягания и свличания по склона.

В резултат на направените проучвания бяха установени естествени скални улеи по откоса, концентриращи потоците от повърхностни води и отвеждащи ги в основата на пътя. Предвидени са следните мерки за отводняване на шосето:

- направа на облицована канавка под скалния откос от северната страна на горния път, която да пресече пътя на стичащите се по скалните улеи води и да ги отведе извън пътя;

- направа на бордюр от южната страна на горния път, който да попречи на стичащите се по асфалта води да навлязат в междинния склон, разположен между двата „етажа“ на пътя;

- направа на облицована канавка пред стената, укрепваща междинния склон между „етажите“ на шосето;

- направа на бордюр от южната страна на долния път, който да предотврати навлизане в склона под пътя на водите, стичащи се по асфалта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Високите и стръмни склонове, намиращи се в близост до пътища, жп линии и транспортни съоръжения, поставят пред инженер-геолозите и проектантите множество проблеми, свързани с организацията на проучването и събирането на максимално количество достоверна информация, необходима за проектирането на надеждно укрепване. В тези случаи обръщането на внимание на подробностите и използването на различни, понякога нестандартни методи, довеждат до положителни резултати. Дейностите при транспортното строителство в планински терени са свързани с много трудности, като изборът на укрепителни мерки в такива сложни условия се определя в много голяма степен от резултатите от инженерногеоложките проучвания. Необходимо е изключително доверие между геолози, проектанти и строители, както и съвместно участие в етапите на проучване, проектиране и изпълнение на строителството.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бончев, Е.: Геология на България, Държавно издателство „Народна просвета“, София, 1957

[2] Газиев Э., Речицкий В.: Вероятностная оценка надежности скальных массивов, Стройиздат, Москва, 1985

[3] Илов, Г.: Приложна механика на скалите, Издателство „Ера“, София, 2003