

НОВИ ГЕОЛОГОСТРУКТУРНИ ДАННИ ЗА КАРИЕРА „ЛЮЛЯКАТА“, ДЕВНЕНСКО

Теменуга Георгиева¹, Венелин Желев¹, Георги Айданлийски¹, Антонио Лакков¹, Стоян Стоянов²

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, t.georgieva@mgu.bg, vjelev@yahoo.com, g.ajdanlijsky@mgu.bg, tony_lakov@abv.bg

² Девня Варовик АД, с. Чернево, stoyan.stoyanov@solvay.com

РЕЗЮМЕ. Карьера „Люляката“ е разположена северно от гр. Девня, Варненска област. В нея се добиват органогенни и микритни варовици за целите основно на химическата промишленост и циментовото производство. Те са с долнокредна (бериас-хотривска) възраст и принадлежат на Каспичанската свита, разкриваща се в ядката на Хитринско-Девненския вал на Северобългарското подуване, представляващо част от Мизийската платформа. Районът на подуването е блоково разчленен от множество разломи, като преобладават разседите със север-южна посока и потънали източни крила. Карьерата се разработва с 10, 15 и 25 метрови стъпала, като общата ѝ дълбочина е 65 m. С цел оптимизация на работния процес и оценка устойчивостта на откосите, е проведено геологоструктурно картиране на стъпалата в карьерата с измерване на параметрите на разривните структури (ориентировка, гъстота, взаимоотношения) в тях, както и изследване на възникналите в карьерата обрушвания, тяхната динамика и обхват. Установена е добре развита вертикална и хоризонтална система от каверни и множество разломни нарушения в стъпалата на карьерата. Съставена е геологоструктурна карта, определени са основните пукнатинни групи и е дефиниран блоковият модел на карьерата. Извършените изследвания показват, че във варовиците на Каспичанската свита, разкриващи се в рамките на карьерата, е развита много добре ортогонална пукнатинна система, включваща една субхоризонтална и две субвертикални пукнатинни групи. Пукнатините от тези групи имат систематичен характер и са ориентирани закономерно в пространството. В отделни точки са развити и несистематични пукнатини, но те имат локален характер и значение. Направени са изводи за връзката на пукнатинния модел с устойчивостта на откосите и минната технология.

Ключови думи: геологоструктурно картиране, пукнатинни групи, устойчивост на откоса

NEW GEOSTRUCTURAL DATA FOR „LYULYAKATA“ QUARRY, DEVNYA DISTRICT

Temenuga Georgieva¹, Venelin Jelelev¹, George Ajdanlijsky¹, Antonio Lakov¹, Stoyan Stoyanov²

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, t.georgieva@mgu.bg, vjelev@yahoo.com, g.ajdanlijsky@mgu.bg, tony_lakov@abv.bg

² Devnya Limestone AD, Chernevo village, stoyan.stoyanov@solvay.com

ABSTRACT. „Lyulyakata“ quarry is situated north of the town of Devnya, Varna region. Organogenic and micritic limestones are mined here mainly for the chemical and cement production. They belong to the Kaspichan Formation of Lower Cretaceous (Berriasian-Hauterivian) that crops out in the core of the Hitrino-Devnya swell of the North-Bulgarian dome, part of Moesian platform. The dome region is disintegrated by a multitude of faults but north-south trending normal faults with subsided eastern wings are prevailing. The quarry is developed in 10, 15 and 25 m high steps at total depth 65 m. Aiming the exploitation process optimization and bench stability estimation a geologostructural mapping of the quarry benches is done and the parameters of the fracture and faults (orientation, spacing, intersections) are measured. Moreover, a study of the existing collapses, their dynamic and spread are investigated. A well developed vertical and horizontal system of caverns as well as a multitude of faults is established in the quarry. Geostructural map is completed. The main joint sets are determinate and the block model of the quarry is defined. The structural investigations demonstrate that the limestones of Kaspichan Formation exposed in the quarry are featured by a distinct orthogonal joint system consisting of one subhorizontal and two subvertical joint sets. The joint sets have systematic character and regular orientation. In some points non-systematic joints could be observed but they have local distribution and significance. Conclusions about the connection between the structural model, bench stability and mine technology has been done.

Key words: geostructural mapping, joint sets, bench stability

Въведение

Карьера „Люляката“ се намира северно от гр. Девня и главния път Варна – София. Геоморфоложки, районът попада западно от Варненското плато и северно от Провадийското плато. В карьерата се добиват долнокредни (бериас-хотривски) варовици на Каспичанската свита, разкриваща се в ядката на Хитринско-Девненския вал на Северобългарското подуване, което е част от Мизийската платформа. Районът на подуването е блоково разчленен от множество разломи, като преобладават разседите със

север-южна посока и потънали източни крила. Тези разломи се схващат като сателитни на голямата Венелин-Толбухинска дислокация, отделяща Северобългарското подуване от Варненската падина. Районът е изграден изключително от седиментни скали на Долната и Горната Креда, Палеогена, Неогена и Кватернера. Долната Креда включва две литостратиграфски единици – Каспичанска и Горнооряховска свита. Каспичанската свита (бериас-хотрив) е представена главно от органогенни и микритни варовици. В долните ѝ части (извън района) се описват и доломитизирани варовици и доломити. Разкритата в кари-

ерата дебелина е 65 m. Долната граница на свитата не се разкрива в района, а горната представлява бърз литоложки преход към мергелите на Горнооряховската свита. Последната на свой ред се покрива трансгресивно от горнокредните единици.

Върху източната периферия на подуването е наложена Варненската падина, маркирана от разкритията на горнокредни, палеогенски и неогенски седименти. Южно от нея се намира Провадийската синклинала, отнасяна към Преходната зона на Предбалкана от Бончев (1971) или към Мизийската платформа - от Йовчев и др. (1971).

Целта на настоящото изследване е свързана с прогнозна оценка на стабилността на бордовете на отделните хоризонти на кариерата, с оглед определяне на геоложкия риск, от височината на стъпалата и ъгъла на откоса. Основните задачи включват геологоструктурни и инженерногеоложки изследвания в кариера „Люляката“, анализ на данните за разривните структури в нея, определяне на техния произход, характер и кинематика.

Методика на изследването

Набирането на необходимата за целите на изследването геологоструктурна и инженерно-геоложка информация е осъществено посредством теренни проучвания, проведени в три основни етапа. През първия етап е извършена рекогносцировка на бортовете на кариерата, с цел определяне на представителни разкрития за геологоструктурните и инженер-геоложките изследвания. На тази основа, през втория етап са проведени геологоструктурна фотодокументация и инженер-геоложки измервания в характерни точки. Полевата документация включва заснемане на части от бортовете (по възможност в поне две перпендикулярни сечения), измерване ориентировката и определяне гъстотата на пукнатинните групи, с оглед изясняване блоковия модел на масива, определяне състоянието на стените на пукнатините и измерване на якостта на стените на пукнатините *in situ*, с помощта на чук на Schmidt тип L. В част от документираните точки, ориентировката на бортовете съвпада приблизително с ориентировката на една от субвертикалните пукнатинни групи, което не позволява определянето на гъстотата на тази група. В такива случаи, при изчисленията е приемана гъстотата на тази група, определена в най-близката точка, позволяваща подобен тип измервания. Там, където е възможно, гъстотата на пукнатините е определяна на терена, като само е демонстрирана и допълнена за някои точки от фотодокументацията. Измерването на гъстотата е извършвано нормално на разпространението на пукнатините, като е определян броят им на линеен метър. Третият етап от полевите работи включва картиране на главните разломни структури, при което, като основни критерии за разпознаване на разломните структури са ползвани разместване на характерни стратиграфски нива (пластове), тектонска глина по пукнатинните (разривни) структури и тектонски огледала (харниши) с бразди на триене.

Камералната работа включва следните процедури: (а) съставяне на структурни диаграми за обособяване на пукнатинните групи при използване на равноплосната

стереографската мрежа на Schmidt, като са построени структурни диаграми, както за отделните точки на наблюдение, така и една обобщена диаграма за пукнатините и разломите в цялата кариера; (б) обработка на теренните данни и съставяне на геологоструктурна карта на кариерата; (в) оформяне на фотодокументацията и интерпретиране на пукнатинния модел, получен на диаграмите и в разкритията; (г) инженер-геоложка обработка и интерпретация на данните с цел прилагане на геомеханични класификации и извършване на оценка на устойчивостта на бордовете на кариерата (Георгиева и др., 2015).

Резултати от теренните изследвания и геологоструктурната документация

Събраните теренни данни от геологоструктурното картиране послужиха за съставянето на геологоструктурна карта (фиг. 1), която се различава съществено от картата в М 1:100 000 на Чешитев и др. (1991, 1992). Според получените при настоящото изследване данни, по-голямата част от изследваната площ е заета от органогенните и микритни варовици на Каспичанската свита, чиято подложка не се разкрива на повърхността. С рязък литоложки контакт тя се покрива от мергелите на Горнооряховската свита. Последната е запазена в югоизточната част на площта, главно в една дъговидна грабенова структура със стъпаловиден характер (фиг. 2). Малки фрагменти от свитата са запазени и в оградните блокове. Видимата вертикална амплитуда на потъване е над 25 m. Слоестостта в Каспичанската свита е много ясно изразена. В изследваната площ тя е субхоризонтална, с наклони вариращи от 5° до 28°, като страната ѝ варира от СЗ до ЮИ, което е характерно за платформените куполовидни структури.

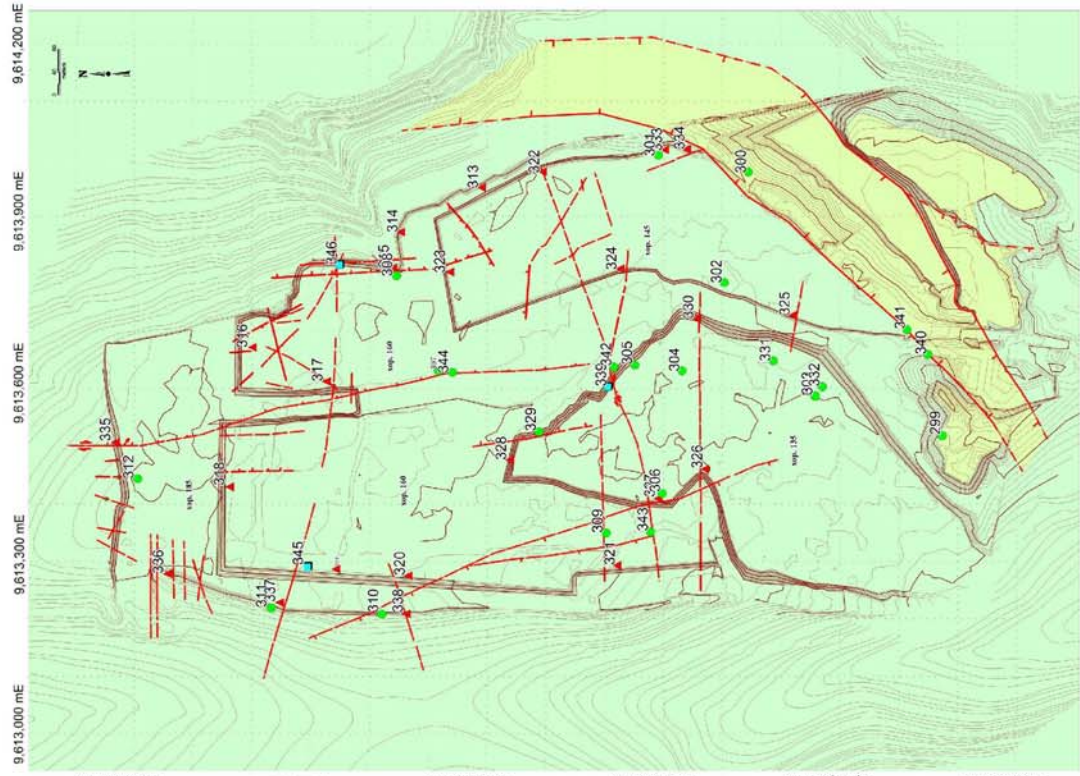
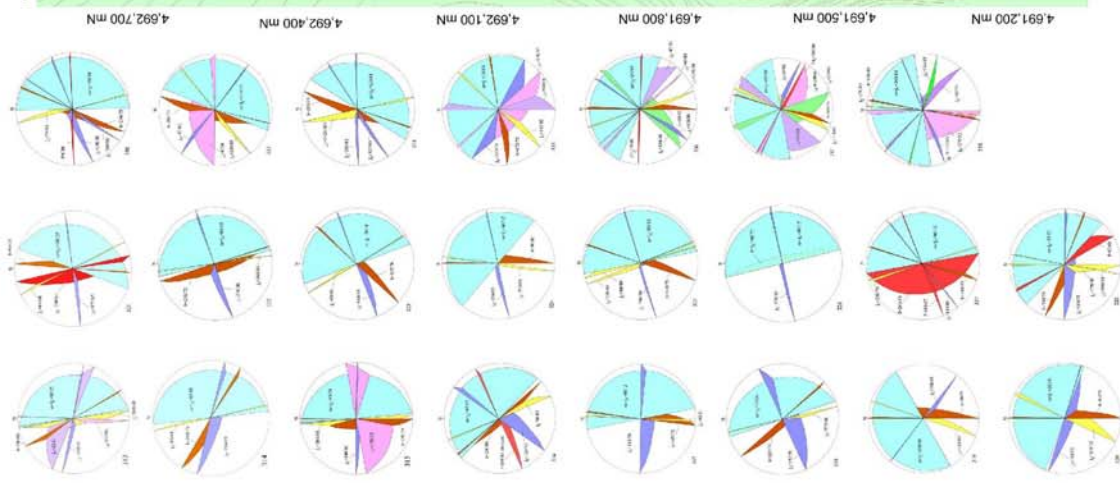
Пукнатини

Проведените изследвания показват, че във варовиците на Каспичанската свита, разкриващи се в рамките на кариерата, е развита много добре ортогонална пукнатинна система, включваща една субхоризонтална и две субвертикални пукнатинни групи. Пукнатините от тези групи имат систематичен характер и са ориентирани закономерно в пространството. В отделни точки са развити и несистематични пукнатини, но те имат локален характер и значение.

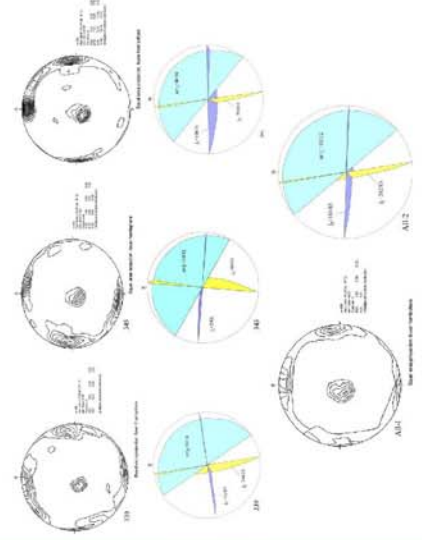
Систематичните пукнатинни групи имат следните характеристики:

- ❖ група j_1 е субхоризонтална и съвпада със слоестостта ss. В долните части на разреза (долните хоризонти на кариерата) тя е затворена, трудно различима, поради което гъстотата ѝ е сравнително малка. В средната част на разреза (хор. 160) тя се маркира ясно от зеленикава глина, образувана по назъбени стилолитови повърхнини, резултат от литостатичния натиск. Тази група (=ss) е полегата (5÷28°), като в отделните точки потъва на СЗ, СИ, И и ЮИ. Генералната посока на потъване на групата е на североизток (55/12°).
- ❖ група j_2 е субмеридионална и субвертикална. Посоката ѝ се изменя от СЗ до СИ, а наклоните ѝ са около 90°, като варират в двете противоположни посоки, дори и в една и съща точка. Статистическата ѝ ориентировка, изведена за всички 409 бр. пукнатини, измерени в кариерата, е 262/83°. В много точки пукна-

Структурни диаграми



- Литостратиграфски единици**
- Горноряховска свита: мергели с редки пясъчаникови прослойки (хотрив-барсам)
 - Кастилевска свита: органически и минерални варовици (берпас-хотрив)
- Разломи**
- Разсед
 - Възлед
 - Разсeda-отсeda с бразди на трaсене
 - Разлом с неопределена кинематика
- Забележки:**
- С проекционни линии са показани предполагаемите (интерпретиранни) разломи
- Описни точки**
- Точки с масово измерване на пукнатини
 - Точки с измерване-сложка документация и измервания
 - Картировъчни точки
- Условни означения на структурните диаграми**
- b - повърхност на борга
 - ss - слоевост
 - J₁₋₃ - структурни пукнатинни групи
 - J₄₋₆ - несистематични пукнатини
 - f - разломи



Обобщена диаграма на основните пукнатинни групи в кариера „Люляката“

Фиг. 1. Геологоструктурна карта на кариера „Люляката“ с представени структурни диаграми по измервателни станции (точки) и обобщен пукнатинен модел на кариерата.



Фиг. 2 Фотопанорама на грабена в югоизточната част на кариера „Люляката“ с геоложка интерпретация.

тините от тази група са окислени. Макар и рядко, по някои от тях са развити харниши. Преобладават незапълнените пукнатини – много рядко се наблюдават тънки (до mm) калцитни прожилки, които са свързани с харнишите. На места се установяват и тънки глинести примазки. Гъстотата на тази пукнатинна група зависи от местоположението ѝ в разреза – тя е най-голяма в горните стратиграфски нива, в близост до земната повърхност.

- ❖ група j_3 е субекваториална и субвертикална. Посоката ѝ варира от ЮЗ до СЗ, а наклонът е в двете посоки, като преобладава южният. Статистическата ѝ ориентировка, изведена за всички пукнатини в кариерата, е $183/83^\circ$.

Морфологията на двете субвертикални пукнатинни групи j_2 и j_3 е аналогична. Пукнатините са гладки и издържани. Гъстотата им варира, като нараства в разломните зони, които са успоредни на тях. Пукнатините от горните хоризонти са отворени и окислени. Преобладават незапълнените пукнатини, единични са случаите на тънък калцитен или глинест пълнеж.

Ориентировката на двете субвертикални пукнатинни групи съвпада и с ориентировката на двете основни разломни групи. Трите ортогонални пукнатинни групи обуславят много ясен призматичен строеж на варовиците от Каспийската свита. Призмите представляват паралелепипеди с дълги вертикални и къси хоризонтални стени. Съотношението къса/дълга стена зависи от развитието на субхоризонталната пукнатинна група j_1 , съвпадаща със слоестостта ss , т.е. близо до повърхността то е малко (напр. фиг. 1, т. 314), а в дълбочина се увеличава, както е случаят при т. 319 на хор. 160 (фиг. 3). Останалите пукнатини, документираны в отделните точки, са несистематични и имат случаен характер. Те са използвани при определяне на блоковия модел в конкретните разкрития (точки).

Закономерната ориентировка на трите ортогонални пукнатинни групи дава основание да се предположи, че те са свързани с глобалната ортогонална разривна мрежа, съществувала в края на ранната креда, по време на австрийските деформации, проявени на юг от Мизийската плоча в Балканидите.



Фиг. 3. Геологоструктурна фотодокументация и интерпретация на т. 319 от западния борт на хоризонт 160.

Разломи

Освен оградните на грабеновата структура разломи, споменати по-горе, множество разломи са установени и в откосите на кариерата в Каспийската свита. Пространствено тези нарушения могат да се обединят в две групи: субмеридионални (С-Ю) и субекваториални (И-З). За два разлома от първата група може да се определи видимата вертикална амплитуда. Това са разломите, установени при т. 321 и при т. 329 (фиг. 4). Първият разлом представлява разсед с потънало западно крило, с вертикална амплитуда около 2 m, маркиран от тектонска глина и разместване на добре очертани пластове със стилолитова глина. Вторият разлом е също разсед, но с потънало източно крило, с вертикална амплитуда 1 m, също установена по разместването на добре очертани варовикови пластове. По разломната повърхнина се наблюдават харниши и тектонска глина.



Фиг. 4. Разсед с вертикална амплитуда 1m в източния борт на хор. 135, т. 329

Кинематиката на останалите субмеридионални разломи е определена главно по харниши с минерална линейност. По тези критерии е установен разсед, с потънало източно крило при т. 344. Най-вероятно този разлом се свързва с разлома, установен при т. 335, като тук той има характер на десен отсед-разсед, с потънало източно крило. Разсед, с потънало западно крило, е установен и при т. 327. Подобен разсед, но с потънало източно крило, е маркиран и при т. 315. Останалите субмеридионални разломи (напр. при т. 344) са с неизяснена кинематика – маркират се само от тектонска глина (фиг. 5). Тази група от разломи трябва да се схваща като резултат от движението по регионалната Венелин-Толбухинска дислокация.



Фиг. 5. Геологоструктурна фотодокументация и интерпретация на т. 344 от хоризонт 160

Втората група разломи са субвертикални, но с неизяснена кинематика, тъй като се маркират само от тектонска глина. На фигура 6 (т. 343) е показана широка около 10 m зона с тектонска глина, развита по субвертикалната пукнатинна група j₃. Изключение прави разломът при т. 339, по повърхността на който е развита тънка (1÷2 mm) калцитна прожилка с бразди на триене, определящи разлома като ляв отсед-разсед. В т. 316 са установени харниши по две пукнатини, които маркират възседни движения.



Фиг. 6. Геолого-структурна фотодокументация и интерпретация на т. 343 от западния борд на хоризонт 160.

Извършеният анализ на резултатите дава основание да се направи заключението, че Каспичанската свита в рамките на кариера „Люляката“ е засегната от множество разломи, но с малка амплитуда.

Карстификация

В кариерата се наблюдава много добре развит карст, като той е най-ясно изразен по главните пукнатинни групи в масива. По размери карстовите форми варират в много широки граници, като се наблюдават, от кари в най-горните хоризонти на кариерата, до каверни с огромни размери в по-долните нива. Всички каверни на хор. 185, който е най-близо до повърхността, са запълнени с глинест запълнител, като размерите им във видимата част са от 2x4 m до 4x6 m. На хор. 145 при т. 322 също се наблюдава развитие на карст с глинест запълнител, с размери на каверната над 4x6 m. От хор. 160, продължавайки към хор. 145, се проследява карстова система без запълнител с ширина над 4 m. Същата система се проследява в северния борд на хор. 145 при т. 323 (фиг. 7).



Фиг. 7. Развитие на каверна без запълнител по карстова система при т. 323 в северния борд на хор. 145.

Заклучение

Въз основа на проведените теренни изследвания и анализ на събраните при тях данни, могат да се направят следните изводи и препоръки:

- ❖ При разработването на кариерата много удачно е използван пукнатинният блоков модел и по-точно ориентировката на главните разривни нарушения (пукнатини и разломи). Бордовете на стъпалата са разработени по посока на пукнатинна група j₂ (т.е. със север-южна посока), а фронталните им части – по j₃ (т.е. с изток-западна посока). Този подход има две предимства: първото е, че улеснява изземването на варовиците от скалния масив, а второто е, че откосите на стъпалата съвпадат с някои от субвертикалните пукнатинни групи, което благоприятства тяхната стабилност (Георгиева и др., 2015).
- ❖ В голяма част от кариерата, наклонът на бортовете съвпада с наклона на j₂ или j₃, което благоприятства тяхната устойчивост. В отделни случаи, обаче, пукнатинната група потъва срещу наклона на борта, като се образуват висящи блокове, представляващи технологичен риск при провеждане на добивните дейности в кариерата. Такива се наблюдават в западния откос на хор. 160 (източния участък – т. 307 и т. 344) и в западния откос на хор. 185 (т. 338). За хор. 160 този проблем може да се реши чрез изземването на целика, по който минава централният път, а за хор. 185 е необходимо да се намали височината на стъпалото. Образоването на висящи блокове е възможно да се контролира чрез правилно проектиране на последователността на зарядите при извършването на технологични взривявания в кариерата. Това би могло да се предотврати с промяна на проектирането и изпълнението на взривните работи в кариерата.
- ❖ Изземването на скалния масив води до освобождаването на големи пространства и до разтоварването му, което от своя страна предизвиква гравитационно отваряне на пукнатините по посока на свободното пространство. Основен фактор, влияещ върху този процес, е времето, т.е. продължителността на изложение на откосите между две взривявания, както и атмосферните въздействия (най-вече валежите). Освен ясно оформените три ортогонални пукнатинни групи, в района на т. 331 се наблюдава гравитационно завъртане и отваряне на j₂, която е успоредна на

борта. С този процес е свързано и образуването на гравитационни тензионни пукнатини (пукнатини на скъсване) j_1 , които са коси на j_2 . Те са с неравни повърхнини, коси са на главните систематични групи и винаги са наклонени към освободеното (иззетото) пространство (фиг. 8). Влиянието на този процес може да се намали чрез намаляване на свободното пространство пред откоса, т.е. чрез намаляване височината на стъпалата и по-интензивно провеждане на добивните работи в този участък от кариерата.

- ❖ Неравните дъна на стъпалата са проблем, който е свързан, както с геоложкия строеж, така и с технологията на взривните работи. Систематичната пукнатинна група j_1 , съвпада със слоестостта ss. Тя разделя варовиците на пачки с различна компетентност, които реагират различно на взривяването, като създават стъпаловиден релеф на дъната на стъпалата.
- ❖ Друга потенциална опасност, представляваща технологичен риск, свързана и с начина на прокарване на взривните сондажи, е процесът на карстификация. Той се наблюдава предимно по разломите с тектонска глина. Техните повърхнини са окислени, което показва, че те дренират повърхностните води и изнасят глината, като формират карстови кухини с различни размери. Този процес трябва да се има предвид при проектирането на взривните сондажи.

Литература

- Бончев, Ек. *Проблеми на българската геотектоника*. С., Техника, 1971. – 204 с.
- Георгиева, Т., А. Лаков, В. Желев, Г. Айданлийски, Ст. Стоянов. Оценка на устойчивостта на стъпалата на кариера „Люляката“ по метода на Маркланд. – *Сб. докл. XIII Конф. по открит и подв. добив*, 2015. (под печат).
- Йовчев Й., А. Атанасов, Ст. Богданов, Ст. Бояджиев, Ив. Боянов, М. Йорданов, Ил. Кънчев, С. Савов, Г. Чешитев *Тектонски строеж на България*. Техника, С. 1971. – 558 с.
- Чешитев, Г. В. Миланова, Н. Попов, Е. Коюмджиева. *Обяснителна записка към геоложка карта на България в М 1:100 000. Картни листове Варна и Златни пясъци*. Геол. и геофиз. АД, С., 1991. – 75 с.
- Чешитев, Г. В. Миланова, Н. Попов, Е. Коюмджиева. *Геоложка карта на България в М 1:100 000. Картни листове Варна и Златни пясъци*. Геол. и геофиз. АД, С., 1992.

Статията е рецензирана от доц. д-р Ивайло Копрев и препоръчана за публикуване от кат. „Подземно разработване на полезни изкопаеми“.