

ДИАГНОСТИКА НА НДС НА МАСИВА В РАЙОНА НА ТРАНСПОРТЕН ТУНЕЛ КЕТ2 – КЕТ3 НА РУДНИК „ЕЛАЦИТЕ“

Владимир Вутов¹, Венцислав Иванов²

¹ „Геострой“ АД, София

² Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

РЕЗЮМЕ. Извършена е предварителна оценка на НДС на масива в района на транспортния тунел КЕТ3 – КЕТ2 и находище „Елаците“ чрез диагностични методи на геомеханиката. След обобщен анализ на резултатите са дадени изводи и препоръки.

DIAGNOSTICS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE ROCK MASS IN THE AREA OF THE TRANSPORT TUNNEL PCU2 – PCU3 AT THE ELATZITE MINE

Vladimir Vutov¹, Ventsislav Ivanov²

¹ Geostroy, Sofia

² University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. A predicting evaluation of the stress-strain state of the host massif in the design zone of transport tunnel PCU3 – PCU2 and in the district of the ore deposit "Elatzite" is carried out by the diagnostic methods of geomechanics. To the basis of summarized analysis of the results conclusions and recommendations are given.

I. Въведение

Трите главни характеристики определящи напрегнато-деформираното състояние (НДС) на вместващия масив, при минния добив и строителство, са:

- природното поле на напрежения;
- структурните и механичните свойства на изграждащите го скали;
- индуцираните, вследствие технологичните въздействия, в него напрежения, създаващи ново НДС и определящи устойчивостта му, т.е. условията за осигуряване динамиката, безопасността и ефективността на минно-строителните работи.

В статията са описани изследвания и анализи за диагностика и оценка на естественото напрегнато състояние (ЕНС) на масива, за геомеханично осигуряване на проекта и строителството на транспортен тунел, свързващ корпусите за едро трошене КЕТ2 и КЕТ3, чрез гумено-лентов транспортър. Дължината на тунела е 560 m, формата подковообразна, със сечение 10,6 m². Тунелът е праволинеен, ситуиран в СИ част на рудника, с ос, ориентирана на север (А 357°) и с наклон 9°, по направление Ю-С. Трасето на тунела от 0 – 280^я m и от 440 – 560^я m преминава през естествен скален масив, с максимална дълбочина 90 m. Част от трасето на тунела – около 130 m, преминава през техногенен насип от уплътнени скални късове, с дебелина m.

II. Обобщена изходна информация

Скалният масив на находище „Елаците“ се състои основно от три вида скали [1, 2]:

- метаморфен комплекс, съставен от шисти, филити и хорнфелзи, изграждащи южната част;
- интрузивен комплекс, представен от разновидности гранодиорити (амфиболити и амфиболбиотитови), изграждащи централната и северната части;
- дайкови скали, процепващи и двата комплекса, внедрени както в шистите, така и в гранодиоритите.

Масивът вместващ тунела, е съставен от еднотипни скали [3] – амфиболбиотитови гранодиорити, които по трасето, по геоложки [3] и геомеханични [4] характеристики са обособени в ясно разграничими участъци, както следва:

- I участък, обхващащ трасето от южния портал (КЕТ3) до 280^я m, изграден от непроменени гранодиорити, категория R5 [5], RQD = 70 ÷ 80% [4], съдържащ почти всички разломни нарушения.
- II участък, съставен от две зони, простиращи се от 280 – 300 m и от 420 – 440^я m, изградени от изветрели гранодиорити, категория R3/R4, с RQD от 50 ÷ 55%.
- III участък – техногенен масив, изключен от това изследване.
- IV участък, с дължина 120 m (от 440^я до 560^я m) – от насипа до изхода (при КЕТ2) на транспортния тунел. Скалите в него са категория R3 и RQD на масива се изменя в диапазона 43 ÷ 50%.

Находище „Елаците“ е нарушено от различно проявени, в отделните участъци, системи пукнатини [1, 3]. Най-интензивна е напукаността по системите с ориентация ССИ и ЮЮИ [1].

Находището се приема за слабооводнено [3], но в участък I на тунела, по част от пукнатините и тектонските разломи, изтичат безнапорни води [6].

Тектониката, структурните условия, характеристиките на минерализация и условията на рудообразуването на региона и находище „Елаците“ са били предмет на задълбочени изследвания [1, 2, 6, 7, 8]. Установено е, че скалният масив е нарушен от системи разломи вследствие многоетапни алпийски и младоалпийски тектонски въздействия. Основно значение за тектонския строеж на региона има ареалът на пресичането на Задбалканската, Етрополската [7, 1] и Панагюрската дълбочинна [8] разломни зони. В находище „Елаците“ те са представени от руптурите на Пристанищенската (С – СИ) и Елашките (И, ЮИ) системи – основните рудообразуващи и рудо-контролиращи структури, както и субпаралелните на тях, снопове разломи от по-ниски рангове.

III. Изследване за оценка на НДС на масива

III.1. Методическа постановка

Определянето на естественото напрегнато състояние на масива може да се реализира чрез два методически подхода [9, 10, 11]:

а) диагностичен, базиран на анализ на геоложки, тектонофизични и сеизмологични данни, позволяващ определянето на генотипа на полето на напрежения и разпределението на максималното главно действащо напрежение;

б) експериментален, базиран на специализирани инструментални методи за „in situ“, количествено определяне на магнитудите и ориентацията на компонентите на полетата на напрежение.

Целта на представеното изследване е да се извърши определяне, реконструкция и оценка на естественото поле, чрез геомеханичен анализ на тектонския строеж на находището и проблемния участък.

Известни са няколко методики за диагностика на природното поле [10, 11, 12, 13]. Най-използваните [14, 15, 16, 17] от тях, са основани на реконструкция на полето, чрез изучаване характеристиките (размерност, разпределение и кинематика) на образуванията от него разломи. Решава се обратната задача – определя се вида и разпределението на полето, чрез анализа на параметрите на обусловените от него разломи, в следната методична последователност:

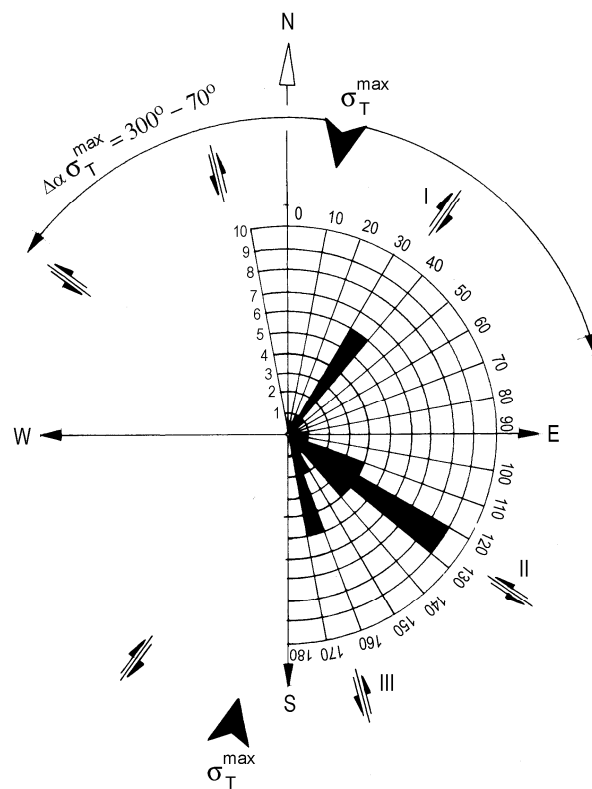
- построяване на сводна диаграма на разпространение на разломите;
- определяне на спрегнатите системи (динамодвойки) разломи;
- определяне на общия азимутален интервал, съответстващ на всички спрегнати системи;
- оценка на структурата и характера на естественото поле и определяне на правлението на действие на максималния натиск в условията на неравнокомпонентно разпределение.

Необходимо е да се отчете още едно обстоятелство. Разпределението на полетата на напрежение в земната кора, като правило, е нехомогенно [11, 12, 13]. Това се дължи на структурните й нееднородности, особености в геодинамичните процеси, разнообразната литосфера и размерите на отделните й участъци [17]. Отбелязаното означава, че приложението на описаните по-горе методики трябва да отговаря на две условия: Всяка диагностика на полето се отнася само за участъка от земната кора, за който е извършена и, че за извършването й следва да се използват онези разломи, които са съизмерими с размерите на изучавания район.

III.2. Диагностика на естественото напрегнато състояние

А. ЕНС на находище „Елаците“

Диагностиката е извършена по данни, получени след проучване, анализ и систематизация на цитираната по горе изходна информация за геологията, тектониката и съответния графичен материал (карти, разрези, схеми) на района. Резултатите от изследването са показани на фиг.1, където е изобразено азимуталното разпределение на установените в находището разломи. От диаграмата е



Фиг. 1. Сводна диаграма на разпределение на разломите в находището

σ_T^{\max} - направление на максималния тектонски натиск; $\Delta\alpha\sigma_T^{\max}$ - диапазон на изменение на ориентацията на максималното тектонско напрежение

видно, че те образуват три системи: I ($A = 20-50^\circ$) – наречена в източниците Пристанищенска, II ($A = 90-140^\circ$) – наречена Първа Елашка и III ($A = 140-170^\circ$) възприета като Втора Елашка. Извършеното литературно проучване установи, че за съществена част от разломите и на трите

системи няма данни, или не е изучавана кинематиката им на придвижване [1]. Това налага, при определянето кои от системите са спрегнати да бъде използван друг критерий, базиран на обстоятелството, че при спрегнати системи, в сектора на минималния тектонски натиск (на относителен опън), ъгълът между тях обикновено е равен или по-голям от 90° [14, 16]. На това условие отговарят двойките системи I – II (90°) и I – III (135°). По-големият ъгъл мотивира избора като спрегната система да се приеме динамодвойката I – III.

Полученият резултат позволява определянето на направлението на действие на максималния тектонски натиск σ_T^{\max} и най-вероятния диапазон на изменение на направлението му на действие. От фиг. 1 е видно, че направлението му е субмеридионално, а диапазонът му на изменение в геоложката история е бил в интервала от 300° (СЗ – ЮИ) до 70° (СИ – ЮЗ). Тъй като сводната диаграма отразява всички разломи, образувани от многократните тектонски въздействия в района, анализът им позволява да бъде определен най-вероятния диапазон на изменение [16] на направлението на максималния тектонски натиск σ_T^{\max} . Този диапазон, (при които е възможно образуването на системите разломи I, II и III), определящи

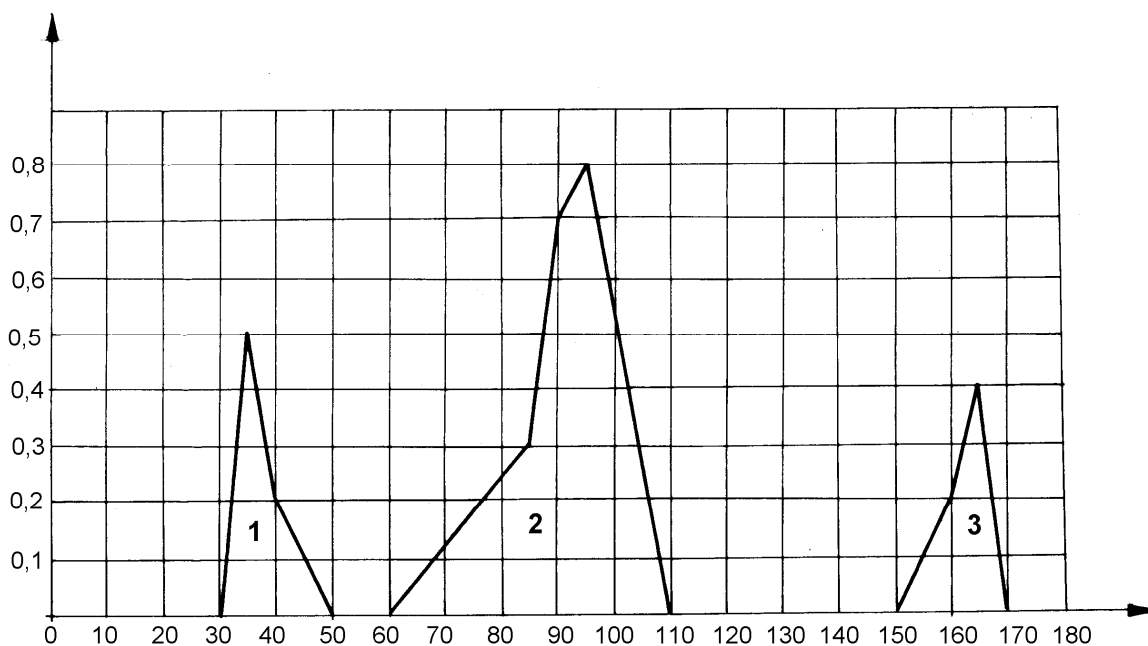
структурните условия за локализация на находище „Елаците“ е 130° (СИ – СЗ).

Като едно потвърждение на гореизложеното са публикуваните изследвания на нарушеността на масива [3, 1], където установените системи пукнатини по ориентация и интензитет са в съгласие с резултатите на извършената диагностика на ЕНС на находището.

Б. ЕНС в района на транспортния тунел

Диагностиката на локалното поле на проблемния участък е извършена по описаната вече методическа последователност. Специфичното е, че използваната изходна база данни е от геоложкия екзекутив, при прокарването на тунела [6], а систематизацията и обработката им е извършена чрез допълнително въведени критерии за повишаване достоверността на оценката.

Установените разломи са категоризирани в групи. Групирането им е извършено по тяхната размерност [12], възприемайки постановката, че всяка група разломи са образувани от тектонски напрежения с еднакъв мащаб на въздействие [15, 17]. Като критерии за групирането са използвани параметрите протяжност (Persistence) и дебелина на разлома (Aperture) [5]. Получените резултати са показани на фиг. 2.



Фиг. 2. Диференциация на разпределение на разломите групирани по мащаб на тектонско въздействие

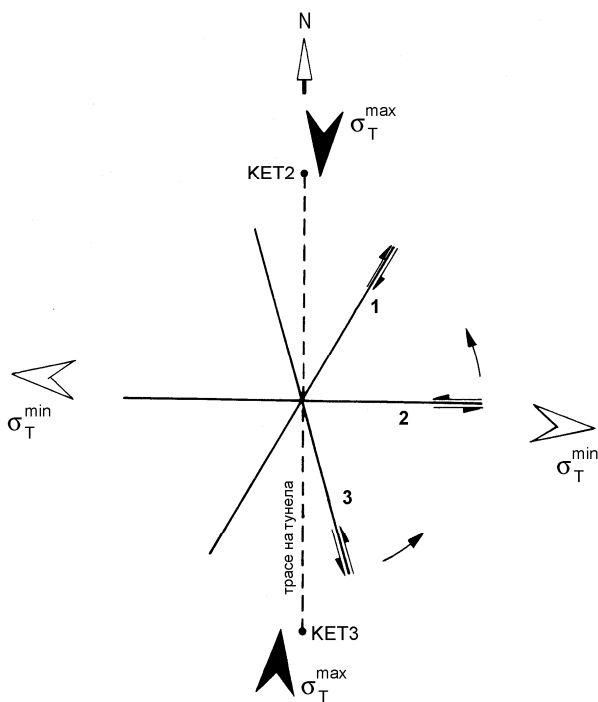
От фигурата е видно, че разломите в участъка са обединени в три (1 – 3) категории на тектонско въздействие. Ориентацията на разломите има три ясно очертани максимума на азимутално разпределение с пикове на модалните им стойности, съответно $30^\circ - 40^\circ$ (за група 1); $95^\circ - 110^\circ$ (група 2) и $160^\circ - 170^\circ$, за третата група.

Полученото разпределение на групираните системи разломи е показано на фиг. 3. То позволява да се реконструира естественото поле, да се определят кои са спрегнатите системи и чрез тях, разпределението на

компонентите на напрежение на това поле, в участъка на транспортния тунел.

Използваната от нас информация в [6] също не съдържа данни за кинематиката на разломите. В случая, отново е приложен критерият базиран на големината на ъгъла ($\Delta\alpha$) между направлението на системите, в сектора на относителен опън. От резултатите е видно, че $\Delta\alpha^{CP}$ за системи 1 – 2 е около 60° , за системи 2 – 3 е 75° и за системите 1 – 3 диапазонът се изменя в интервала $130^\circ - 140^\circ$. Съгласно приложената методика спретнати системи СИ 1 – 3, от което следва, че средния азимут на

действие на максималния тектонски натиск σ_T^{\max} в участъка на тунела е 5° (С – Ю).



Фиг. 3. Разпределение на полето в района на транспортния тунел

Известни са изследвания [5, 15, 16], доказващи че разсейванията в ориентацията на разломванията на всяка система съдържа информация за характера на напрегнатото състояние, в процеса на разрушаване. В тях е установено, че модалните стойности на разсейванията са насочени към сектора на максималния натиск. От фиг. 2 е видно, че в графиките на честотите на групи 2 и 3 разпределенията на честотите са с лява асиметрия, т.е. те са насочени към сектора на максималния натиск, посочени със стрелки и на фиг.3). Това, според нас, се явява като допълнителен критерий за правилността на описаните анализи.

Заключение

Извършена е диагностика на естественото поле на напрежение на масива в участъка на транспортния тунел на рудник „Елаците“. Етап от изследването е оценка на природното поле на находището. Получените резултати обуславят следните изводи:

1. Естественото напрегнато състояние на находище „Елаците“ е от тектонски генотип. Направлението на действие на максималния тектонски натиск е субмеридионално, изменящо ориентацията си през претърпените многоетапни тектонски въздействия от СЗ ($A \approx 300^\circ$) до СИ ($A \approx 70^\circ$).

2. Локалното естествено поле на напрежения в района на тунела КЕТ3-КЕТ2 е в съгласие с полето на находището. В резултат на взаимодействието между гравитационните и тектонските компоненти то е с формата на

елипсоид, с оси σ_T^{\max} ($A_{cp} = 5^\circ$), σ_T^{\min} ($A_{cp} = 95^\circ$) и изменяща се височина от ~ 2 МРа (в най-дълбоката част на трасето му) до около 0,8 МРа, в най-плитката му (при КЕТ2) относно повърхността част.

3. Избраната ориентация и форма на сечението ($A = 357^\circ$), подковообразна на тунела, спрямо разпределението на естественото поле са оптимални и ще благоприятстват изграждането и дълговременната устойчивост на съоръжението.

4. Количествено определяне на параметрите на индуцираното поле може да се извърши само чрез in situ измервания, по програма, основаваща се на представената диагностика.

Литература

1. Калайджиев С. и др. Структурни условия за локализацията на медно-порфирното находище „Елаците“. БГД XLV, кн. 2, 1984.
2. Иванов Ж. и др. Структурна характеристика на находище „Елаците“ – строеж и регионална позиция. Геол. архив, р-к Елаците.
3. Инженерно-геоложки доклад за тунела. Архив Геотехмин ЕООД.
4. Vutov V., V. Ivanov. Geomechanical Logistics of the construction of a transport tunnel at the "Elatsite" mine. Bulgaria, Proc 8th International Symp ISTI'11, Zlatibor, 2011, Serbia.
5. ISRM Suggested Methods "Rock Characterisation" – Testing and Monitoring Pergamon Press, 1981.
6. Геоложки доклад за тунела – екзекютив, архив ГЕОТЕХМИН ЕООД.
7. Бончев Е. Проблеми на българската геотектоника. Техника, С. 1971.
8. Цветков К. и др. Белези на основната рудоконтролираща структура в централно Средногорие. Сп. БГД 39, 1, 1978.
9. Марков Г.А. О разпределении горизонтальных тектонических напряжений вблизи поверхности в зонах поднятия земной коры. ФТПРПИ, 5, 1975.
10. Турчанинов И. А. Основы механики горных пород - Недрa, 1978.
11. Herget G. Stresses in Rock. A.A. Balkema, 1982.
12. Гзовский Н.В. Основы тектонофизики. М., Наука, 1975.
13. Blith F. G. H. A Geology for Engineers. 7th Edition, 1988.
14. Белов Н.И. и др. Методические рекомендации по изучению НДС горных пород. МР-41-06-079-86, М., ВНИИГ, 1987.
15. Рубецкий Ю. Л. Разлом - особое геофизическое тело в земной коре. Сб. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле, том 2, 2008.
16. Реконструкция палеонапряжений двумя независимыми группами исследований. Сб. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. Т. 1, М., 2008.
17. Николаев П. Н. Системный подход в анализе и картировании полей тектонических напряжений. Методология, АН СССР, 1981.