

## Относно някои аспекти на геотехническите проучвания на терени разположени над ликвидирани рудници

Сергей Боянов <sup>1</sup>, Валентин Пожидаев <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

<sup>2</sup> Геохидроконсулт ООД, София

### ABOUT SOME ASPECTS OF GEOTECHNICAL RESEARCHES OF TERRAIN ABOVE LIQUIDATED MINES

**ABSTRACT.** After the activity connected with ore-extraction and processing are finished the areas polluted by heavy metals remain. Very often they are used for making depots for hard and liquid waste products.

At designing structures it is especially important to study the building basis itself, as well as zones of destruction above underground mines working, and also geodynamic zones described by higher permeability. The practice testifies that standard geotechnical methods, which include drilling of wells and also geological description and the laboratory tests of physical and mechanical parameters of rocks, do not provide necessary reliability and presentability of received results, and demand significant resource and time.

The geophysical methods, which include a method of azimuthal electromagnetic research and also seismic investigation (registration of refracted waves) allow efficiently with any density and high accuracy to determine target parameters of researched massif, to classify the area by a complex of civil-geological parameters and to minimize the expenditure necessary for drilling and laboratory researches.

The author of the report present the results of application of these methods at the research of a building-site in tail pond "Eleshnitca" and regional depot for rubbish in area of mines "Propadnala voda".

След ликвидирането на рудодобивната и рудопреобладаващата дейност остават райони, замърсени с тежки метали и други вредности.

В някои случаи тези райони се използват за изграждане на депа за промишлени и битови отпадъци. При проектирането на съоръженията е особено важно да се картира строителната основа, зоните на обрушаване над подземните изработки, и геодинамичните зони, характеризиращи се с по-висока проникваемост.

В условията на ресурсен дефицит и либерализация на икономическите отношения се наблюдава стремеж към минимизиране на количеството на предпроектните изследвания – намаляване на видовете и обемите теренни работи и използване на преки инженерно-геоложки и геотехнически методи – сондиране, пробовземане, пенетрации и крипчатки.

Преките методи не осигуряват необходимата достоверност и представителност на получаваните резултати тъй като се залагат в дискретни точки- директивно или по целесъобразност (наличие на естествени подходи, сондажни площадки, водоподаване и прочее).

Реализацията им същевременно изисква значителни ресурси на средства и време.

Линейната интерполация и апроксимацията на данните за веществения състав и структурните особености на геоложкия разрез на по-големи разстояния от няколко пъти диаметъра на изработката в повечето случаи е некоректно и свързано с големи неточности.

Проектните решения се приемат в съответствие с наличната геотехническа информация и в редица случаи са далеч от оптималните.

Това води не само до увеличаване на стойността на строително-монтажните работи, но и до рискове при изграждането и експлоатацията на съоръженията.

Един от примерите за такива случаи е рекултивацията на хвостохранилището на завод "Звезда" в село Елешница.

В хвостохранилището са депонирани огромни обеми скална маса, плучена от преработката на уранова руда. С цел да се минимизира екологичния риск обектът е включен в PHARE програма, предвиждаща запечатване на повърхността му, биологическа рекултивация и управление на водите.

Предпроектните проучвания са извършени от немската фирма Uran Erzberg Bau, ДСО "Редки метали" "Енергопроект", и са обединени в "Окончателен доклад за основните насоки на проекта от 28 януари 1998г".

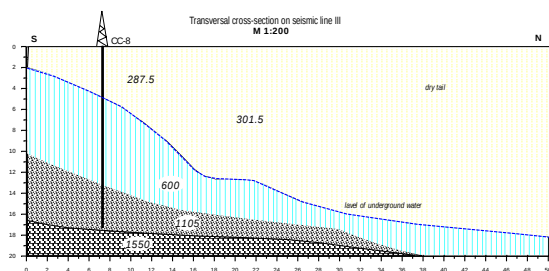
Изпълнител на строително-монтажните работи е "Главболгарстрой"-София. За прихващане и отвеждане на повърхностните води се предвижда изграждането на бетонов колектор с квадратно сечение, фундиран на дълбочина 4-10 m под нивото на хвоста.

Проектното решение е прието на основата на наличната инженерно-геоложка информация: ниво на подземните води – 30 m под повърхността на хвоста и геоложки разрез изграден от дребно-среднозърнести пясъци с глинести прослойки.

През 2003 г. по задание на "Главболгарстрой" бяха извършени допълнителни проучвания по трасето на проектирания колектор.

Проучванията включваха 5 профила сеизмично профилиране, 100 точки азимутално електромагнитно профилиране, 9 сондажа и 27 броя лабораторни изпитвания на сондажната ядка.

На фигура 1 е показан напречен сеизмо-геоложки разрез през левия бряг на хвостохранилището, изчертан по резултатите от сеизмичното профилиране.



Фиг. 1. Напречен сеизмо-геоложки разрез през сондаж CC-8

Литоложките граници между наслагите изграждащи хвоста и коренните скали се картират по диференциацията на скоростите на разпространение на вълните.

Особено контрастно се проявява нивото на подземните води. Вижда се, че депресионната крива се характеризира с висок градиент по посока към централната част на чашата на хвостохранилището, образувайки доста сложни форми, контролирани от разпределението на глинестата фракция.

В таблица 1 са сведени основните сеизмични параметри за различните литоложки разновидности, изграждащи чашата на хвостохранилището и непосредствена земна основа под него.

Таблица 1.

| Литоложка характеристика | Vp<br>m/s | Vs<br>m/s | $\gamma$<br>g/cm <sup>3</sup> |
|--------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|
| Хвост, над ВН            | 266.96    | 222.74    | 1.28                          |
| Хвост, под ВН            | 407.62    | 195.04    | 1.41                          |
| Чакълеста глина          | 576.19    | 373.03    | 1.53                          |
| Силно изв. скали         | 631.87    | 1.89      | 2.31                          |
| Слабо изв. скали         | 1654.72   | 897.19    | 1.97                          |

Хвостохранилището попада в сеизмична зона 9-та степен и е с коефициент на сеизмичност 0,27 /НПССЗР-87/. Различните литоложки разновидности по различен начин реагират на един и същи сеизмичен импулс. Изменението на балността на сеизмичното въздействие върху хвоста по отношение на въздействието върху коренните скали се изчислява по модифицираните формули на Медведев [1].

За хвоста над нивото на подземните води се използва формулата:  $\Delta I = 1.67 \cdot \lg(\gamma_e V_e / \gamma_i V_i)$ . За хвоста залягащ под нивото на подземните води се използва формулата:

$$\Delta I = 1.67 \cdot \lg(\gamma_e V_e / \gamma_i V_i) + \beta \cdot \exp(0.04 h^2),$$

където:  $\Delta I$  - изменение на балността (т.е реакцията към сеизмичното въздействие);  $\gamma_e$  - обемно тегло на изветрелите коренни скали;  $\gamma_i$  - обемно тегло на хвоста;  $V_e$  - скорост на еластичните вълни за коренните скали;  $V_i$  - скорост на еластичните вълни в хвоста;  $h$  - дълбочина на залягане на подземните води.

За хвоста, залягащ над нивото на подземните води оценката на  $\Delta I$  е 1.78, а за хвоста, залягащ под нивото на

подземните води приема стойност 2.83. Това означава, че при земетресение VI степен утайките ще реагират както при 7.78 и 8.83 степен съответно над и под нивото на подземните води. Втечняването на хвоста, дори без оглед на естествената му влажност ще се осъществи при земетресение с магнитуд около 6. 0 бала.

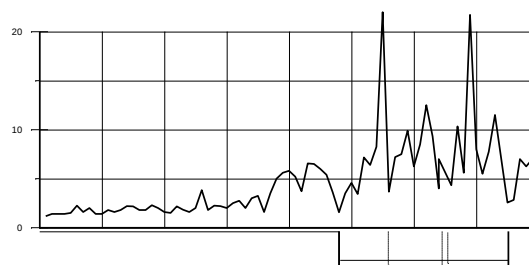
Подобни резултати (Таблица 2) се получава Ст. Стойнев с използване на разработената от него методика основана върху анализа на веществения състав и консистенцията на почвите

Таблица 2.

| Лаб.№ | FL          |             |             |
|-------|-------------|-------------|-------------|
|       | $I_d=0.66$  | $I_d=0.76$  | $I_d=0.90$  |
| 5490  | <b>0,50</b> | <b>0,57</b> | <b>0,68</b> |
| 5491  | <b>0,52</b> | <b>0,60</b> | <b>0,71</b> |
| 5492  | <b>0,49</b> | <b>0,57</b> | <b>0,67</b> |
| 5493  | <b>0,94</b> | 1,08        | 1,28        |
| 5494  | <b>0,52</b> | <b>0,60</b> | <b>0,71</b> |
| 5495  | <b>0,91</b> | 1,05        | 1,24        |
| 5496  | <b>0,94</b> | 1,08        | 1,28        |
| 5497  | <b>0,51</b> | <b>0,59</b> | <b>0,70</b> |
| 5498  | <b>0,53</b> | <b>0,61</b> | <b>0,72</b> |

Тиксотропните свойства на хвоста при динамични въздействия, са изчислени по формулата:  $F = RL/L$ , където  $F$  - фактор на протичане - когато е по-малък от 1 се втечнява;  $RL$  - съпротивление срещу втечняване - при  $Mc > 6$   $RL = 0,00350 \times I_d$ ; при  $Mc < 6$   $RL = 0,00189 I_d$ ;  $L$  - сеизмично натоварване =  $K_c \times (1 - 0.015z)$ ;  $z$  - дълбочина на залягане на пласта;  $I_d$  - относителна плътност;  $Mc$  - съдържание на глинеста фракция;  $h$  - дълбочина на подземните води.

На фигура 2 са показани разпределения на енергията и коефициента на анизотропност на електромагнитното поле.



Фиг. 2 Разпределение на енергията на електромагнитното поле (E)

Вижда се, че източната и западната част на хвостохранилището се различават и по двата параметъра, което свидетелства за наличието на активни геодинамични процеси в източната част. Двата блока са отделени един от друг от разсед, който се картира и от сондажите. С оглед на това, че физическата дълбочинност на метода на Азимуталното електромагнитно профилиране в дадените условия е около 3 м, а горната част е представена от натрупан и трамбован изолационен материал с дебелина 1 м, може с увереност да се твърди, че използваната технология не осигурява изолацията на радиоактивните газове, тъй като в настилката са се проявили деформации, по

които проникват еманациите. В зоните с аномално високи електромагнитни параметри проникваемостта е по-висока, а якостните свойства на почвите по-ниски и. Същите се характеризират с временна изменчивост на регистрирания сигнал, свидетелстваща за проявата на нео сеизмо-тектонски процеси обусловени от цикличното изменение на напрегнатото състояние във зоните на взаимодействие между структурните блокове. Тези процеси неминуемо ще засегнат и проектирания колектор, ако бъде изграден по предвиденото трасе.

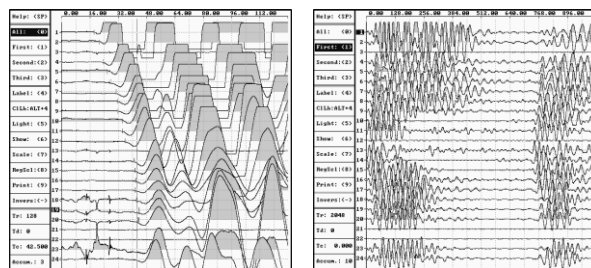
В резултат на извършените проучвания бе установено, че:

- Колекторът попада в пласт, представен от "особени" техногенни строителни почви, определени като слаби почви от група "В". Те са в течно и меко пластична консистенция. По НППФ се характеризират с основно изчислително натоварване от 0,06 до 0,15 МПа
- Нивото на подземните води в осем от всичките деветте сондажа бе установено на дълбочини от 0,77 до 2,80 m. от повърхността на терена, а коефициентът на филтрация на пласта, в който ще бъде извършено фундирането варира от 0.01 до 0.15 м/д. Почвите са склонни да проявяват тиксотропни свойства, а в зоните, където пясъчната фракция преобладава да се проявяват като плаващи, т.е. да преминават в подвижно състояние. Под водното ниво, при извършване на масовия изкоп е възможна суфозия.
- Предложеното решение за изграждане на бетонов колектор е нерационално за съществуващите инженерно-геоложки условия

Друг пример за необходимостта от специализирани проучвания е регионалното депо за битови отпадъци около Созопол, при строежа на което на повърхността започват да се образуват ями. МОСВ възлага извършването на допълнителни проучвания с цел картиране на зони на обрушаване над минните изработки. В изпълнение на техническото задание бяха извършени геологоструктурно картиране, измервания по метода на азимуталното електромагнитно (АЕМП) в 437 точки и сеизмични измервания по 14 профила. Сеизмичните измервания включват измервания по метода на пречупените и отразените вълни с независима регистрация на надлъжните и напречните вълни. Разглежда се два класа целеви обекти). Първият – зони на разкъсване на теренната повърхност. Вторият – зони на засводяване над отработените рудни тела.

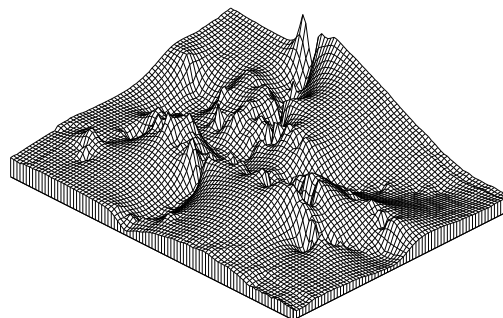
Скалният масив се разглежда като еднородна естествено напукана среда. Измененията на напрегнато-деформираното състояние се проявяват като аномалии в електромагнитното поле, измерено по метода АЕМП. Възможните скоростни граници са границата под зоната на изветряне и границите между различните петроложки свити.

На фигура 3 са показани вълновите картина, съответствено на речупени и отразени вълни измерени в ненарушен масив (профил 14). Всяко отсъствие на корелация между трасетата и изменение на наклона на границите свидетелства за веществено-структурна нееднородност.



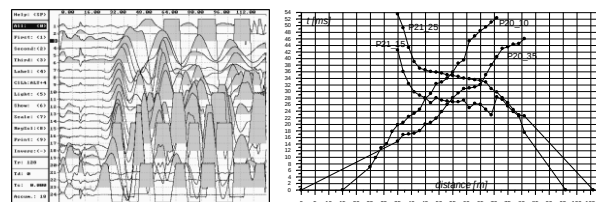
Фиг. 3. Типични вълнови полета в ненарушен масив

Теренните измервания започват с метода АЕМП, по резултатите от който оперативно се картират зоните с проявление на геодинамични процеси. На фигура 4 е показано перспективно изображение на структурния параметър на електромагнитното поле. Вижда се, че рудна жила 162 се характеризира с регионална аномалия, а локалния, издържан минимум в нея съответства на зоните на разтоварване. Разтоварените части, съответстващи на образували се “комини” се картират и над другите рудни жили като локални отрицателни аномалии с ограничени размери и изометрична форма. Отделените по този начин площи, характеризиращи се с аномални разпределения подлежат на оценка със сеизмични методи.



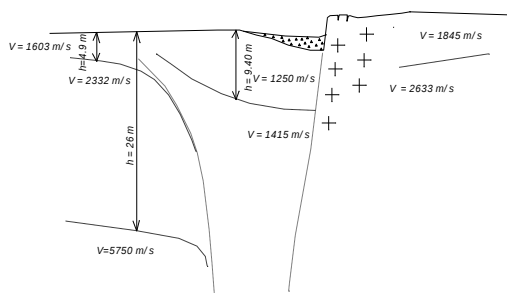
Фиг. 4. Структурен параметър на електромагнитното поле  $S_p = A/E$

На фигура 5 са показани вълновата картина и съответстващите ѝ ходографи на пречупените вълни, на които се вижда ясно “временния праг”, след границата, съответстваща на изветрялата зона.



Фиг. 5. Сеизмограма и ходографи на сеизмичните вълни над нарушена зона

На фигура 6 е показан напречен разрез през зоната на обрушавката над рудна жила 162, изчертан по резултатите от сеизмичните и електромагнитните изследвания.



Фиг. 6. Напречен разрез през обрушовката по рудна жила

По данните от геофизичните изследвания се определя, че цялата зона над рудна жила 162 се характеризира с развитие на геодинамични процеси над рудните изработки (обрушовки), достигащи горните хоризонти на геоложкия разрез или проявени на повърхността. В някои от другите участъци се предполага развитието на локални пропадания, образуващи се над слепи шахти или "комини". Резултатите от геофизичните изследвания напълно се съгласуват с резултатите от маркшайдерските и геомеханичните изчисления за развитието на процесите.

## Изводи

В районите, повлияни от рудодобивна или рудопереработваща дейност се проявяват природно-техногенни процеси, изменящи инженерногеоложките и хидрогеоложките условия в горната част на геоложкия разрез, предвидена за стопанско използване.

Стандартните инженерногеоложки методи за предпроектно проучване са неефективни при изследването на такива райони, от една страна поради специфичните геометрични размери и конфигурацията на целевите обекти – каверни, зони на обрушаване, лещи и пр., а от друга поради присъщите им физически ограничения - невъзможност за картиране и класификация на геодинамични зони, оценка на

теренните условия върху сеизмичната устойчивост и други.

В съществуващото техническо законодателство отсъства нормативна база, регламентираща обема и състава на необходимата предпроектна информация и изисквания към методиката за нейното получаване. Липсват нормативно осигурени критерии за оценка на качеството и съответствието на предоставяната в инженерно-геоложките и хидрогеоложките доклади информация към целите и задачите на строителството. Процедурата за приемане на резултатите от прединвестиционните проучвания е неефективна. Една от причините за това е отсъствието на количествен критерий, обединяващ геоложката и икономическата ефективност на проекта.

Създаването на такава нормативна база е крайно необходимо.

Опитът от проучването на редица обекти свидетелства, че е целесъобразно да се извършва изпреварващо геофизично изследване, както на цялата строителна площадка, така и непосредствено по трасетата и площадките на проектираните обекти, независимо от наличието на предпроектни инженерно-геоложки проучвания.

Технологията на проучването включва картиране на цялата площ с метода на азимуталното електромагнитно профилиране (АЕМП) по гъста мрежа и сеизмични изследвания в аномалните участъци и зони.

За потвърждаване на прогнозите за наличие на целеви обект се прилагат "преки" геотехнически и методи.

Използването на предложения подход не само повишава геоложката ефективност, но и икономическата ефективност на целия процес по изграждането и експлоатацията на съоръженията.

## Литература

Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Под ред. О.В. Павлов, Москва, "Наука", АН СССР, 1988 г, 222 стр.