

ГЕОТЕХНИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ГЛИНИТЕ ОТ НАСИПИЩАТА НА РУДНИК "ТРОЯНОВО СЕВЕР" КАТО СТРОИТЕЛНА ОСНОВА НА ОБСЛУЖВАЩИТЕ ПЪТИЩА

Виолета Иванова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: wivanova@abv.bg

РЕЗЮМЕ: Извършени са геотехнически изследвания на насипищните глини (в нарушено състояние) в рудника. Изведени са корелационни зависимости между механичните показатели. Изследването характеризира глините като строителна основа на обслужващите руднични пътища във връзка с подобряване на съществуващите и избор на нови технологии за изграждане, текущо поддържане и ремонт, и гарантиране на добро техническо състояние през експлоатационния им период.

GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF "TROYANOV SEVER" PIT DUMP CLAYS AS A SERVICE ROADS FOUNDATION

Violeta Ivanova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: wivanova@abv.bg

ABSTRACT: Geotechnical investigations of pit dump (rough ground) clays as service road foundation were made. Correlation between mechanical parameters was worked out. The investigation characterized the clays as a foundation of service mining roads in relation to actual technologies improving and new building technologies choosing, running maintenance and good technical conditions warrantee during exploitation period.

Въведение

Автомобилните пътища в рудниците на "Мини Марица изток" ЕАД имат обслужващи функции. Предназначени са за транспортиране на хора, резервни части и агрегати за тежката минна механизация и консумативи за тях, специализирана техника (прикачни платформи за пренасяне на булдозери, еднокотови багери и др. от една точка на открития рудник до друга и пр.), подвижни ремонтни работилници, общостопански товари (строителни материали, взривни материали и аксесоари и др.), автоцистерни, автогрейдери и др. Т. е., те нямат технологични функции за транспортиране на откривка и/или въглища, но независимо от това, в хода на тяхната експлоатация се натрупват значителни остатъчни деформации.

Остатъчните деформации по обслужващи руднични пътища, изградени върху насипищни глини (нарушен масив) са по-интензивни от тези за пътища, изградени върху откритите хоризонти (ненарушен масив). Причина за това е значително по-ниската носеща способност на насипищните глини в сравнение с тази, на глините от откритите хоризонти. В резултат, твърде често през есенно-зимния сезон, както и след продължителни проливни дъждове, тези пътища, ако не са с бетонова или асфалтова настилка, тези пътища стават значително по-трудно проходими. Това води до удължаване времето за смяна на работните смени по тежката минна и транспортна механизация (багери, насипообразователи, задвижващи и обръщателни станции и претоварачи), намаляване коефициента на използването ѝ по време на смяната, а оттам и

сnižаване производителността на Разкривните транспортно-насипищни комплекси (РТНК), и на рудника като цяло.

Това, в удовлетворяваща практиката степен, може да се преодолее, ако в сега прилаганите технологии за изграждане, поддържане и ремонт на обслужващите руднични пътища се внесат целесъобразни корекции. Ревизията на тези технологии налага изследването на геотехническите свойства на насипищните глини по методика, съобразена със спецификата на изграждането, поддържането и ремонта на тези пътища.

Целенасочени изследвания в този смисъл бяха проведени при изпълнение договорни тематики с рудник "Трояново 1" и "Мини Марица изток" ЕАД (Смилянков, Иванова и др., 2008), резултатите от които са представени тук.

Методика на изследванията

Изследваните глини са от вътрешното и външните насипища на рудника. Геотехническите им показатели са определени в лабораторията по инженерна геология към катедра "Подземно строителство" на МГУ "Св. И. Рилски". Взетите за лабораторно изследване проби са неуплътнени и водонаситени. Физичните им показатели са определени преди, и след уплътняване, а механичните - след уплътняване при вертикален товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Този товар отговаря на специфичното натоварване, упражнявано от тежкотоварната техника, преминаваща по вътрешно рудничните обслужващи пътища.

В лабораторни условия са изследвани следните показатели:

- естественото водно съдържание W_n , % и водно съдържание W , % след уплътняване при вертикален товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ (БДС 644-83);

- обемната плътност ρ_n , g/cm^3 и обемна плътност ρ , g/cm^3 след уплътняване при вертикален товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ (БДС 647-83);

- якост на срязване $\tau \cdot 10^5 \text{Pa}$ при вертикален товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ (БДС 10188-82);

- специфично съпротивление при пенетрация $P_m \cdot 10^5 \text{Pa}$ определено чрез автоматичен пенетрометър тип OFD с конусен крайник с ъгъл при върха 30° и възможност за прилагане на товар, при който конусът да потъва $3 \div 10 \text{mm}$ (Демирев и др., 1979).

Установяването на зависимости с коефициент на корелация над 0,8 между изследваните геотехнически показатели, позволява определянето на всеки показател чрез другите, с достатъчна за практиката точност.

В практиката на "Мини Марица изток" ЕАД е познато и *in situ* изследването на глините чрез динамичен плътномер (уред на ДорНИИ). С него се определя съпротивлението на глините при проникване - отчита се броя на ударите S , необходими на тежест от 2,5 kg, падаща свободно от 0,40 m височина по цилиндрично стебло с площ 1 cm^2 , то да се внедри на дълбочина от 0,1 m в изследваната глинеста разновидност (Зеленин и др., 1975). Уредът е лесно преносим и лек за обслужване. Между броя на ударите S и геотехническите показатели съществуват тесни корелационни зависимости, което позволява те да бъдат лесно и бързо определяни с достатъчна за практиката точност. Такива изследвания за насипищни глини имат смисъл само след уплътняването им под съответен товар. В лабораторни условия уредът на ДорНИИ не може да бъде използван поради малките размери на пробните тела. Изследвания с него бяха проведени за глините в ненарушен масив на откривните хоризонти на рудника, резултатите от които са представени от Смилян, Иванова и др., 2008. По експертната оценка на автора броят на ударите S за глини, уплътнени под товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ не се очаква да надхвърля 4-5.

Съвременен метод за определяне на носещата способност на земната основа е CBR-тестът (извършва се лабораторно и *in situ*). Чрез него се определя относителната якост на почвата, сравнена с еталонен, стандартен висококачествен скален материал, изследван в Калифорния. У нас методът вече е задължителен при проектиране на магистрали, пристанища и летища. За руднични пътища с трошенокаменна настилка CBR-тестът дава възможност за бързо и лесно определяне на необходимата за полагане върху земната основа дебелина на скалните фракции, като се отчита големината на товарите, които ще преминават, както и тяхната честота. През 2007 г. такива изследвания бяха проведени лабораторно и *in situ* за глинестите разновидности от откривните хоризонти в рудник "Трояново 3" (Смилян, Иванова и др., 2007). За съжаление изследвания чрез CBR-тест на насипищните глини в рудниците на "Мини Марица изток" ЕАД не са провеждани, а резултатите от тях биха позволи използване

на нови технологии и материали (геотекстил, геоклетки, геомрежи и др.) при изграждането на обслужващите пътища, особено върху насипищни глини.

Резултати от геотехническите изследвания

Изследвани са глини от вътрешното насипище – сивозелени глини от II насипищен хоризонт и сивочерни глини от I насипищен хоризонт и от външното насипище – синьозелени глини. Всички глини са неуплътнени, водонаситени, силно пластични, без, или с различен процент, пясъчна фракция.

Резултатите от проведените геотехнически изследвания на насипищните глини са представени в таблица 1.

Изследвани са обемната плътност ρ_n и водното съдържание W_n в естествено състояние. След консолидация при вертикален товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ (специфичното натоварване, което се предава от тежкотоварната техника, преминаваща по вътрешно рудничните пътища) са определени обемната плътност ρ и водното съдържание W , както и якостта на срязване τ при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ и специфичното съпротивление при пенетрация P_m (табл. 1).

Сравняването на данните за водното съдържание и плътността на глините от насипищата в рудник "Трояново север" в естествено състояние и след уплътняване при вертикален товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ показва, че глините намаляват водното си съдържание с 1,5 до 12,4% (средно 9%) и увеличават обемната си плътност до 3,8% (средно 3%) (табл. 2). Уплътняването на насипищните глини под вертикален товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ е твърде малко – обемната плътност на сивозелените глини се увеличава само с 2,7%. Малко по-голямо е уплътняването при сивочерните глини и синьозелените пясъчливи глини, където процесът на консолидация е улеснен от наличието на въглищни включения в сивочерните глини и на пясъчна фракция в синьозелените глини – там обемната плътност нараства с 3,8% (табл. 2).

Между обемната плътност ρ и водното съдържание W на насипищните глини след консолидация при вертикален товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ е установена праволинейна зависимост и тясна корелационна връзка - коефициент на корелация 0,99 (фиг. 1).

Механичните показатели - якост на срязване τ и съпротивление при пенетрация P_m на насипищните глини след консолидация при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ - са с твърде ниски стойности: - $\tau = 0,20 \div 0,44 \cdot 10^5 \text{Pa}$, а $P_m = 0,45 \div 0,70 \cdot 10^5 \text{Pa}$ (табл. 1). Тези показатели кореспондират логично със състоянието на глините в насипищния масив – нарушена структура и пълно водонасищане на порите им.

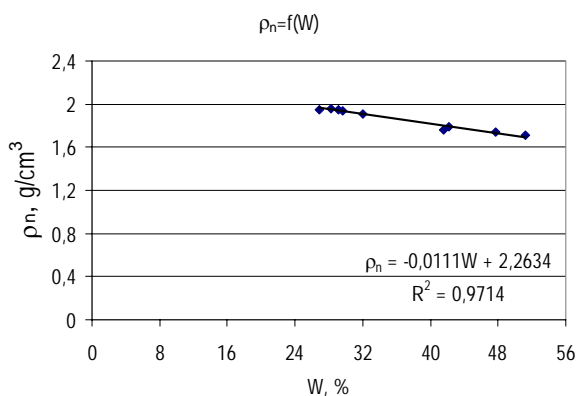
Между механичните показатели на глините също е установена тясна корелационна връзка. Зависимостта между якостта на срязване τ при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ и специфичното съпротивление при пенетрация P_m е праволинейна, с коефициент на корелация 0,88 (фиг. 2).

Таблица 1. Физико-механични показатели на глините от насипищата на рудник „Трояново север“

Проба №	Описание	Физични показатели в естествено състояние		Физико-механични показатели след консолидация при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$			
		W_n , %	ρ_n , g/cm^3	W , %	ρ , g/cm^3	τ , 10^5Pa при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$	P_m , 10^5Pa
Вътрешно насипище. II насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2201							
1	Сивозелена глина с жълти петна	34,61	1,85	32,06	1,91	0,24	0,62
2	Сивозелена глина с жълти петна	32,38	1,91	29,13	1,95	0,28	0,50
3	Сивозелена глина	47,25	1,74	42,24	1,79	0,08	0,23
Вътрешно насипище. I насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2101							
4	Сивочерна глина	48,38	1,69	47,66	1,74	0,12	0,41
5	Сивочерна до сивозелена глина	45,26	1,71	41,55	1,76	0,28	0,55
6	Сивочерна глина	58,44	1,61	51,18	1,71	0,40	0,58
Външни насипища. Задвижваща станция 1301							
7	Синьозелена глина пясъчлива	28,48	1,90	26,92	1,95	0,76	1,39
8	Синьозелена глина пясъчлива	33,52	1,85	29,64	1,94	0,12	0,30
9	Синьозелена глина пясъчлива	31,36	1,88	28,24	1,96	0,44	0,41

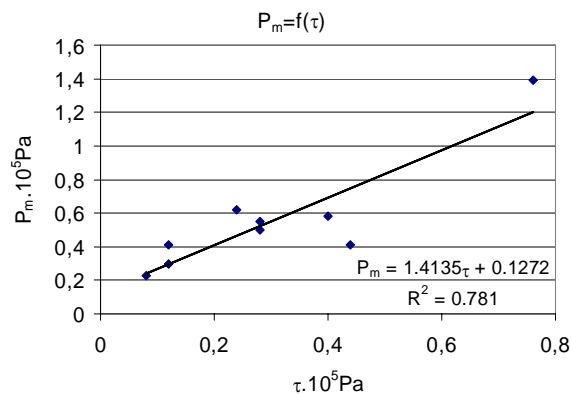
Таблица 2. Промяна на водното съдържание и плътността на глините в нарушен масив за рудник „Трояново север“

Група	Описание	Намаляване на W_n и ρ_n след консолидация при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$, %					
		W_n			ρ_n		
		min	max	средно	min	Max	Средно
Вътрешно насипище. II насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2201							
1	Сивозелени глини	7,4	10,6	9,3	2,1	3,1	2,7
Вътрешно насипище. I насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2101							
2	Сивочерни глини	1,5	12,4	7,4	2,8	5,8	3,8
Външни насипища. Задвижваща станция 1301							
3	Синьозелени пясъчливи глини	5,5	11,6	9,0	2,6	4,6	3,8



Фиг. 1. Зависимост между обемната плътност ρ и водното съдържание W след уплътняване при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$

Между механичните и физичните показатели на насипищните глини корелационни зависимости с достатъчно високи, удовлетворяващи практиката коефициенти на корелация (0,8), не бяха установени. Тези зависимости обаче показват, че и двата механични показателя се влияят в по-голяма степен от водното съдържание, отколкото от обемната плътност. Това логично може да се обясни със



Фиг. 2. Зависимост между специфичното съпротивление при пенетрация P_m и водното съдържание W след уплътняване при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$

структурното им състояние в масива. Глините от откривните хоризонти, които са с ненарушена структура, се съпротивляват на механични въздействия преди всичко със структурните си връзки, а водата има подчинено значение. При насипищните глини, поради нарушената им структура, влиянието на водата има решаващо значение за намаляване на съпротивлението им при

механични въздействия, тъй като омокрят контактите между частиците и ги отслабва.

Обслужващите пътища в рудник "Трояново север" се изграждат без настилка (черни) или с настилка от асфалт, бетон или трошенокаменни фракции. Проведените измервания на остатъчните деформации по тях дават информация за липсващите обеми настилка. Преобладаващата част от обслужващите руднични пътища са с нас-

тилка от трошенокаменни фракции. За остойностяване на операциите по текущо поддържане и определяне на оптималния срок за провеждането му при тези пътища, по методика предложена от Смилянков, 2008, глинестите разновидности от откривните хоризонти бяха групирани в три групи: 1^{ва} група: проби 1, 2 и 3; 2^{ра} група: проби 4, 5 и 6 и 3^{та} група: проби 7, 8 и 9, представени в таблица 3.

Таблица 3. Осреднени физико-механични показатели на насипищните глинени в рудник „Трояново север“

Група	Описание	Физични показатели в естествено състояние		Физико-механични показатели след консолидация при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$			
		W_n , %	ρ_n , g/cm ³	W , %	ρ , g/cm ³	$\tau, \cdot 10^5 \text{Pa}$ при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$	$P_m, \cdot 10^5 \text{Pa}$
Вътрешно насипище. II насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2201							
1	Сивозелени глинени	38,08	1,83	34,48	1,88	0,20	0,45
Вътрешно насипище. I насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2101							
2	Сивочерни глинени	50,69	1,67	46,80	1,74	0,27	0,51
Външни насипища. Задвижваща станция 1301							
3	Синьозелени пясъчливи глинени	31,12	1,88	28,27	1,95	0,44	0,70

За бързото и лесно определяне на носещата способност на насипищните глинени от земното платно и необходимата дебелина на скалните фракции (с отчитане на големината и честотата на преминаващите товари) за чакълираните обслужващи пътища е необходимо изследване на CBR-характеристиките им.

От резултатите, получени при изследване на геотехническите свойства на насипищните глинени от земното платно на обслужващите пътища в рудник "Трояново север", могат да се направят следните

Изводи

1. Насипищните глинени са сравнително хомогенни, неуплътнени, водонаситени. Решаващо влияние върху свойствата им има глинестата, респективно пясъчливата фракция.

2. Под действие на уплътняващ товар ($\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$) намаляват водното си съдържание с 1,5 до 12,4% (средно 9%) и увеличават обемната си плътност до 3,8% (средно 3%).

3. Под влияние на атмосферните води насипищните глинени имат възможност да набъбват. Процесът на консолидация е възпрепятстван от невъзможността за филтрация на водата в тях, поради което се уплътняват твърде трудно и бавно.

4. За осигуряване на здрава основа на обслужващите пътища, освен задължителното уплътняване чрез валиране, особено важно за намаляване на водата е дренажето на пътя, което ще заздравя насипищните глинени.

5. Необходимо е да се изследва, какъв е необходимия брой преминавания по една следа на ползваните в рудника уплътняващи валяци, за да се постигне максимално

уплътняване на насипищните глинени в земното платно на обслужващите пътища.

6. За използване на нови технологии и материали (геотекстил, геоклетки, геомрежи и др.) при изграждането на обслужващите пътища в рудника, особено върху насипищните глинени, е необходимо да се изследват CBR-характеристиките им.

Литература

- Демирев А. и др. *Ръководство за упражнения по инженерна геология*. ДИ Техника, София. 1979. 406 с.
- Зеленин А. и др. *Машины для земляных работ*. Изд. Машиностроение, Москва. 1975. 422 с.
- Смилянков А., В. Иванова и др. *Изследване на CBR-характеристиките на глинестите от надвъглищния комплекс на рудник "Трояново 3" за изясняване на възможностите за прилагане на нетрадиционни пътни и други настилки*. Отчет по дог. 1347. Архив на р-к "Трояново 3". 2007.
- Смилянков А., В. Иванова и др. *Оптимизация с цел минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на сегашните прилаганите пътни настилки за обслужващите пътища в условията на рудник "Трояново 1"*. Отчет по дог. 1135. Архив на р-к "Трояново 1". 2008.
- Смилянков А., В. Иванова и др. *Оптимизация с цел минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на сегашните прилаганите пътни настилки за обслужващите пътища в ненарушен и нарушен масив за условията на рудниците на "Мини Марица изток" ЕАД*. Отчет по дог. 1928. Архив на НИС при МГУ, София. 2008.

Препоръчана за публикуване от Катедра "Подземно строителство", МТФ