

Sanační opatření na dně lomu VČSA

Sanierungsmaßnahme auf der Tagebausohle VČSA

In der Einleitung dieses Artikels sind allgemeine Ursachen der Unstabilität der Kippen und Ursachen der Entstehung der Schwächung auf der Schnittstelle der Kippe und dem Untergrund angegeben. Weiter ist eine Zusammenfassung der vorbeugenden Maßnahmen und zum Schluss eine Analyse der vorbeugenden Sanierungsmaßnahmen angeführt.

Regeneration Measures at the Bottom of VČSA Mine

In the introduction of the article general causes of dumps instability and the occurrence of debilitation at the contact of the dump and bed are shown. Then the summary of preventive measures is introduced and in the conclusion of the article the analysis of preventive-

regeneration measures at VČSA is delivered.

Мероприятия санации дна разреза им. Чехословацкой Армии

В начале статьи приводятся общие принципы неустойчивости отвалов и возникновения зон ослабления при контакте отвала и подкладки.

Дальше приводится сводка профилактических мероприятий и в заключение дается анализ профилактико-санирующих мер на разрезе им. Чехословацкой Армии.

Sanační opatření na dně lomu VČSA

V úvodní části článku jsou uvedeny obecné příčiny nestability výsypek a vzniku oslabení na kontaktu výsypky a podložky. Dále je uveden souhrn preventivních opatření a v závěru článku je proveden rozbor preventivně-sanačních opatření na VČSA.

Příčiny nestability výsypek a vznik a průběh smykových ploch

Návrhy na zakládání nových výsypkových těles jsou provázeny snahou o co nejefektivnější využití daného výsypného prostoru. Tato snaha vede k návrhům výsypek s pokud možno největší mocností sypaniny, založené s maximálně strmým generálním obrysem svahové části. Limitní možnosti tvaru a mocnosti výsypkového tělesa zpravidla vyplývají ze stabilitních podmínek. Předepsaným stabilitním podmínkám musí výsypkové těleso vyhovovat nejen v konečném (dosypaném) stadiu, ale i v průběhu zakládání.

Nedodržení podmínek stability výsypkového tělesa může následně vést k enormním deformacím výsypky a ke skluzovým projevům. V nejhorším případě dochází k havárii výsypky se všemi možnými negativními důsledky (ohrožení zdraví osob a škody na majetku).

Těmto případům nejprve předchází vytvoření zón oslabení, později ploch porušení (smykových ploch). Smykové plochy mohou probíhat :

1. po kontaktní ploše mezi výsypkou a podložkou
2. pod kontaktní plochou mezi výsypkou a podložkou v málo únosném podloží
3. nad kontaktní plochou mezi výsypkou a podloží ve výsypkové sypanině
4. kombinovaně

Za jednoznačně nejčastější případ je možno označit vytvoření skluzové plochy na kontaktu výsypky a podložky [ad 1.]. Toto tvrzení plyne i z rozborů příčin dosavadních největších havárií výsypek v obou Podkrušnohorských revírech (Smetal 1983, Merkur 1985, Velká loketská 1988, Jiří 1988 a 1990, Chabařovice 1989, Vintířov 1990).

Málo únosná podložka [ad 2.] se vyskytuje převážně u vnějších výsypek, kde se zakládají zeminy na relativně měkčí terén. U vnitřních výsypek naopak často tvoří uhelné podloží obvykle velmi pevné, kompaktní prostředí s tvrdým povrchem a tak tato možnost prakticky nepřichází v úvahu. Možnými způsoby zvýšení únosnosti zemin v podložce je buď odstranění nejméně únosných poloh anebo umělé zlepšení jejich vlastností (odvodňovací prvky, konsolidační drény, injektáže).

V případě únosných podložek vnitřních výsypek může však docházet ke značné (až úplné) eliminaci tohoto příznivého efektu tím, že se do podložky vyhlubují retenční nádrže a po svém zrušení a naplnění málo únosnými kaly, se před zasypáním výsypkou jen v nedostatečné míře sanují. Z tohoto důvodu, v kombinaci s nepříznivým úklonem podložky, docházelo v minulosti na některých výsypkách (např. na vnitřní výsypce Jiří v SR) k opakovaným skluzům.

Případ, kdy smyková plocha prochází sypaninou [add 3.] je zcela běžný u lokálních sesuvů jednotlivých etáží výsypek, vyvolaných překračováním mezních výšek sypaní. Vytvoření smykové plochy v rámci celého generálního svahu je v tomto případě teoreticky velmi nepravděpodobné. Důvodem je skutečnost, že intergranulární úhel vnitřního tření jílovitých sypanin se nachází v rozpětí $\varphi = 10-20^\circ$, což představuje hodnoty větší, než kolik činí sklonové úhly generálních svahů skutečných výsypek se sklony 1:6 až 1:10 ($\alpha = 9,5 - 5,8^\circ$). Navíc zde zanedbáváme příznivý vliv soudržnosti. Dochází-li přesto občas k sesuvným projevům tohoto typu, pak bývá příčinou nerespektování základních podmínek pro stavbu výsypek. Nevhodný technologický způsob zakládání může vést k výrazné degradaci smykové pevnosti výsypkové zeminy (nedostatečné odvodňování výsypkových plání, propojení dílčích skluzných ploch, založení většího množství zcela neúnosných zemin).

Příčiny vzniku zóny oslabení na kontaktu výsypky a podložky

Vytvoření zóny oslabení a později smykové plochy, je nejčastější na kontaktní ploše mezi výsypkou a podložkou. Bezprostřední příčinou tohoto jevu bývá:

- vrstva zeminy s výrazně sníženou smykovou pevností (nepříznivá je i relativně tenká mocnost této vrstvy)
- zvýšená vlhkost, eventuálně přítomnost podzemní vody
- úklon podložky

Smyková pevnost zemin v oblasti kontaktu mezi výsypkou a podložkou je prakticky vždy nižší, než smyková pevnost sypaniny uvnitř výsypkového tělesa. Příčinou snížené úrovně smykové pevnosti v oblasti kontaktu výsypky a podložky bývá:

- příslušnost zemin v kontaktní oblasti k méně únosným zeminám v podloží (u vnějších výsypek)

- ❑ zvětrávací procesy (při dlouho odkryté podložce) a případně i degradace zemin způsobená rozježděním důlními mechanismy
- ❑ horší geotechnické vlastnosti výklizového materiálu, ponechaného na dně lomu po skončení těžby uhlí
- ❑ degradované geotechnické vlastnosti sypanin v nejspodnějších polohách výsypky, způsobené zpravidla technologickou nekázní (zakládání na skluzu, do vody apod.).

Oblast kontaktu výsypky a podložky v naprosté většině případů znamená kontakt propustnějšího prostředí (výsypky) s prostředím zpravidla méně propustným (zeminy podložky). **Zvodnění kontaktní oblasti** může způsobit voda z atmosférických srážek, prosakujících sypaninou, anebo voda podzemní. Ta může komunikovat buď z jiných míst výsypky anebo se může jednat o podzemní vodu, vyvěrající z hornin v podloží. Zvláště náchylná místa podložky ke zvodnění jsou bezodtoké morfologické deprese.

V laboratorních podmínkách bylo prokázáno, že zvlhčení přirozeně vlhké sypaniny o 5 – 7 % znamená pokles její vrcholové smykové pevnosti v průměru o 50 %. Úplné vyplnění mezer sypaniny vodou a následné přitěžování znamená pokles smykových parametrů až k nejnižším reziduálním hodnotám.

Vzhledem ke směru postupu výsypkové fronty může být podložka **v úklonu**:

- ❑ klesajícím (nejnepříznivější úklon)
- ❑ nulovém (vodorovná podložka)
- ❑ stoupajícím (příznivý protiúklon)
- ❑ mísovitém (vyžaduje individuální řešení)

Prekračuje-li úklon podložky β dlouhodobě hodnoty 2 až 3°, jsou zpravidla potřebná sanační opatření k eliminaci nepříznivých účinků na stabilitu výsypky a tím i na příznivé kapacitní využití daného výsypného prostoru. Nepříznivé účinky plynou ze zvětšení sinových složek sil od vlastní tíhy sypaniny spočívající na ukloněné smykové ploše za souběžného zmenšení složek kosinových (třecích), bránících eventuálnímu sesuvnému pohybu.

Způsoby sanačních opatření na podložkách výsypek

Podle charakteru působení stabilizačních opatření je lze rozdělit na:

- **aktivně stabilizující** – přímo se podílejí nebo svým charakterem přispívají na zvýšení pevnostních charakteristik zeminy
- **pasivně stabilizující** – na stabilizaci výsypky se podílejí svým pasivním účinkem (např. vložení prvku, který při deformaci výsypky převezme podstatnou část smykového napětí)

Aktivně stabilizující opatření lze rozdělit na:

- ❑ odstraňování neúnosných zemin z podloží
- ❑ odvodňování podloží
- ❑ urychlování konsolidace zemin v podloží

- ☐ zahutnění předvysypek do podložky
- ☐ zářezy do podložky
- ☐ injektáže zemin podloží, event. i předvysypky

Pasivně stabilizující opatření:

- ☐ opěrné lavice a bloky (kamenné, suťové)
- ☐ uhelné pilířky (ponechané při dotěžování uhelné sloje)
- ☐ pilíře zainjektované zeminy (v předvysypce a v podloží)
- ☐ hutněná patní výsypková tělesa

Odstraňování neúnosných zemin z podloží

Stabilita vnitřní výsypky může být výrazně snížena v místech ponechaných a následně přesypaných bahenních usazenin v bývalých retencích (v místech pomocných retenčních stanic). Sedimentární kaly mohou stabilitu ovlivnit hlavně dvojím způsobem. Jednak svými vlastními mechanickými vlastnostmi vytvářejí podmínky pro vznik smykové plochy na kontaktu výsypky s podložkou, jednak jako zdroj přebytečné volné vody mohou nepříznivě ovlivnit vlastnosti bazální vrstvy ve výsypkovém tělese. Nejjednodušší způsob sanace, znamenající podstatné navýšení kontaktní smykové pevnosti, je odstranění bahenních kalů z podložky. Podmínkou úspěšnosti je však splnění následujících podmínek:

- sanaci je nutné provádět jen s minimálním předstihem před postupujícím zakládáním sypaniny, aby nedošlo k opětovnému zhoršení kvality sanované plochy povětrnostními vlivy
- sanovaná plocha i po zasypání výsypkovou zeminou musí být trvale chráněna před účinky atmosférických srážek i podzemních vod. K velmi efektivnímu opatření patří vhodné spádování a odvodnění pláne dosypané etáže, eventuálně zhutnění jejího povrchu kompaktozemí kombinované s drenáží v podložce.

Největším problémem ale nebývá vlastní odstranění usazenin, nýbrž nalezení vhodné deponie zcela mimo sanovaný prostor, na kterou by se materiál neúnosné vrstvy odvážel. Takové místo na území lomu prakticky neexistuje. Relativně nejvhodnějším prostorem pro uložení kalů jsou výše položené výsypkové etáže. Na nich jsou usazeniny rozprostřeny na malou mocnost maximálně do 1 m. Při dalším postupu výsypky jsou pak již částečně vysušené kaly přesypány vrstvou čerstvé sypaniny. Po jejich promíšení a zahrnutí do spodní části starší výsypkové vrstvy lze předpokládat vytvoření již pevnostně příznivějšího prostředí. Přesto je možno konstatovat, že dosavadní snahy o mechanické přemísťování kalů na jiná místa vnitřní výsypky pomocí nákladních aut nebo speciálními kalovými čerpadly se ukázalo jako technologicky problematické a ekonomicky nepřiměřeně náročné.

Sanační opatření na dně lomu VČSA

Inženýrsko-geologické poměry dobývacího prostoru lomu VČSA, zejména v jeho severozápadní části, jsou složité. Příčinou častých problémů na skryvkové straně lomu jsou zejména silně ukloněné výchozové partie podél krystalinika Krušných hor,



Obr. 1 a 2 Sedimentační kaly (říjen 2004)



Obr. 3 a 4 Sedimentační jímky na dně lomu VČSA



Obr. 5 a 6 Zářezy do podložky (únor 2004)

přítomnost proměnlivě mocných a nedokonale odvodněných kvartérních pokryvů a na mnohých místech i přerubání uhelné sloje hlubinným způsobem, v důsledku čehož bývá druhotně narušena i pevnost v nadloží. Stabilitní situaci na vnitřní výsypce lomu VČSA komplikují lokální deprese v podložce výsypky a rovněž infiltrující atmosférické srážky do tělesa výsypky v prostoru dnes již rozsáhlých náhorních plošin.

V nejhlubších částech lomu ztěžují postup výsypky kaly v retenčních nádržích. Jedná se o sedimentační jímky zaplněné kalem s přebytkem vody. Prostor nádrží se v časovém horizontu 1 - 2 let postupně zaplňuje až několikametrovou vrstvou řídkých sedimentárních kalů, které by se po eventuálním přesypání výsypkou částečně rozplavily do stran a vytvořily by mezi podložkou a výsypkou neúnosnou kontaktní vrstvu s velmi nízkými smykovými parametry. Po založení dalších vrstev (etází) výsypky by následné zvyšování normálového tlaku v málo propustné zemině znamenalo uzavření vrstvy kalu vůči okolí a vyvolalo by zvýšení pórových tlaků v kontaktní vrstvě. To by nepochybně vedlo ke vzniku smykové plochy.

V posledních letech je v podmínkách VČSA patrná snaha většinu retenčních nádrží ještě před přesypáním co nejlépe vyčistit a kaly z nich odvézt nákladními auty do vyšších etází výsypky, kde jsou rozprostřeny do co největší plochy k vysušení. Zpravidla se nepodaří veškeré bahno odstranit a na dně zůstanou několikadecimetrové až několikametrové zbytky kalu. Zbylé usazeniny se pak ponechávají v místech pokud možno s nejnižším sklonem podložky tak, aby byly při zakládání první etáže vytlačeny směrem do bočních svahů, kde budou po částečné konsolidaci přesypány dalším postupem zakladače.

Uhelná sloj v kontaktu s výsypkou se vyskytuje v zájmovém území ojediněle, přičemž v místech bývalých retenčních nádrží plní funkci opěrného pilířku. Protože v případě vnitřní výsypky VČSA vykazuje podložka výsypky výrazně větší pevnost než jílovitá sypanina, existuje oprávněný předpoklad, že zóna oslabení a později smyková plocha se vytvoří na kontaktu mezi výsypkou a podložkou. Potvrzují to i výsledky měření statické penetrace provedené firmou Penetra, s.r.o., Stříbro v červenci 2002 v SZ části vnitřní výsypky VČSA. V předmětném prostoru s velmi ukloněnou podložkou ($\beta = 6-10^\circ$) byla tehdy dokončena úprava podloží výsypky s odstupňovanými zářezy a odvodňovacími drény. Výsypka zde dosáhla mocnosti necelých 30 m. Ze čtyř provedených měření byla dvěma sondami (SPCSA5 a SPCSA6) naražena oslabená kontaktní vrstva mocná 0,5 m (pokles Q_{ST} ze 4,1 na 1,6 MPa), resp. 0,25 m (pokles Q_{ST} ze 4,5 na 2,3 MPa). Na dalších dvou sondách (SPCSA4 a SPCSA7) nebyla sice kontaktní vrstva tak výrazná, ale vzhledem k tomu, že se jednalo o bodový typ měření, lze více jak 50 % zjištění kontaktní oslabené vrstvy považovat za dostatečně prokazatelné.

V tabulce 1 je uveden přehled poměrů pevnosti uvnitř sypaniny a v oblasti kontaktu na jednotlivých sondách.

Tab. 1 Přehled výsledků statické penetrace v oblasti SZ svahů vnitřní výsypky VČSA

sonda	datum	Hloubka vrtu [m]	Hloubka podloží [m]	Hloubkový rozsah [m] dle Q_{ST}			Podíl Q_{ST} na kontaktu výsypka-podložka [MPa]
				0,5-1 MPa	1-2 MPa	>4 MPa	
SPCSA4	10.7.02	22,6	21,8	-	0-9	> 11	4,9/4,0
SPCSA5	24.7.02	25,6	24,4	0-4	4-7	> 16	4,1/1,6
SPCSA6	23.7.02	13,6	12,8	-	4,5-6	> 11	4,5/2,3
SPCSA7	12.7.02	27,8	27,4	0-2	2-4	> 21	-

Do geomechanického modelu výsypky se proto zavádí další předpoklad – vytvoření pevnostně oslabené vrstvy na kontaktu výsypky a podložky.

Způsob řešení stability výsypky závisí na vzájemném velikostním poměru úklonu podložky β a úhlu vnitřního tření na kontaktu výsypky a ukloněné podložky φ_k . U výsypky založené za podmínky $\beta > \varphi_k$ nelze očekávat příznivé kapacitní využití výsypného prostoru. Je tudíž žádoucí se uvedené nerovnosti vyvarovat vhodnými sanačními úpravami podložky.

V místech, kde úklon β podložky převyšuje 5° je nutné vytvářet zářezy. Vzhledem k tomu, že podloží uhelné sloje je v podmínkách lomu VČSA tvořeno velmi pevnými, kompaktními sedimenty, které lze rozpojit zpravidla jen trhavinou, patří tato činnost mezi velmi náročné a nákladné. Přesto považujeme tento způsob sanování podložky za racionální a potvrzují to i zkušenosti z ostatních báňských lokalit (lom Jiří).

Princip „zářezů“ vychází z ověřené skutečnosti, že na bázi výsypky při kontaktu s podložkou se nachází vrstva zemin (zpravidla do 1 m) se sníženou smykovou pevností. Tyto parametry mají přibližně poloviční velikost oproti těm, které platí nad touto oblastí. Smyslem vytváření zářezů je záměr, aby potenciální smyková plocha vedla alespoň z 50 % své délky mimo oblast snížené smykové pevnosti. Za předpokladu, že toto území bude přesypáno výsypkou, je bezpodmínečně nutné zde vybudovat síť zářezů po celé ploše budoucí podložky výsypky.

Je známo několik teoretických způsobů řešení problematiky sedimentačních kalů v podložce výsypky:

- Úplné odstranění kalů** (nejbezpečnější alternativa)
- Ponechání kalů v sedimentačních nádržích a jejich překrytí drenážní vrstvou** (např. elektrárenským popelem)
- Částečné odstranění kalů ze sedimentačních nádrží a jejich překrytí drenážní vrstvou**
- Zavedení vertikálních geodrénů do vrstvy kalu, vyústěných do drenážní vrstvy**

Všechny alternativy s částečným nebo úplným ponecháním kalu a následným překrytím drenážní vrstvou vyžadují před zasypáním jímek odčerpat přebytečnou vodu a zamezit průniku dalších vnějších přítoků povrchové vody do bazální vrstvy výsypky.

Dosud ale na žádném lomu v SHR ani v SR nebyly uvedené metody (ad b – ad c) prakticky odzkoušeny. Proto za nejbezpečnější, i když bohužel nejnáročnější, je zatím považována varianta ad a, tj. úplné odstranění kalu.

Začátkem letošního roku byla mezi MUS, a.s. a VÚHU, a.s., uzavřena rámcová dohoda na řešení úkolu alternativních možností likvidace usazenin na lomu VČSA, jejímž hlavním cílem je ponechání kalů v sedimentačních nádržích a jejich promísení a překrytí drenážní vrstvou elektrárenského popela eventuálně vápennými elektrárenskými granuláty. V červnu 2004 byly odebrány vzorky usazenin a podrobeny laboratorním testům. Analýzou zjištěných laboratorních výsledků lze hodnotit vzorky jako kašovitou směs převážně jemnozrnných sedimentárních illiticko-kaolinitických jílu (cca 70%) a křemičitanů (20%). Vzorky měly relativně nízkou objemovou hmotnost a vysokou objemovou vlhkost odpovídající velmi nízkému stupni konzistence ($c < 0$), která v záporných hodnotách představuje kašovitý až tekutý stav.

Zemina v tomto stavu neklade již žádný nebo jen zcela nepatrný odpor proti smykovému přetvoření.

Na lomu VČSA se jedná o první případ řešení vlivu zlepšování kalů na stabilitu svahů výsypky ve variantě ponechání kalů na stávajícím místě.

Literatura

1. Dykast, I.: Řešení problematiky usazenin v nejhlubších místech lomu s ohledem na stabilitu vnitřní výsypky VČSA – 1. etapa“ (VZ 52/97)
2. Fultner, J.: „Studie ukládání kalů z jímek čerpacích stanic lomu VČSA do vnitřní výsypky (VZ OGTR/077/04)