

P. g. Tomáš K r e j č a, VÚHU

Geofyzikální metody pro vyhledávání velmi tvrdých poloh

Tento článek společně s prací s. Ctibora "Ovlivňování trhacích prací na lomových lokalitách", uveřejněný v tomto čísle Zpravodaje VÚHU, tématicky spadá do problematiky vyhledávání, rozpojování, likvidace a odklizu velmi tvrdých poloh na skrývkových řezech.

V důsledku zvyšování příkryvných poměrů a rozšiřování lomových polí se dobývací technika setkává se stále větším množstvím geologických nepravidelností, které způsobují snížení kapacity těžby. V současné době je nejaktuálnější výskyt velmi tvrdých poloh (dále jen VTP).

Dosud nebyla stanovena jednotná a platná definice pojmu VTP, rovněž nebylo provedeno úplné roztrídění těchto nehomogenit v nadloží uhelné sloje i uvnitř sloje samotné. Lze proto jenom obecně definovat VTP jako takové typy zemin v kvartérních a terciérních sedimentech, které mají svou tvrdostí negativní vliv na činnost těžebních strojů. Těžební postup je omezen havarijními výpadky vlivem opotřebení či poškození rypných orgánů, nebo je těžební postup zpomalen vlivem změny režimu těžby. Tato definice však neurčuje typ VTP z hlediska fyzikálně-mechanických a petrografických parametrů a její geneze.

Pro účely geofyzikálního průzkumu byla VTP definována jako fyzikálně-mechanická nehomogenita, která se svými parametry odlišuje nejméně o 50 % od svého okolí, kde počet odlišných parametrů je nejméně jeden. Nejdůležitějším fyzikálně-mechanickým znakem je pevnost v prostém tlaku, lišící se nejméně o 50 % od obklopujícího prostředí (tab. č. 1). Určením nej-

Tabulka 1a

Fyzikální parametry zemin obsahujících VTP

Fyzikální parametr	zeminy			
	písky	píšč. jíly	jíly	jílovce
obj. hmotnost (t/m^3)	2-2,26	1,8-2,1	1,8-1,9	2,1-2,2
měrná hmotnost (t/m^3)	2,5-2,7	2,6-2,7	2,5-2,65	2,6-2,2
vlhkost v %	10	10	18-40	12-30
soudržnost	až 0,04	0,8-0,2	0,05-0,5	0,07-0,6
úhel vnitř. tření	32	35	8,5	13-25
pevnost v prostém tlaku (MPa)	-	-	2	až 5

Tabulka 1b

Základní fyzikální parametry inhomogenit - VTP

Fyzikální parametr	zástupci zemin (%ní zast.)			
	jemnozrn. pískovce	pelokarb. s jíly	pelosider.	pelokarb. bez jílu
jíl. minerály	do 10	26-34	26	do 10
křemen	až 46	-	10	4
siderit	-	25	53	13
ostat. kaolíny	2	9	-	68
organ. látky	-	3	3	2
akcesorie	42	2	2	3
měrná hmotnost (t/m^3)	2,65	3,06	2,63	2,53
pevnost v prostém tlaku (MPa)	79	12,6	50	70

důležitějšího parametru se vyčlení VTP od ostatních nehomogenit (tektonické zóny, dutiny, zóny prohoření, zóny zvodnění atd.). Pokud příměs v hornině zvyšuje prostou pevnost v tlaku o udanou hodnotu, lze rozdělit VTP podle chemizmu, geneze a morfologie následovně:

a) dle chemizmu

písky resp. pískovce	+ SiO_2 tmel FeCO_3 , MnCO_3 tmel CaCO_3 tmel SiO_2 + FeCO_3 tmel $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times n\text{H}_2\text{O}$ tmel
jíly, jílovce, prachovce	+ CaCO_3 tmel $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ tmel FeS_2 tmel SiO_2 tmel
uhelná sloj	+ FeS_2 tmel FeCO_3 tmel SiO_2 tmel

b) podle geneze

synsedimentární	- proplástky až lavice (změna sedimentačního režimu) - čočky
postsedimentární	- mísovitá tělesa (nepravidelné deprese na rozhraní propustných a nepropustných vrstev) - tektonické zóny
sesuvy a zřícení	- cizorodé balvany - balvanové shluky - sesuvové proudy

c) podle morfologie (obr. 1a, 1b)

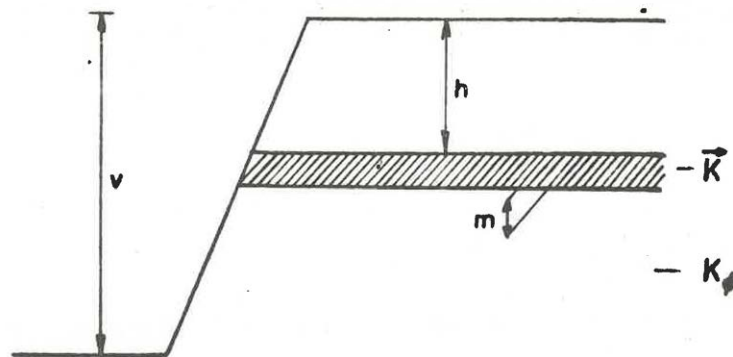
- lavicovitý a deskovitý vývoj - rozměr plochy mnohonásobně převyšuje mocnost
- lavicový a deskovitý vývoj s proplástkami - typ přerušované sedimentace a typ cyklické sedimentace
- synklinální vývoj mísovité nad nepropustným podložím
- čočkovitý vývoj - častý výskyt v jílových sedimentech, méně často v uhelné sloji. Nahodilý výskyt.
- shluky balvanů, konglomeráty. Obvykle nepravidelný tvar. Tvoří buď pásma o délce až stovek metrů nebo nespojitě oblasti. Jednotlivé balvany se vyskytují nahodile.
- nepravidelný tvar - šlíry, smouhy, např. impregnace pískovců Fe - kysličníky
- akcesorie, cizorodý materiál.

Podle úložných poměrů (geometrických parametrů) lze rozdělit typy VTP do sedmi skupin (obr. 1) A až G. U každého typu lze definovat jeho hloubku uložení (mocnost nadloží) h , mocnost, resp. maximální mocnost m , resp. $m_{\max}$, horizontální rozměry a , b , u vrstevných typů A, B, C, E případně G sklon a směr sklonu vrstev. U vícenásobných typů B a C jsou pak definovány hloubky uložení jednotlivých proplástek h_1 , h_2 , až h_n pro n vrstev a mocnosti jednotlivých proplástek m_1 , m_2 až m_n . U typu F je vyvinuta přechodová zóna s proměnlivými vlastnostmi o mocnosti $m_{\text{přech}}$ /s/ ve směru s .

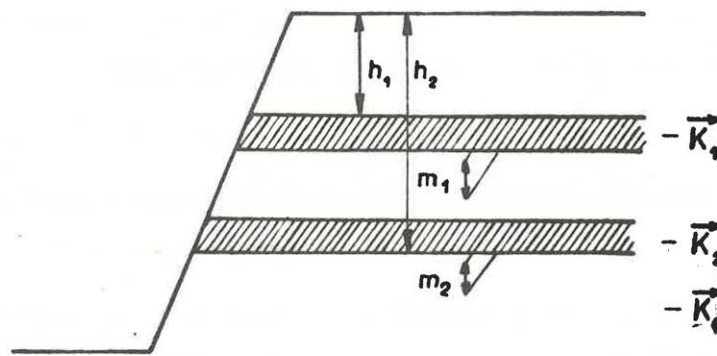
Vlastnosti nehomogenit (VTP) jsou dány vektorem $\vec{K}$, vlastností obklopujícího prostředí vektorem $\vec{K}_0$, resp. $\vec{K}_n$ a $\vec{K}_p$ při různých vlastnostech nadloží a podloží. U typu F jsou vlastnosti přechodové zóny popsány směrovým gradientem $\partial \vec{K} / \partial s$.

Vektor $\vec{K}$ vlastností prostředí je víceprvkový vektor $\vec{K}/K_1, K_2 \dots K_i/$, kde každý prvek K_1 až K_i označuje jednu

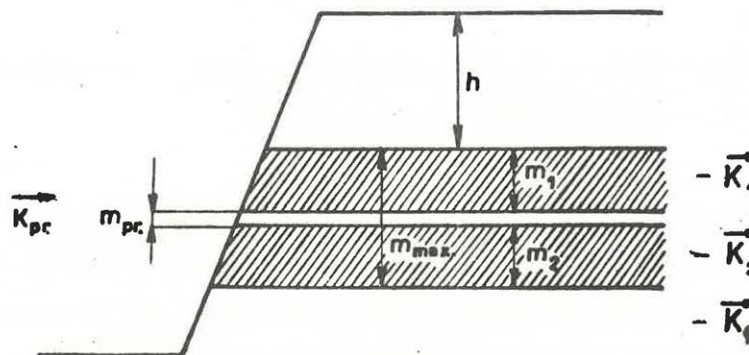
A



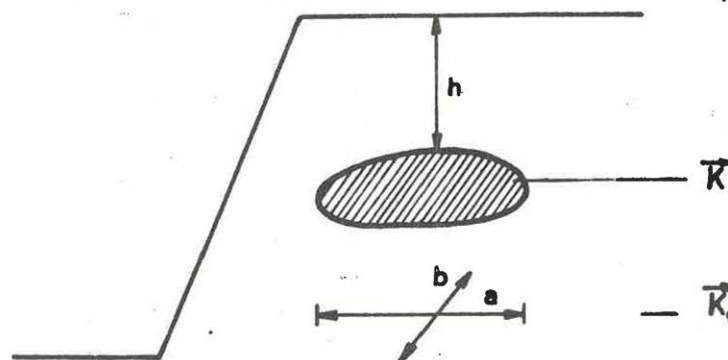
B



C



D



m mocnost VTP
 m_{pr} mocnost proplástku
 $m_{max.}$ mocnost maximální
 $\vec{K}$ vektor parametrů

v výška řezu
 h hloubka
 a } plošné rozměry
 b }

Obr. 1a

vlastnost z geomechanických, geofyzikálních a petrografických měření a rozborů, případně index JKS a JKP.

Tato schémata slouží pro vytvoření modelů a jejich popisu pro modelování účinků VTP v geofyzice, v technologii těžby, pro trhací práce apod. Dále jsou vhodná pro hodnocení plošného výskytu VTP metodou plošné korelace.

I když je výskyt typů VTP nahodilý, geneticky je vázaný na různé sedimentární struktury. V přehledu je uveden obvyklý výskyt typů VTP:

Typ VTP	Oblast
pelokarbonáty mísovitého uložení	VMG Bílina
limonitové vrstevné impregnace	Bílinské délty
čočkovitý vývoj	VMG, DNT
pískovce se sirníkovým tmelem	Pětipeská pánev, VMG
silicity	VČSA, důl J. Šverma
nepravidelný vrstevný vývoj	PKAZ
napadávký, paleosesuvy	VČSA

Základním předpokladem efektivního dobývání VTP v řezech je nutnost operativního provozního určení poloh výskytu, pravděpodobné četnosti a fyzikálních vlastností VTP.

Vlastní objem VTP v celkové kubatuře skrývky se u jednotlivých lokalit pohybuje přibližně v rozmezí 1 - 5 %, přičemž vázaná kubatura skrývky s výskytem VTP se ročně zvětšuje o 1 - 1,5 %. Praktický příklad - lokalita VMG:

při 4 jednotkách TC - 2 se předpokládá 3 - 4 jednotky v zóně VTP: 30 - 50 % pískovcové a jílovcové lavice

25 - 35 % - karbonátové proplástky

10 - 20 % - pískovcové čočky s Fe - hydroxidy

Předpokládaná kubatura VTP v technickém nadloží činí 4 - 6 %. Při zvýšení procentuálního zastoupení VTP na dvojnásobek

sobek lze předpokládat snížení těžby skrývky na 50 % i méně a vzhledem k nahodilému výskytu VTP nelze dostatečně přesně určit trvání změny technologie. Z výsledků průzkumu na VTP na VMG lze jen obecně předpokládat:

- četnost výskytu VTP klesá se vzdáleností od hlavy sloje
- četnost výskytu VTP v písčitojílovité facii má nahodilý průběh
- u jílovité facie klesá četnost karbonátových a pelokarbonátových typů VTP.

Zatřídění zemin a hornin SHR podle ČSN 73 30 50 a Opatření GŘ SHD 19/84 (Sloupská)

- A (1,2) horniny lehko rozpojitelné, soudržné, měkké konzistence a tuhé konzistence: písek, štěrkopísek, kapucín, uvolněná zemina, písčité hlíny, jíly s nízkou soudržností
- B (3) horniny středně rozpojitelné: středně soudržné jíly, uhlí bez tvrdých proplástků a vložek
- C (4) horniny těžko rozpojitelné, soudržné, pevné a tvrdé konzistence: jíly s vysokou soudržností, jíly a uhlí s proplástkami tvrdých hornin, uhlí se značnou soudržností, horniny, které je nutno částečně rozrušovat trhacími pracemi, jíly a jílovité hlíny, které jsou rozbahněné
- D (5) horniny lehko rozpojitelné trhacími pracemi: tvrdé jílovce s mimořádně vysokou soudržností, sideritické jílovce, jíly s vysokým obsahem tvrdých proplástků, které je třeba narušovat střelbou
- E (6, 7) horniny těžko a velmi těžko rozpojitelné trhacími pracemi: pískovce, slepence, opuka, skalní horniny apod.

Pro účely konkrétního provozního řešení technologie dobývání je nutné užití komplexu geofyzikálních metod pro ploš-

ný průzkum výskytu VTP.

Při vyhodnocování používaných geofyzikálních průzkumných prací se postupuje metodou nadbytečných anomálií - tj. zásadou určit větší počet anomálií než 100 % jistých.

Hloubkový dosah geof. metod při maximálních rozdílech fyzikálních parametrů uvádí následující tabulka:

odporová semigradientová metoda	do 15 m
metoda středového gradientu	do 15 m
kombinované profilování	do 15 m
seizmické profilování	10 - 12 m
indukční profilování	do 8 m
(aparatura EM 34)	do 20 - 25 m
metoda VLF	8 - 10 m
magnetické profilování	do 6 m
gravimetrické profilování	12 - 15 m

Srovnávací plochu k získání časového rozboru tvořila plocha 1 ha v základní síti bodů 5 x 10 m. Vzhledem k hustotě bodů a koeficientu časové náročnosti jednotlivých metod je doba proměření srovnávací plochy s 1 aparaturou tato:

odporové profilování, základní síť	1,5 dne
VES, 10 sond	1 den
geomagnetické profilování, základ. síť	
magnetické váhy	1 den
protonový magnetometr	3 hod.
VLF profilování, základní síť	3 hod.
dipólové elektromagnetické profilování	
základní síť	1 den
seismika, metoda lomených vln	1 den
gravimetrie, síť 10 x 20 m	1 den
vyhodnocení mimo seismiku a gravimetrii	2 dny
seismika, gravimetrie	4 dny
vytýčení základní sítě bez nivelace	4 hod.

vytýčení gravimetrické sítě

2 dny

Při provozním měření se předpokládá vytýčení základní plochy zadavatelem úkolu. Celková doba pro měření a vyhodnocení jednotkové plochy je následující:

1. komplex ... VES, odporové profilování, VLF	10 dní
2. komplex ... VES, indukční profilování	8 dní
3. komplex ... VLF, indukční profilování - - orientační měření	8 dní
4. komplex ... odporové profilování, magnetika	9 dní
5. komplex ... seizmika, gravimetrie	20 dní
6. komplex ... geoelektrika, seizmika nebo gravimetrie	15 dní
7. komplex ... gravimetrie nebo seizmika, VLF	12 dní

Rozborem mnoha měření na různých lokalitách v SHR byly získány pravděpodobnosti (v %) určení různých typů VTP. Tyto pravděpodobnosti uvádí následující tabulka.

% určení	mocnost vrstvy k mocnosti nadloží	podíl průměrných odporů	podíl seizm. rychlostí
deskovitá tělesa			
90 - 95	1 : 2	1 : 10	1,5 : 1
85 - 90	1 : 4	1 : 10	2,0 : 1
60 - 70	1 : 6	1 : 10	2,0 : 1
55 - 60	1 : 10	1 : 20	3,0 : 1
čočkovitá tělesa			
90 - 95	1 : 2	1 : 10	2 : 1
85 - 92	1 : 3	1 : 10	2 : 1
82 - 90	1 : 4	1 : 20	2 : 1
75 - 80	1 : 4	1 : 20	3 : 1
63 - 72	1 : 6	1 : 30	3 : 1

Pokračování tabulky

Mísovitá tělesa	mocnost nadloží k průřezu	
90 - 96	1 : 3	1 : 10
80 - 85	1 : 2	1 : 10
82 - 85	1 : 1,7	1 : 20
70 - 75	1 : 1,5	1 : 20

Hodnoty určení pravděpodobností jsou závislosti empirické, předpokládá se známý terén se známým typem rušivých těles.

Základním cílem této práce je shrnutí dosavadní metodiky geofyzikálních prací při vyhledávání velmi tvrdých poloh a vypracování modelů jednotlivých typů nehomogenit pro vypracování metodiky vyhledávání VTP souborem geofyzikálních metod a její provozní aplikace do hloubek 25 až 28 m, což dosavadní metodika neumožňuje.

S h r n u t í

Geofyzikální metody pro vyhledávání velmi tvrdých poloh

V současné době je aktuální především výskyt těžko rozpojitelných poloh v nadloží uhelných slojí. Aby se předešlo ztrátám při snížení kapacity těžby a při zavádění náhradní technologie dobývání, je nutné předběžné vyhledávání míst s výskytem velmi tvrdých poloh. Dosud se uplatňoval a uplatňuje především vrtný průzkum. Jeho kombinace nebo nahrazení geofyzikálním průzkumem přináší značnou časovou i finanční úsporu.

L i t e r a t u r a

- Krejča, T. Metody užité geofyziky, Informační list 1/86, VÚHU Most 1986
- Krejča, T. Velmi tvrdé polohy - skrývkové řezy VMG. pracovní podklad, VÚHU Most 1986

Tabulka 2

Základní geofyzikální parametry

hornina	spec. odpor (ohmmetr)	seizm. rychlost (kms ⁻¹)	permeab. 10 ⁻¹¹ MKS	permitivita (1)
žluté jíly	10 - 20	1,8 - 2,0	10 - 30	3 - 5
tufitické jíly	5 - 10	1,2 - 1,8	8 - 15	
šedé jíly nadl.	15 - 25	1,8 - 2,2	12 - 28	4 - 7
uhelná sloj s proplásky	do 100	2,0 - 2,7	30 - 40	5 - 10
uhelná sloj	40 - 100	2,3 - 2,9	25 - 27	10 - 12
pyrit. uhlí	75 - 150		30 - 40	5 - 10
výchoz uhlí + H ₂ O	25 - 50	1,5 - 2,3	12 - 20	10 - 35
písky suché	50 - 200	1,5 - 1,9	10 - 20	5 - 10
+ H ₂ O	20 - 100	1,8 - 2,4	10 - 20	25 - 35
pelosiderity	až 1500	2,3 - 4,0	8 - 15	20 - 35
+ H ₂ O	až 1200	2,3 - 3,0	12 - 15	12 - 17
pelokarbonáty Ca	150 - 350	2,2 - 2,5	10 - 15	10 - 15
Fe	175 - 350	2,5 - 3,7	33 - 45	14 - 23
Si	200 - 1000	2,7 - 4,2	10 - 18	25 - 30
krystalinikum	800 - 2300	2,3 - 3,7	5 - 7	20 - 30
písčité jíly	25 - 80	1,1 - 1,5		
jíly pevné	10 - 40	1,1 - 2,2		
jíly rozpadavé	20 - 30	1,3 - 2,25		

Tabulka 3

Velmi tvrdé polohy - členění podle vlastností

	SiO ₂	SiO ₂ + FeCO ₃	Fe ₂ O ₃ x nH ₂ O	FeS ₂	FeCO ₃ MnCO ₃	CaCO ₃	CaFeCO ₃	diageneticky zpevněné sedimenty
písky, pískovce	proplástky až desky		smouhy H šlíry		proplástky až desky			desky až velmi mocné desky
jíly, jílovce, prachovce	proplástky				proplástky až desky			desky až velmi mocné desky
konkrece malé čočky		shluky		shluky	malé až velké konkrece balvany			
desky velké čočky	silicity H		mísovitá tělesa (H)		proplástky až desky			
akcesorie napadávký sesuvné proudy								jednotlivé balvany až rozsáhlé polohy

nárůst četností ↑

nárůst mocností →

nárůst seismické rychlosti v_p ←

nárůst diferenčního měrného odporu $\Delta \rho_z$ ↓

H ... hydrotermálního původu