

Ing. Stanislav H u r n í k, VÚHU

Diagenese sedimentů a možnosti jejího využití v SHR

S rozvojem lomového dobývání v SHR vystupuje stále více do popředí nutnost znalosti vlastností jalových hornin, s nimiž je těžba v několikanásobně větším kontaktu než s uhlím. Je to ostatně právě skrývka, která vážně ovlivňuje (a především bude ovlivňovat při přechodu na velkolomový způsob dobývání) maximální možnosti revíru v těžbě uhlí. Dosavadní zkušenosti dostatečně prokázaly s jakými obtížemi a dokonce i havarijními stavy se důlní provoz při skrývkových pracích setkává, do jaké šíře narůstá problematika a řešení stability svahů, jaké potíže jsou při posuzování výkonnosti velkostrojů a s jak dalece věrohodnými údaji musí pracovat projekce.

Je proto logickým důsledkem, že nejen provoz, ale i báňský výzkum se stále naléhavěji obrací na geotechniku s otázkami, na které je ovšem značně obtížné jednoznačně nebo uspokojivě odpovědět. Je potom nasnadě, že by bylo možno na tuto disciplínu pohlížet s určitým despektem a nebylo by divu i s jistými pochybnostmi o kvalitách a schopnostech příslušných odborníků. V relativním smyslu oprávněně, neboť jiným profesím nemůže být tak dalece známa druhá stránka věci. Snad báňské disciplíny v nejširším slova smyslu jsou exaktní. Za exaktní lze považovat i některé obory geotechnické, zejména mechaniku zemin, která pracuje s přístroji a výpočty, odpovídajícími určité (dostatečné) technické přesnosti. Ovšem zatímco, například strojař, elektrikář a podobně pracuje s konstantními nebo známými vlastnostmi materiálů, musí geotechničtí pracovníci vycházet z bodových údajů pouze některých vlastností hornin (které jsou litologicky značně variabilní). Přitom část těchto údajů je laboratorně spolehlivě stanovitelná, část může být ovlivněna použitou přístrojovou technikou a způsobem provádění zkoušek (je tedy nutně prioritně zatížena objektivní subjektivitou). Hlavní problém ovšem spočívá zcela jinde a sice ve vlastních horninách. Zatím-

co např. určitý druh uměle vyrobeného materiálu má konstantní vlastnosti (nebo dostatečně ověřitelné, neboť je vždy znám postup jeho výroby), ať je vyroben v západních Čechách či na východním Slovensku, nemají zcela stejné vlastnosti ani všechny, například jílovité horniny (makroskopicky shodné) v jednom dobývacím prostoru SHR. Nadto ani jíly stejného mineralogického složení nemusí vykazovat stejné mechanicko-fyzikální vlastnosti. Je to chybou nevhodné a nedokonalé přístrojové techniky či snad nedbalou prací zpracovatelů? Nikoliv! Příčinou je především variabilita hornin v nejširším slova smyslu, která jim byla vtisknuta při jejich vzniku nejrůznějšími faktory se sotva postihnuteľnou a proměnlivou vzájemnou intenzitou podílu. Jejich studium již však přesahuje rámec geotechnických disciplín a je nutno obrátit se na některé více specializované geologické obory a ani ty (s ohledem na současný stupeň poznání) nemohou někdy dát jednoznačnou odpověď. Bude proto účelné seznámit širší veřejnost, alespoň informativně s problematikou základního výzkumu prvotní otázky, to je diagenese pelitických (jílovitých) hornin a možnosti její aplikace v SHR. Domnívám se, že to alespoň částečně přispěje k pochopení složitostí a obtížností geotechnického výzkumu a korekci někdy nesplnitelných (nereálných) požadavků. Nutno ovšem předeslat, že výzkum vzájemných vztahů mezi genesis sedimentů a jejich dnešními vlastnostmi jsou spíše v začátcích než v pokročilejším stadiu. Jedná se totiž o mladé obory, které teprve budují svoji teoretickou základnu. O to složitější je aplikace jejich výsledků na provozní podmínky, neboť mnohdy jsou to právě získané zkušenosti, které slouží často k empirickému odvození zákonitostí geotechnických procesů. Mnoho sice již bylo poznáno, ovšem další problémy a úkoly k řešení se objevují souběžně s rozvojem techniky.

Diagenese pelitických hornin

Souhrn procesů způsobujících přeměnu usazeniny v horninu je označován diagenesí. Tento proces je charakterizován jednak mechanicko-fyzikálními, jednak fyzikálně chemickými proměnami. Mechanicko-fyzikální

procesy jsou vyvolány působením tlaku nadložních hornin (někdy se přihlíží i ke vzrůstající teplotě). V důsledku toho se sediment zpevňuje, zmenšuje se pórovitost, souběžně ztrácí vodu.

Fyzikálně chemické procesy spočívají především ve změnách Eh (ve směs se snižuje) a pH (zpočátku snížení, později obvykle vzrůstá). Při "dehydrataci" a změnách Eh a pH dochází jednak k chemickým změnám vody, resp. látek v ní rozpuštěných, jednak k nasycování roztoků. To má za následek vy-padávání některých látek z roztoků ve formě autigenních minerálů (např. sulfidy železa, siderit).

Lze tedy shrnout, že na výsledné diagenetické vlastnosti sedimentární horniny má rozhodující vliv váha nadložních sedimentů. Dále se uplatňuje chemismus prostředí, v němž materiál sedimentoval a následné chemické reakce. Specificky geologickým přispívajícím faktorem je čas.

Rozsah a intenzita těchto přeměn je různými autory chápána různě. Někteří například se přiklání k názoru, že diagenese probíhala pouze v intervalu od 10-50 m pod povrchem do hloubky 200-300 m. Jiní naopak rozlišují několik studií diagenese. Tak H.D. Hedberg (1936) rozlišuje v procesu diagenese následující stadia:

1. stadium mechanického uspořádání částic
2. stadium odvodňování
3. stadium mechanických deformací
4. stadium rekrystalizace

Naproti tomu N.M. Strachov (1962) označuje procesy probíhající při tvorbě sedimentů termínem "litogenese" a rozlišuje tato stadia a etapy:

- | | |
|----------------------------|--|
| | 1. etapa - mobilizace látek v kůře zvětrávání |
| 1. stadium sedimentogenese | 2. etapa - transport látek a ukládání ve vodních plochách |
| | 3. etapa - tvorba sedimentů v koncových vodních bazénech |
| 2. stadium diagenese | 1. etapa - oxydační tvorba minerálů ve skupině nestabilních součástí usazeniny |

- (přeměna usazenin v horninu)
2. etapa - oživení tvorby minerálů v téže skupině
3. etapa - nové rozdělení autigenních minerálů a vznik kongregací (soustředění); lokální zpevnění sedimentů
3. stadium katagenese - regionální litifikace hornin vlivem zvyšujícího se tlaku, částečná přeměna stabilních, hlavně terigenních, zčásti autigenních komponent horniny
4. stadium protometamorfózy - hluboká mineralogická přeměna látek skládajících horninu, změna struktur a textur v důsledku teploty.

J.H. Weller (1959) rozlišuje čtyři stadia, která charakterizuje změnami hodnoty pórovitosti:

1. stadium - pórovitost 80-45 % - sedimenty jsou plastické
2. stadium - pórovitost 45-35 % - dochází k přeskupení zrn a těsnějšímu shloučení, sediment ztrácí plasticitu
3. stadium - pórovitost 35-10 % - měkké jílové minerály se vtěsňují do prostoru mezi pevnějšími minerály
4. stadium - pórovitost 10-0 % - pevné minerály se deformují až do snížení pórovitosti na 0.

S ohledem na změny vlhkosti, pórovitosti a konsistence stanovil V.D. Lomtadze (1953, 1955) pět gradací horninových typů

1. jílovité hlíny
2. měkké jíly
3. zpevněné jíly
4. argility
5. břidličnaté argility

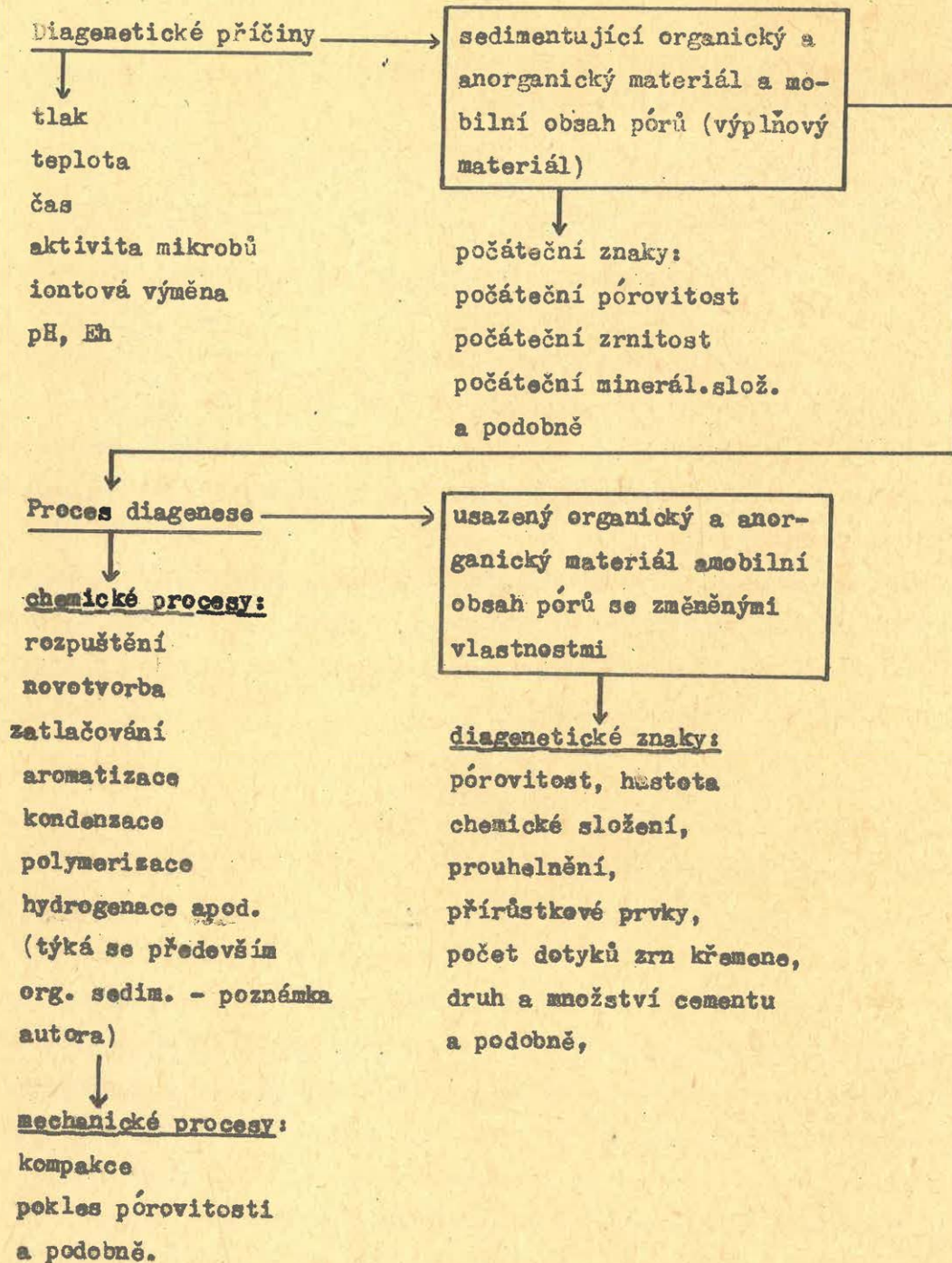
Na základě pokusů se zpevňováním jílovitých hornin při velkém zatížení zjistil v podstatě 3 stadia.

1. - více či méně volné zpevňování - uvolňování volné (pohyblivé) vody z jílu
2. - zpomalené zpevňování - uvolňování lehce vázané vody
3. - částečná až úplná konsolidace - uvolňování pevně vázané vody.

Změnou konsistence charakterizuje průběh zpevňování (diagenese) sedimentů V.I. Saveljev. Stanovil:

1. stadium suspense - velmi krátké období
2. stadium - ztekucení (stadium hlín vlhkost $\geq$ než mez tekutosti)
3. stadium plastického stavu (stadium jílu). Trvá nejdéle, dochází ke sblížení částic a zpevňování sedimentu, který ztrácí volnou a slabě vázanou vodu,
4. stadium tvrdnutí - hornina ztrácí osmoticky vázanou vodu. Koloidy přecházejí v krystaloidy a částice jsou spjaty tmelem. Při následujícím zvyšování teploty a tlaku adsorbovaná voda přechází v chemicky vázanou.

Z tohoto orientačního výčtu vyplývá, že názory na diagenesi z terminologického i věcného hlediska jsou dosti rozmanité. Proto se také někteří autoři zcela vyhýbají termínu diagenese a používají označení kompakce, zhutnění, zpevňování (compaction), litifikace (litifikacijs), ovšem vesměs nikoliv v přísném terminologickém smyslu. Nejnověji se tímto pojmem zabývala komplexní skupina studentů z Freiburské Bergakademie (Autorenkollektiv, 1972). Podle nich použil prvně tohoto termínu Gumbel pro zpevnění sedimentů, ovšem právě tak, i pro tvorbu rul (s ohledem na tehdejší neptunistickou představu původu všech hornin). Teprve později byl omezen na zpevňování a pokračující přeměny sedimentů. V důsledku prohlubujícího se poznávání jednotlivých diagenetických procesů začal být i tento základní pojem chápán různě (viz výše). Je-li si tedy autoři vědomi složitosti této otázky domnívají se, že je nutné u diagenese především rozlišovat tři základní pojmy a to - příčiny, proces a znaky. Pro pochopení problematiky je to velmi dobré, proto uvádím její schéma:



Toto schéma sice opět nehraničuje proces diagenese konkrétními hodnotami uvedených znaků, ovšem obsahuje hlavní faktory, zúčastňující

se na tomto procesu, jakož i množství výsledných znaků. Z toho vyplývá možnost množství kombinací, které v přírodě v procesu diagenese skutečně probíhají a z toho i možnost značného množství variet konečných znaků v absolutních hodnotách. Uvážíme-li ještě, že u dnešních sedimentů skončil tento proces v nejružnějších stadiích (s ohledem na konkrétní hodnoty příčin) je nasnadě, že dokonalé poznání obecného průběhu diagenese v absolutních hodnotách je desti pochybné. V konkrétních případech je však možno se určitých výsledků dopracovat. Mám tím na mysli, je-li příslušný komplex sedimentů

- 1) v podstatě homogenní (především z petrografického hlediska)
- 2) došlo-li k jeho nahromadění plynule, bez výraznějšího hiatu (přerušení sedimentace)
- 3) nebyl-li v následujících geologických obdobích vystaven dalším geologickým procesům, pozměňujícím jeho vlastnosti.

Přitom je nutno řešit prakticky všechny otázky v každém regionu samostatně (vycházet z místních poměrů). Konkrétní změny hornin v průběhu diagenese byly dosud sledovány zhruba ve dvou směrech. Je to jednak redukce původní mocnosti, jednak změny pórovitosti a vlhkosti.

V prvním případě se jedná o stupeň kompakce, resp. sednutí sedimentů na dnešní mocnost, které bývá vyjadřováno koeficientem sednutí ($S = \frac{b}{a}$, při čemž a = původní mocnost určité vrstvy, b = dnešní mocnost vrstvy). Hlavním problémem v tomto případě je stanovení původní mocnosti nezpevněných sedimentů. Dosavadní metodiku (která se většinou zabývá uhelnými slojemi) je možno rozčlenit do dvou skupin. První skupina vyžaduje vesměs specializované teoretické a laboratorní studium za použití chemických či fyzikálních metod. Druhá vychází z graficko-početního vyhodnocení vhodných přírodních objektů (proměřování průřezů zploštělých prouhelnělých dřev, stojatých pařezů, elevací v sousedství uhelných slojí). Dosud uveřejněné údaje uvádí, že u hnědých uhlí je koeficient sednutí od 2-8, u kamených 12 i více, u jílu 2-4. Písky buď svoji mocnost vůbec nemění, nebo jen nepatrně. U uhlí v SHR se pohybuje podle dosud provedených propočtů kolem 5-6, u jílu kolem 3.

V souvislosti se studiem změny pórovitosti a vlhkosti byla již uveřejněna řada údajů z nejrozličnějších regionálních i stratigrafických jednotek. Na jejich podkladě se pokusili někteří autoři sestavit standardní křivky závislosti jejich změn na hloubce (např. H.D. Hedberg, 1936, J.M. Weller, 1959, N.B. Vassejevič, 1960).

Nejnověji se touto otázkou zabýval B. Baldwin (1971). Soustředil do jednoho grafu většinu dosud známých dílčích křivek a bodových údajů a z toho sestavil průměrnou křivku závislosti změny pórovitosti na hloubce (viz obr. 1). Za předpokladu obecnější platnosti takového grafu by pak bylo možné stanovit původní mocnost diageneticky konsolidovaných sedimentů, resp. hloubku pozdější denudace.

Tím se dostáváme k jednomu z nejdůležitějších faktorů, který může přispět k řešení některých praktických otázek.

Možnosti využití výzkum diagenese v SHR

Jak bylo v předchozí stati vysvětleno, jsou mechanickofyzikální vlastnosti odrazem stupně diagenese. Jestliže byla prokázána hloubková závislost v intenzitě zpevňování hornin, pak tím lze vysvětlit řadu odlišností či nesrovnalostí v dosud známých vlastnostech nadložních hornin v SHR. Největší význam využití tohoto studia by měl ovšem spočívat v prognózním určování vlastností hornin. Skutečnost je však zatím neuspokojivá. Příčiny jsou v podstatě dvě. Jednak problematika diagenese hornin v SHR nebyla dosud blíže studována, jednak je pravděpodobné, že dosud publikované výsledky z jiných území nebude možno jednoznačně aplikovat na zdejší poměry. Dokazují to orientační výsledky zprávy VÚHU (S. Žarník - Z. Brus, 1967). Zde byl učiněn pokus o porovnání některých mech. fyz. vlastností nadložních hornin, zjištěných u několika hlubokých jam v mostecké části pánve (viz V. Konečný, 1963, 1965, 1967), s některými publikovanými standardními křivkami. Výsledky byly ovšem neuspokojivé. Tak například při porovnání vlhkosti pelitů v profilu jámy Oldřich, Pluto a Kohinoor s Gouldovým grafem byly získány následující údaje: Průměrná hodnota vlhkosti v hloubce 50 m pod

povrchem odpovídala podle Gouldova grafu hloubce necelých 40 m pod původním povrchem. V hloubce 100 m odpovídala původní hloubce 43 m, ve hloubce 250 m původní hloubce 70 m a ve hloubce 300 m původní hloubce 190 m, k tomu nutno uvést, že H.R. Gould (1960) použil k sestrojení grafu do hloubky 30 m výsledků, získaných při výzkumu jezera Mead a od hloubky zhruba 100 m údajů Hedberga. Jelikož J.M. Weller (1959) uvádí, že Hedbergovy údaje je nutno posunout minimálně o 500 stop hlouběji, byl v tomto smyslu upraven Gouldův graf a byly získány následující výsledky:

vlhkost ve hl. 50 m pod dneš. povrchem odpovídala pův. hloubce 40 m
vlhkost ve hl. 100 m pod dneš. povrchem odpovídala pův. hloubce 50 m
vlhkost ve hl. 200 m pod dneš. povrchem odpovídala pův. hloubce 105 m
vlhkost ve hl. 300 m pod dneš. povrchem odpovídala pův. hloubce 400 m.

Hodnoty pórovitosti byly porovnány s Wellerovým grafem. Výsledky jsou uváděny v následující tabulce:

Jáma Oldřich	dnešní hloubka	původní hloubka
	50	45
	100	90
	150	150
	200	330
	250	500

Jáma Pluto	dnešní hloubka	původní hloubka
	50	45
	100	90
	150	130
	200	230
	250	400

Objevuje se zde opět stejná nesrovnalost, to je ve svrchních partiích profilů vycházejí nižší pův. hloubky uložení, v nejhlubších naopak větší. Toto řešení se tedy jevílo za tehdejšího stavu výzkumu sotva použitelným. Podstatně příznivější výsledky lze ovšem získat porovnáním se závislostní křivkou pórovitosti sestrojenou B. Baldwinem (1971), viz následující tabulka a obr. 1:

Jáma Oldřich

dnešní hloubka	původní hloubka
50	190
100	240
150	300
200	370
250	450
300	750

V intervalu 50, 100 m je naprostý soulad v přírůstku, dále narůstá, zpočátku mírná difference ve prospěch původní hloubky. Výrazný rozdíl je až v intervalu 250-300 m. Vzhledem k tomu, že nenastal případ, že by při porovnání s Baldwinovým grafem nevyšla v žádném případě nižší původní hloubka než byla zjištěna v jámě Oldřich, lze považovat toto porovnání za věrohodné. Pro difference ve větších hloubkách je nasnadě hledat jiné vysvětlení. V úvahu přichází především výraznější změna v poměrném zastoupení jednotlivých jíł. minerálů, zvýšení obsahu tmelících minerálů, změna v zrnitostním složení (obsah klastického křemene) aj. Podle petrografických rozborů dochází v metráži 250 - 300 m k výraznějšímu snížení obsahu montmorillonitu a přibližně od hloubky 200 m ke zvýšení obsahu klastického křemene. Za současného stavu výzkumu však nelze posoudit jak dalece v absolutních hodnotách mohou tyto změny ovlivnit výslednou pórovitost. Nelze ovšem ani vyloučit určitou schématickostí spodní části Baldwinova grafu.

Běžným jevem v SHR je rozptyl zjišťovaných hodnot mechanických veličin v profilu i makroskopicky homogenních hornin. Nejsnadnějším vysvětlením by mohly být pochybnosti o kvalitě provedených rozborů. Z výše uvedeného textu je ovšem jasné, že z genetického hlediska je existence rozptylu logická. Bude otázkou výzkumu, jak dalece se podaří poznat genetické příčiny a jejich vzájemný podíl na zjišťovaných odchylkách.

Uvedená aplikace na poměry v SHR se sice může jevit jako sotva po-

užitečná pro provozní potřeby revíru, neboť znalost hloubky denudace je v podstatě poznatkem dokreslujícím pouze geologické představy. Ve skutečnosti zpracování této otázky by mohlo nalézt uplatnění především při prognózních mechanickofyzikálních charakteristikách, potřebných především pro projekci.

Zásadní význam by mohla mít pro posouzení vzájemné relace mezi petrografickým složením hornin - mechanickofyzikální vlastnosti a rypné odpory. Dosavadní výzkumy (resp. prováděná měření) této problematiky totiž postrádají prostorovou jednotu. Za současného stavu nelze vymezit horizont, který by mohl sloužit jako stejnocenná srovnávací rovina (co do stupně zpevnění - diagenese) na větší ploše pánve. Nelze za ni považovat ani hloubku uložení pod dnešním povrchem, ani výšku nad uhlennou slojí. Nejlépe to lze ilustrovat následujícím schématem (obr. 2). Stadia a-c schématicky zobrazují proces sedimentace (rozložena ve stadiu a-c do zidealizovaných vrstev) a souběžného zpevňování (diagenese). Stadium -d- představuje závěrečné fáze sedimentace, kde čárkované linie vyjadřují místa stejného stupně diagenese sedimentárního masivu. Poslední stadium (e) zachycuje tektonický rozpad sedimentační pánve (= diageneticky konsolidovaného sedimentárního komplexu) a následnou denudaci. Čárkovaně je opět znázorněn průběh stupně diagenese (podmíněný pouze původní mocností sedimentů). Toto je ovšem velmi zjednodušený příklad. V přírodních podmínkách se v různé intenzitě (viz předchozí stať) uplatňují další činitelé, kteří způsobují ve vertikálním směru rozptyl absolutních hodnot fyzikálních veličin. Každopádně je z nákresu patrné, že ani na jednom lomu, dokonce v prostoru jednoho pracovního řezu nemusí být pelity stejnocenné co do stupně zpevnění.

Se stupněm zpevnění souvisí rovněž, sice pouze nomenklaturická, otázka označování zdejších pelitů. Donedávna byly běžně označovány jako jíly, i když často vykazovaly relativně značné zpevnění. Ovšem nutnost bližší specifikace nebyla pocítována. Mimo to rozdíl mezi jílem a jílovcem nebývá vesměs konkretizován nebo je různými autory chápán různě. V zahraniční literatuře bývají někdy rozlišovány pouze jíly a břid-

lice. Podle některých názorů se jílovce liší od jílu tím, že se v destilované vodě nesnadno a jen částečně po delší době rozplavují. K tomuto kritériu ještě J. Konta (1972) dodává, že mají celkovou pórovitost mezi 25-5 %. Mnohé pelity SHP sice splňují první kritérium, avšak pórovitost se pohybuje zhruba od 52 % - 28 %. K tomu možno dodat, že někteří zahraniční autoři dávají rozhraní mezi jíly a břidlicemi mezi Hedbergova stadia odvodňování a mechanických deformací, to je při pórovitosti 33 % (viz J.H. Weller 1959, B. Baldwin 1971). Budeme-li tedy jílovce považovat za přechodný typ mezi jílem a břidlicí (s přihlédnutím k posledním jmenovaným autorům) bylo by skutečně vhodné považovat zdejší pelity většinou za jílovce.

Závěr

Lze tedy shrnout, že stadium diagenese sedimentů je velmi složitou otázkou, která ještě není natolik dořešena, jak by bylo zapotřebí. Při tom je nutné si vždy uvědomovat, že faktory způsobující diagenesi sedimentů se mění co do intenzity, prostoru i času a tím je dána každému sedimentu specifická v každém jednotlivém místě. To znamená, že i když existují určité obecné zákonitosti, je nutno otázky diagenese v každé sedimentační oblasti (s ohledem na její specifickou) zpracovávat samostatně.

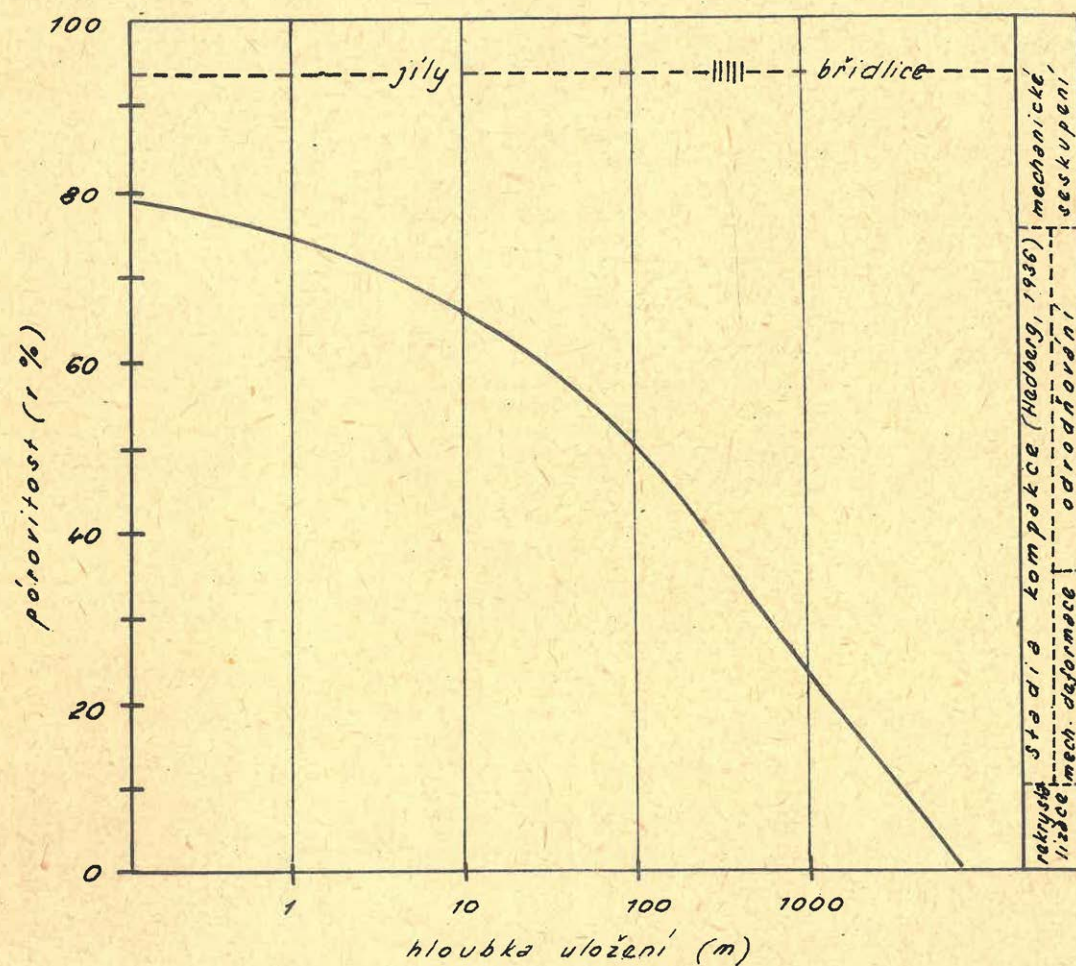
Jak bylo uvedeno v oblasti SHP prakticky tato otázka dosud řešena nebyla, ovšem jak ukazují dosud provedené orientační pokusy, mohla by právě diagenese přispět k úspěšnému dořešení některých praktických problémů, týkajících se důlního provozu v našem revíru.

S h r n u t í

Diagenese sedimentů a možnost jejího využití v SHR

Faktory působící při diagenesi sedimentů se mění co do intenzity, prostoru i času. Z toho vyplývá, že i když jsou známy určité obecné zákonitosti, je nutno otázky diagenese v každé sedimentační oblasti pro-

STANDARTNÍ KŘIVKA B. BALDWINA (1971)



Obr. 1

