

Redukčné geochemické procesy v sedimentárnych horninách severogemerického permu

JÁN ČURLÍK, JOZEF FORGÁČ, JOZEF VESELSKÝ

¹ Katedra geochémie PF UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

(Doručené 3. 2. 1988, revidovaná verzia doručená 12. 8. 1988)

Reducing geochemical processes in sedimentary rocks of the North Gemic Permian, Eastern Slovakia

Sedimentary rocks of the North Gemic Permian unit contain, on a generally reddish-violet background, also paths of variegated, greyish-green, green and discoloured rocks. Transitions between various colourings are sudden and not only in relation to changes in lithology but occurring even within a single lithotype or cutting lithological boundaries. Such changes in sediment colour are the result of reducing geochemical processes which contributed to development stages of sedimentary rocks.

Synsedimentary, diagenetic, metamorphic and hydrothermal features induced by the reducing geochemical processes have been distinguished. In accordance with their geochemical meaning, these stadial processes may be subdivided into two series: the one caused by reducing gley process (in the absence of hydrogen monosulphide) and the other induced by the reducing sulphidic process (under the influence of hydrogen monosulphide) being indicated by the pyrite content in the rocks.

Reduction processes induced the generation of reducing geochemical barriers on which some elements are concentrated (iron, copper, molybdenum, selenium, uranium and others). This feature is expressed by the development of undergrade „copper sandstone“ and of strata-bound U-Mo-Cu-(Se) ores. The rank and participation of single processes within single diagenetic stages is problematic to ascertain owing to frequent overlaps but also for the hitherto insufficiently established terminology of the diagenetic processes. In the investigated case the reddish-violet colour is the original (inherited) one whereas changes in colouring resulted from the subsequent reducing processes.

Úvod

V tomto príspevku uvádzame výsledky terénneho a geochemického štúdia genézy farieb sedimentárnych hornín severogemerického permu z aspektu poznania vplyvu oxidačno-redukčných procesov na zmenu farieb.

Z literatúry vieme (napr. Mc Bride, 1974; Thompson, 1970; Walker, 1967), že na celkové zafarbenie hornín podobných tým, ktoré nachádzame v perme, vplýva viac faktorov. Je to najmä obsah a formy železa a mangánu, obsah organických látok, karbonátov, obsah chloritu, opakových minerálov a podobne. Výrazné prechody farieb z červenofialových do zelených, sivozelených až vybielených sú spojené najmä s oxidačno-redukčnými procesmi.

Z poznania geochémie železa (a Mn) a jeho správania pri zmene Eh vychádzajú dve teórie vzniku charakteristického červeného zafarbenia permských a im podobných hornín („red beds“): oxidačná a redukčná (Walker, 1967; Thompson, 1970 a i.). Podľa oxidačnej teórie červenavé zafarbenie vzniká

oxidáciou železa po uložení sedimentov nad hladinou podzemných vôd v superakválnych krajinách. Podľa redukčnej teórie sú farebné zmeny spojené s redukciami pôvodne oxidických (bohatých na Fe^{3+}) sedimentov.

Z bohatého štúdia vzorkového materiálu z terénu, vrto (okolo 20 vrto v dĺžke 23 km), banských diel ložiskového poľa Novoveská Huta a na základe geochemických výskumov autori dospeli k záveru, že redukčná teória má prvoradý význam aj z hľadiska farebných zmien v študovaných horninách. Tieto redukčné procesy majú ale štádijnú povahu. To znamená, že sú, podľa našich predstáv, späté s viacerými štádiami vývoja sedimentárnych hornín. Vyčlenili sme synsedimentárne a diagenetické, metamorfne a hydrotermálne prejavy redukčných procesov. V zásade však pokladáme za potrebné rozlíšiť redukčné glejové procesy (bez sírovodíka) a redukčné sulfidické procesy (s H_2S , HS^- , S^{2-}).

Hlavný rozdiel medzi nimi je v tom, že prvky, ktoré sú pohyblivé v redukčnom prostredí bez H_2S , sú v sulfidickom prostredí imobilizované vo forme sulfid-

TAB. 1

Základné typy epigenetických procesov podľa Pereľmana (1968), zjednodušené
Main types of epigenetic processes according to Pereľman (1968), simplified

Rady procesov podľa zloženia vzdušných migrantov			
Triedy procesov	O ₂	CO ₂ (CH ₄)	H ₂ S
Vodné migranty	oxidačné	redukčné bez H ₂ S — (glejové)	redukčné sírovodíkové
H ⁺ SO ₄ ²⁻ (Fe ²⁺ , Zn ²⁺ , Cu ²⁺)	síрно-kyslé	síрно-kyslé, glejové	síрно-kyslé, sulfidné
H ⁺ , HCO ₃ ⁻ organické látky	kyslé	glejové	kyslé, sulfidné
Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ , Mg ²⁺	neutrálne, karbonátové	glejové, karbonátové	karbonátové sulfidné
Cl-SO ₄ ²⁻ , Na ⁺	chloridovo-síranové	soľonosné, glejové	
	soľonosné		soľonosno-sulfidné
Ca ²⁺ , SO ₄ ²⁻	sadrovcové	sadrovcovo-glejové	
Na, HCO ₃ ⁻ , OH ⁻ , SiO ₂	sódové	sódové, glejové	sódové, sulfidné

dov (Pereľman, 1968). Odrazom ich uplatnenia je najčastejšie pyritizácia.

Podľa uvedeného plánu treba študovať aj ostatné typy hornín s iným východiskovým zafarbením, lebo redukčné procesy v tomto štádiu prejavu sa mohli uplatniť aj v prostredí iných silikátových a dokonca aj karbonátových hornín. V horninovom prostredí sa môžu tieto procesy vzájomne prekrývať, a tak zastierať alebo aj zvyrazňovať prejavy starších procesov alebo litologických diskontinuit. To komplikuje dokumentáciu a klasifikačné triedenie hornín, ale aj poznávanie litofaciálnych zmien.

Geochemická klasifikácia sedimentačných prostredí a ich aplikácia na sedimenty permu

V geochemickej literatúre sú dva prístupy ku geochemickej klasifikácii sedimentačných prostredí. Pereľman (1968) v takejto klasifikácii zohľadnil dva hlavné parametre, a to Eh a pH. Vyčlenil oxidačné, redukčné (glejové) a redukčné sulfidické prostredie (so sírovodíkom). Toto rozdelenie urobil na základe typomorfných vzdušných migrantov (O₂, CO₂, CH₄, H₂S), lebo ich podstatný obsah v prostredí vplyva na hodnoty Eh. Každý z uvedených radov špecifikoval na základe tried geochemických procesov, ktoré sú funkciou obsahov typomorfných vodných migrantov (pH). Sú to síрно-kyslé, kyslé, neutrálne, karbonátové, chloridovo-síranové, soľonosné, sadrovcové a sódové (tab. 1). Na základe toho prístupu môžeme recentné (ale aj bývalé) prostredia charakterizovať kombináciou radov a tried prevládajúcich procesov (napr. oxidačno-neutrálno-karbonátové, redukčno-kyslo-sírne, typické glejové, atď.).

Berner (1981) považuje pH za málo premenlivý faktor vo väčšine recentných sedimentačných prostredí. Vo svojej geochemickej klasifikácii sedimentačných prostredí ho nezohľadňuje a vyčleňuje ich len na základe Eh. Recentné prostredie, podobne ako Pereľman, člení na oxické (oxic) a anoxické (anoxic).

Anoxické prostredie ďalej delí na sulfidické a nesulfidické a posledné ešte na postoxické a metanické. Upozorňuje však na fakt, že ak by sme chceli brať do úvahy ešte aj pH, klasifikácia by bola komplikovaná.

Zhodnými črtami obidvoch prístupov je poznanie a ocenenie mimoriadnej geochemickej funkcie H₂S, ktorý vplyva na imobilizáciu prvkov pohyblivých v redukčných podmienkach (Fe, Mn, Cu a i.), keďže v prítomnosti H₂S tvoria nerozpustné sulfidy.

Zo štúdií sedimentárnych hornín môžeme podmienky sedimentácie určovať len nepriamo. Obyčajne na základe autigénnych minerálnych fáz, ktorých podmienky tvorby a stability sú nám známe, alebo na základe charakteru premien klastogénneho materiálu.

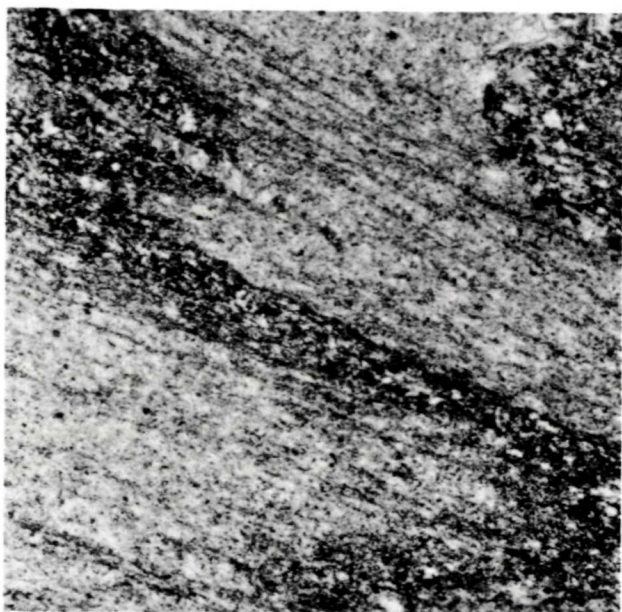
Charakteristickým znakom sedimentárnych hornín severogemerického permu v makromeradle je prevládanie červenofialových farieb. Tento rys, typický pre permské a niektoré iné sedimentárne horniny, dal aj základ ich anglickému či nemeckému pomenovaniu „červené vrstvy“ („red beds“, „Rotschichten“). Ich litologická povaha je pestrá. Tvoria ich zlepenice, pieskovce, prachovce a bridlice (ílovce). Menej sú zastúpené evapority (sadrovec, anhydrit a rozpustné soli) a karbonáty. Ojedinele sú prítomné albitolity a baryt (Čurlík et al., 1985).

Na základe našich poznatkov je červenofialové zafarbenie klastogénnych sedimentárnych hornín ovplyvnené prítomnosťou kryštalického hematitového pigmentu. Zreteľnejšie fialové odtiene farieb závisia aj od obsahu Mn. Tento pigment vznikol zbernou rekryštalizáciou z pôvodne rozptýlených oxidov Fe³⁺ (goethit, lepidokrokrit) alebo z horšie vykryštalizovaného hematitu v štádiu diagenézy. Svedčí o tom:

a) heterogénne zastúpenie pigmentu v pôvodných laminách ílu (obr. 1),

b) nakopenie železitého pigmentu na kontakte karbonatických nodúl ranodiagenetického pôvodu s ílovitým matrixom (obr. 2),

c) vysoký obsah železa v niektorých ílovitých bridliciach a ílovcoch, ktoré sedimentovali vo vodnom



Obr. 1. Heterogénne zastúpenie železitého pigmentu v ílovitej bridlici ako odraz rôzneho obsahu oxidov železa v pôvodných laminovaných íloch. (Priebeh bridličnatosti je naprieč pôvodnou lamináciou.) Je príkladom rôzneho obsahu železa v pôvodných laminách ílu. Novoveská Huta, vrt č. 869, hĺbka 1 081 m, zv. 48×, rovnobežné polarizátory.

Fig. 1. Heterogenous iron pigment in argillaceous shale reflecting variable iron oxide content in the original laminated clay. (Foliation across the original lamination.) Example of varying iron content in primary clay laminae. Novoveská Huta, drilling No 869, 1 081 m depth, magn. x48, parallel nicols.

prostredí (až nad 10 %), lebo je nepravdepodobné, žeby tento obsah vznikol neskôr, po oxidácii ílov v subaerickom prostredí (po opätovnom vynorení).

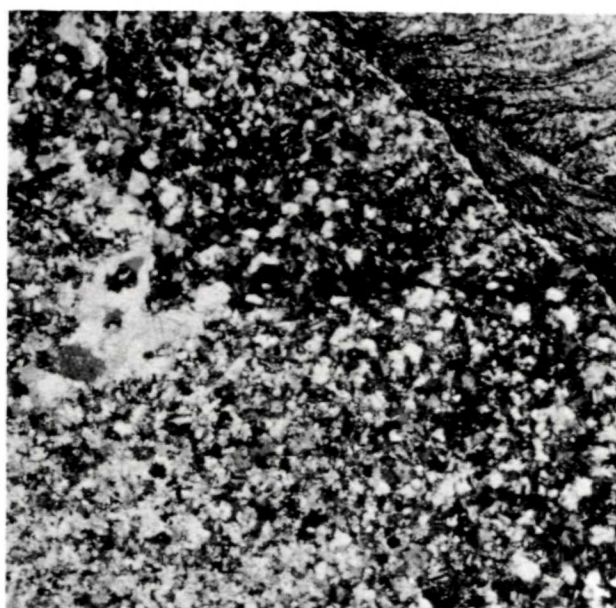
Obsah železa v červenofialových varietách hornín, ako vidieť z tab. 2, stúpa od zlepcov k ílovitým bridliciám. Je teda funkciou obsahu ílovitého matrixu.

TAB. 2

Priemerný obsah Fe_2O_3 a MnO v červenohnedofialových horninách
Average contents of Fe_2O_3 and MnO in reddish-brown to violet rocks

Hornina	Fe_2O_3 (v %)	MnO (v %)	n
Zlepence	4,32	0,104	11
Pieskovce	4,41	0,149	10
Siltovce	5,64	0,120	9
Ílovité bridlice	6,52	0,131	10

Ak berieme do úvahy tieto zistenia a porovnávame ich s poznatkami z literatúry, zostáva nám posúdiť, aký bol podiel redukčných sedimentačných prostredí v oblasti sedimentácie severogemerického permu. Na kontinentoch vznikali oxidické zvetraniny a pôdy. Oxidické prostredie prevládalo aj pri tvorbe pokryvných terigénnych sedimentov. Na miestach so stopami vodnej sedimentácie sa zachovala červená farba



Obr. 2. Nakopenie železitého pigmentu na styku karbonátovej noduly s ílovitým matrixom. Je výsledkom tlaku rigidného telesa noduly (ranodiagenetickej povahy) na diagenetický nespevnený ílovitý materiál. Novoveská Huta, vrt č. 861, hĺbka 960 m, zv. 38 ×, skrížené polarizátory.

Fig. 2. Concentration of ferric pigment on the boundary of a carbonate nodule with clay matrix resulting from the pressure of rigid early diagenetic nodule onto the in consolidated clay. Novoveská Huta, drilling No 861, 960 m depth, magn. x38, crossed nicols.

oxidických sedimentov všade tam, kde rýchlosť anorganickej sedimentácie značne prevyšovala rýchlosť organickej sedimentácie (nízky podiel redukujúcej organickej hmoty). Alkalické prostredie sedimentácie v podmienkach aridnej klímy, na čo poukazujú aj doterajšie geochemické výskumy (Čurlík et al., 1984), vplývalo na stabilitu železa, ktoré v tomto prostredí migruje slabo. Redukčné prostredie sedimentácie mohlo vzniknúť v depresných (zasolených) polohách s prínosom ílovitejšieho materiálu, v podmienkach zasolených lagún a na miestach s prínosom väčšieho podielu organického detritu.

Vznik zelenavých, sivozelených až vybielených pôlôh v horninách permu môžeme pripísať sčasti iniciálnemu, ale aj ostatným štádiám diagenézy. Avšak ako uvedieme ďalej, nie všetky redukčné zmeny spadajú do diagenetického štádia vývoja sedimentačných hornín. Sú prítomné znaky, ktoré poukazujú na štádnosť týchto procesov.

Redukčné procesy v študovaných horninách, ich typológia a časová postupnosť

Aj keď sú oxidačno-redukčné procesy navzájom späté, v geologickej praxi hovoríme o oxidačných alebo redukčných zónach, o procesoch a o sedimen-

toch. Poznáme pôdy s oxidačnými alebo redukčnými horizontmi (glejové pôdy). Zanedbáva sa skutočnosť, že napríklad k oxidácii niektorých kovov dochádza na úkor vzdušného kyslíka, redukcia síranov prebieha na úkor oxidácie organických látok a podobne. Priestorová distribúcia znakov oxidácie alebo redukcie prístupná nášmu pozorovaniu je tu smerodajná.

Redukčné procesy prebiehajú v pôdach, v kôrach zvetrávania, v sedimentoch aj v sedimentárnych horninách. Rovnaké procesy sa teda uplatňujú vo viacerých systémoch hypergénnej zóny. Vznikajú pod vplyvom bezkyslíkatých vôd, ktoré sa označujú ako glejové vody. Preto aj procesy sa označujú ako glejové (Pereľman, 1968, 1975, 1979). Tento termín preniká aj do literatúry písanej po anglicky (gley, gleyey, gley water) a je dávno známy aj v našej pôdoznaleckej literatúre. Ako vhodný termín pre procesy redukčnej povahy bez účasti sírovodíka ho budeme užívať aj v tomto príspevku, a to aj s ohľadom na lepšiu možnosť jeho využitia pre označenie vôd (nie redukčné vody, ale glejové).

Najlepším indikátorom redukčných (glejových) procesov sú minerály železa (a mangánu). Nielenže reagujú na zmeny Eh v prostredí, ale dajú sa často identifikovať pri opise hornín. V redukčných podmienkach sa tvorí siderit, magnetit, pyrit, chlorit, vivianit, glaukonit a pod. Horniny v nich nadobúdajú určité zafarbenie. Veľmi nápadné sú tieto zmeny v horninách severogemerického permu, kde pri zmene podielu trojmocného železa (a Mn^{4+}), ktorý dáva horninám červenofialové zafarbenie, vzniká sivé, sivozelené a zelenavé zafarbenie od zlúčenín dvojmocného železa.

Počas terénnych výskumov sme pozorovali, že oglejené zóny nesledujú len hranice zmien litotypov, ale prechádzajú aj naprieč viacerými litotypmi. Majú nepravidelný tvar a priebeh. Je evidentné, že časť týchto procesov sa spája s rôznymi štádiami diagenézy, časť je spojená s dynamometamorfnými a tiež s hydrotermálnymi procesmi. Ich vzájomné odlišenie je dosť komplikované vzhľadom na ich naložený charakter. Obyčajne pri ich začleňovaní treba zvažovať vzťah medzi litologickou náplňou, tektonikou a charakterom hydrotermálnych premien.

Synsedimentárne a diagenetické redukčné procesy

Napriek tomu, že termín diagenéza je veľmi frekventovaným v sedimentológii, jeho náplň je zrejme len pokiaľ nezačneme uvažovať o niektorých detailoch. Patria k nim aj problémy okolo oxidačno-redukčných procesov. Ak vychádzame z rozdelenia diagenézy na syndiagenézu, anadiagenézu a epidiagenézu (Fairbridge, 1967), vzniká napr. v terestrických podmienkach problém, že pokryvné sedimenty majú často vo vadóznej zóne oxidačnú a vo freatickej zóne

redukčnú časť. Pritom takéto rozdelenie môžeme nachádzať v pôdach, kôrach zvetrávania a v sedimentoch. Podľa uvedenej klasifikácie by procesy povrchovej oxidácie patrili k epidiagenéze a redukčné procesy k syndiagenéze, aj keď z hľadiska časového zatriedenia fáz sú oba procesy zhodné a patria k iniciálnemu štádiu diagenézy. Iný vážny problém, ktorý vyvstáva práve zo štúdia permských hornín, je zachovanie pôvodného, oxidačného stavu sedimentov aj po rôznom prekrytí novými sedimentmi.

Napr. niekoľko desiatok metrov mocné polohy zlepcov, desiatky až stovky metrov mocné polohy pieskencov, ale najmä ílovcov a ílovitých bridlic majú červenofialové zafarbenie s vyšším obsahom trojmocného železa (a Mn^{4+}) napriek tomu, že prešli všetkými fázami diagenézy. Pritom najmä druhá fáza syndiagenézy („early burial stage“) sa spája s redukčným prostredím.

Plno nejednotnosti a rozporov je aj v terminológii. V sovietskej literatúre napr. všetky procesy sekundárnej povahy (naložené) vo vzťahu k minerálnej mase označuje Pereľman (1968, 1975) a iní ako epigenetické. Naproti tomu epigenéza v zmysle Ruchina (1953) sa chápe ako štádium neskorej diagenézy (pred metamorfizmom). Pereľman pod pojem epigenéza zahŕňa všetky procesy sprevádzané výmenou látok s okolnými systémami (tvorba pôd, kôr zvetrávania, pôsobenie podzemných vôd, epigenetický vznik niektorých ložísk, tvorba sekundárnych aureol rozptylu a pod.). Epigenézu od diagenézy oddeľuje!

Termín „epigenetický“ má v geológii ložísk celkom iný význam. Najčastejšie sa používa na označenie epigenetického zrudnenia mladšieho ako okolné horniny (obyčajne žilného). Naproti tomu epidiagenéza (Fairbridge, 1967) je termín vzťahujúci sa na diagenetické štádium, ktoré nastáva po vynorení sedimentov, pri prerušení celého cyklu vplyvom meteorických vôd oxidačnej povahy („reintrodukcia oxidačných procesov“ — Fairbridge in Larsen, Chilingar, 1967, s. 79). A to predsa nie je pravda. Meteorické kyslíkaté vody prenikajúce cez horninové prostredie sa postupne môžu zmeniť na bezkyslíkaté (glejové) už v pôdach, kôrach zvetrávania (tzv. povrchové oglejenie). V nespevnených sedimentoch sa vo vodonosných horizontoch tvoria glejové horizonty, zatiaľ čo nad nimi prevládajú aerované — oxidické horizonty. (Sú aj opačné prípady veľmi hlbokej penetrácie kyslíkatých vôd.) Ten istý autor uvádza, že vo vzťahu ku genéze minerálov je štádium epidiagenézy analogické epigenéze a hypergenéze.

Ďalším problémom je časová postupnosť redukčných zmien v diagenetickom štádiu najmä vo vzťahu k redukčnému (anoxickému) prostrediu. Vieme, že vznik sulfidov v recentných sedimentoch je proces veľmi náhly a môžeme ho spájať s iniciálnym štádiom diagenézy. Pyritizácia, ako sprievodný jav pri tvorbe

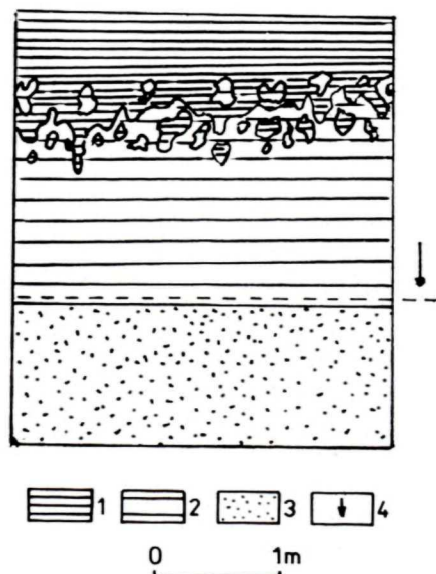
Cu-pieskovcov, je proces, ktorý sa spája aj s neskoršími štádiami diagenézy, keď napríklad sírovodíkové vody sa stretávajú s podzemnými glejovými vodami s obsahom železa a Cu (prípadne iných kovov). K pyritizácii dochádza aj pri tvorbe niektorých epigenetických U ložísk (Pereľman, 1968 a i.).

Redukčné glejové zóny, ktoré prechádzajú naprieč viacerými litotypmi, zjavne nie sú syndiagenetické. Niekedy sú skôr epidigenetické. Mohli vzniknúť v ktoromkoľvek časovom úseku včítane recentnej doby (prenikanie puklinových glejových vôd). Ako sme poukázali vyššie, Fairbridge (1967) toto štádium spája s oxidickým prostredím.

Z uvedeného vyplýva, že teoretické problémy sa odrážajú aj v terminologickej spleti, ale nebudeme to riešiť v tomto príspevku. Ak ale budeme hovoriť o redukčných procesoch, nebudeme môcť tieto otázky celkom obísť. Súčasne si treba uvedomiť, že niektoré naše predstavy sú preto schematické. Ak sa nevyhne terminológii, s ktorou iní autori nesúhlasia, budeme radi, ak k tomu vyjadrí svoj postoj.

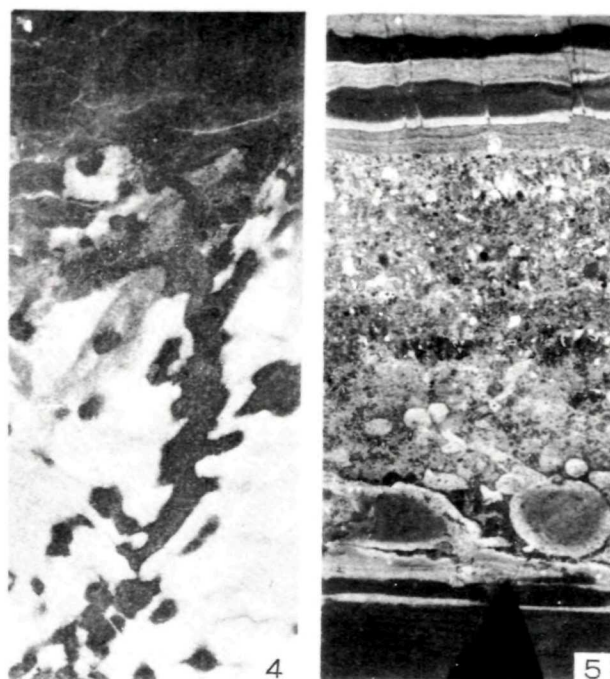
Redukčné procesy v horninách severogemerického permu môžeme rozdeliť podľa charakteru redukčných procesov a podľa spätosti s určitým vývojovým štádiom sedimentárnych hornín. V zásade odlišujeme dva rady redukčných procesov, a to redukčné glejové a redukčné sulfidické (Pereľman, 1968).

Procesy redukčného glejového radu vznikajú na miestach pôsobenia bezkyslíkatých glejových vôd. Tie vznikajú na úkor rozkladu organických látok v pro-



Obr. 3. Schéma prejavov glejových procesov vo vodonosných horizontoch. 1 — oxidické sedimenty, 2 — glejové sedimenty, 3 — piesčité podložie, 4 — predpokladaná úroveň podzemných vôd.

Fig. 3. Scheme of gley processes in water-bearing beds. 1 — oxidic sediment, 2 — gley sediment, 3 — arenaceous underlier, 4 — presumed water table level.



Obr. 4. Znak glejových procesov v bývalých vodonosných horizontoch, v zóne prechodu glejového horizontu do oxidického. Tento prechod je nepravidelný a vyznačuje sa škvrnitým vzhľadom s postupným pribúdaním oxidického materiálu. Novoveská Huta, vrt č. 901, hĺbka 186 m, 2/3 skutočnej veľkosti.

Fig. 4. Features of gley processes in previously water-bearing levels, within the transition zone of the gley horizon into an oxidic one. The transition zone is spotted with gradual increase of the oxidic matter. Novoveská Huta, drilling No 901, 186 m depth, natural size reduced to 2/3.

Obr. 5. Prejavy nerovnomerného syndiagenetického oglejenia v dnových sedimentoch. Tmavé pásiky (v skutočnosti fialové) predstavujú ílovité polohy, v ktorých iba na okraji došlo k čiastočnej redukcii až po uložení sedimentov. Rôzne akoby nodulárne útvary v hornej časti obrázku sú chodbičky po lezení bentózne fauny vyplnené ílovitým materiálom redukovanej aj oxidickej povahy. Novoveská Huta, jama 3, II. obzor, 1/3 skutočnej veľkosti.

Fig. 5. Uneven development of the syngenetic gley process in bottom sediments. Dark belts (violet in nature) are clay seams reduced after the sedimentation only along the margins. Various nodule-like forms in the upper part are burrows after benthic fauna filled by reduced and oxidic clay matter. Novoveská Huta, shaft No 3, 2nd level, natural size reduced to 1/3.

stredí s nízkym obsahom redukujúcich sa sulfátových iónov alebo v prostredí, ktoré je chudobné na H_2S po jeho imobilizácii v sulfidoch (Berner, 1981).

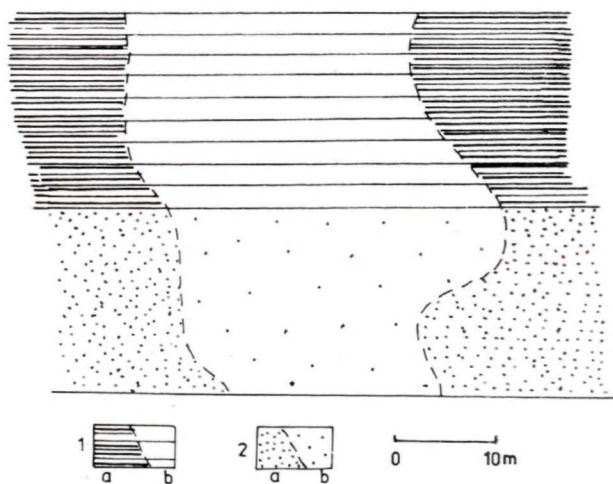
Na základe terénneho štúdia sme zistili, že veľká časť glejových procesov tohto typu vznikala v zónach bývalých vodonosných horizontov. A to nielen na miestach trvalej hladiny podzemných vôd, ale aj v zóne kapilárneho vzliňania. O tom svedčí prechod od podloží úplne oglejených polôh cez čiastočne oglejené až neoglejené v nadloží (obr. 3 a 4). Iným typom sú glejové procesy vznikajúce na dne sedimentárnych bazénov s prínosom organického detritu. Na

obr. 5 vidieť, že prinášaný oxidický ílovitý materiál bol čiastočne na okrajoch lamín redukovaný pomerne skoro po prínose do panvy. V spodnej časti obrázku sú chodbičky po lezení bentóznej fauny vyplnené redukovaným aj menej redukovaným materiálom z podložia. Tento typ glejových procesov sleduje hranice pôvodnej sedimentácie.

Vo všetkých sledovaných horninách so stopami glejových procesov sa nachádzajú karbonáty ako primárny tmel. Svedčí to o neutrálnej až alkalickej povahe prostredia. Podľa Pereľmanovej klasifikácie (1968) by sme mohli takéto procesy označiť ako glejové karbonátové.

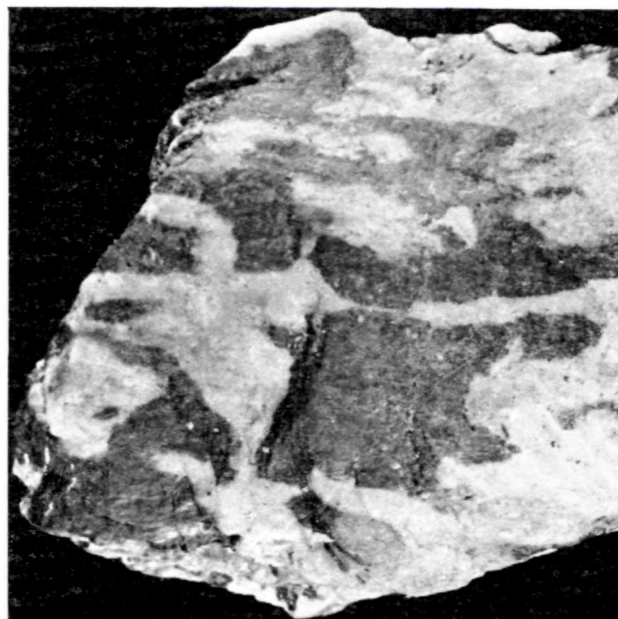
Osobitne výrazné sú stopy glejových procesov v okolí sadrovcových polôh (sadrovcové oglejenie). Prachovce, ílovce, ílovité bridlice aj pieskovce majú zelenú farbu. Polohy takýchto hornín v okolí evaporitových horizontov dosahujú niekoľko metrov. V súlade s poznatkami Pereľmana (1968) môžeme predpokladať, že prostredie bolo redukčné do takej miery, že dochádzalo k redukcii železa, ale nie k redukcii síry ($S^{6+} \rightarrow S^{2-}$). Pri začleňovaní týchto procesov do vývojového štádia sedimentárnych hornín vznikajú rôzne problémy. Časť týchto procesov, napr. sadrovcové oglejenie, pokladáme za synsedimentárne, podobne aj niektoré stopy oglejenia sedimentárnych hornín, ktoré vznikali vo vodnom prostredí sedimentácie.

V oblasti Muráňa (JZ od Novoveskej Huty) na V. a IX. horizonte na ložisku Novoveská Huta, ako aj vo viacerých vrtoch sme pozorovali stopy oglejenia prechádzajúce naprieč viacerými litotypmi, napr. pieskovce — prachovce, prachovce — (ílovce) — ílovité bridlice (obr. 6). Striedanie svetlých a fialových škvrn



Obr. 6. Schematický náčrt prejavov diagenetických redukčných procesov, ktoré prebiehajú naprieč rôznymi litotypmi. 1 — siltovce, 2 — pieskovce, a — oxidické, b — glejové.

Fig. 6. Scheme of diagenetic reducing process development across various lithotypes. 1 — siltstone, 2 — sandstone in a — oxidic, b — gley environment.



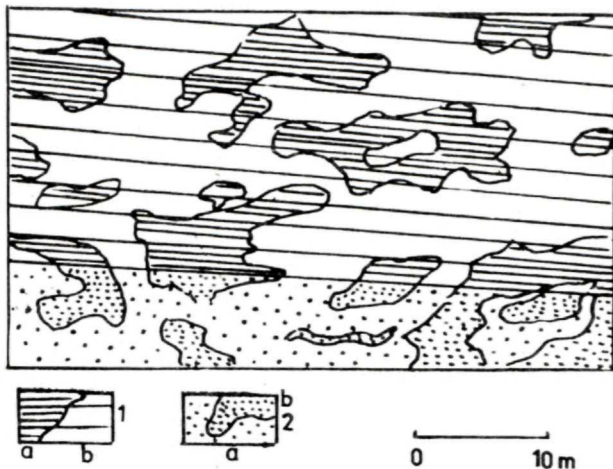
Obr. 7. Selektívne prejavy oglejenia v piesčitých bridliciach. Tmavé pásiky (v skutočnosti sivozelené) sú oglejené polohy. Novoveská Huta, jama 3, IX. obzor, H-2-90/R-10, 2/3 skutočnej veľkosti.

Fig. 7. Selective development of the gley process in arenaceous sediments. Dark belts (greyish-green in natural state) are the gley levels. Novoveská Huta, Shaft No 3, 9th level, H-2-90/R-10 sample, natural size reduced to 2/3.

s mocnosťou niekoľko desiatok metrov (obr. 7 a 8) sme pozorovali v banských priestoroch ložiskového poľa Novoveská Huta. Obidva typy spadajú do neskoršieho štádia diagenézy a nemožno ich spájať s existenciou vodonosných horizontov. Časť z nich môže byť anadiagenetická, ale tiež epidiagenetická. Dnes, keď tieto horniny prekonali taký dlhodobý vývoj (anchimetamorfne štádium), je ťažké tieto postupy posúdiť. V sovietskej literatúre sa tieto procesy označujú ako diagenetické (Pereľman, 1968).

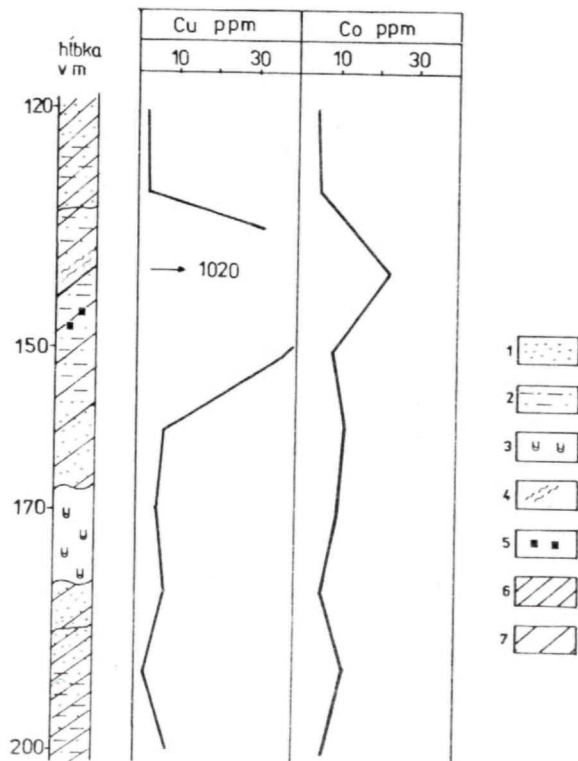
Procesy redukčného sulfidického radu tvoria inú skupinu procesov, ktoré vznikali na miestach, kde dochádzalo k redukcii síranov, alebo sa mobilizoval sírovodík z alochtónnych zdrojov. Sírovodík (HS^- a S^{2-} ióny) sa zlučuje s redukovanou formou železa (Fe^{2+}) a vznikajú sulfidy železa (prípadne sulfidy iných kovov). Pri obvyklom nadbytku železa sa tvorí pyrit. Niekedy sa prejavy pyritizácie priestorovo viažu na evaporitické súvrstvia. Nadbytok sírovodíka je tam zrejme dôsledkom desulfatizácie sulfátových iónov. Podobný príklad je uvedený na obr. 9 z vrtu 863, kde pyritizované polohy dosahujú okolo 20 m. V okolí pyritizovaných zón sa súčasne zvyšuje obsah Cu a Co viazaných na pyrit alebo iné sprievodné bližšie neidentifikované sulfidy.

Redukčné sulfidické procesy sa v týchto horninách uplatňovali aj na mnohých miestach, kde tieto vzťahy k evaporitom nie sú nijako preukázateľné (obr. 10).



Obr. 8. Striedanie oxidických a glejových polôh diagenetického pôvodu v rôznych litotypoch prebiehajúcich nesúhlasne s vrstvitostťou. 1 — siltovce, 2 — pieskovce, a — oxidické, b — redukované. (Detail uvedený na obr. 7.)

Fig. 8. Alternation of oxidic and gley levels of diagenetic origin in various lithotypes cutting stratification. 1 — siltstone, 2 — sandstone, a — oxidic, b — reduced (detail in Fig. 7).



Obr. 9. Prejavy sulfidického oglejenia v okolí siranového horizontu vo vrte 863 v Novoveskej Hute. 1 — pieskovce, 2 — ílovité bridlice, siltovce, 3 — evapority (sádrovec, anhydrit), 4 — porucha, 5 — pyritizácia, 6 — horniny červenohnedofialovej farby (oxidické zóny), 7 — horniny sivozelené farby (redukované zóny).

Fig. 9. Features of the sulphidic process around a sulphate horizon in the drilling No 863, Novoveská Huta locality. 1 — sandstone, 2 — argillaceous shale, 3 — evaporite (gypsum and anhydrite), 4 — dislocation surface, 5 — pyritization, 6 — reddish-brown and violet rocks (oxidic zone), 7 — greyish-green rocks (reduction zone).

Napríklad len vo vrte č. 860 (hlbokom okolo 2 000 m) sme zistili 12 pyritizovaných zón, pričom niektoré z nich sú mocné až okolo 50 metrov. Horniny v týchto polohách majú zelenavé až svetlosivé zafarbenie a samotné zóny prestupujú aj cez viaceré litotypy. Zdá sa, že mnohé z nich sú syndiagenetické, hoci z bodových priesečníkov vo vrtoch sa tieto priestorové vzťahy nedajú presnejšie posúdiť.

K tejto kategórii procesov patrí aj vznik Cu-pieskovcov, ktoré vznikali na redukčných sulfidických bariérach. Meď, ktorá migruje v redukčnom glejovom (slabo glejovom) prostredí, sa imobilizuje v sulfidickom prostredí. Bez výraznej dotácie H_2S vznikajú v sedimentačnom priestore viaceré anomálne koncentrácie medi okolo mikroredukčných centier (napr. miest rozkladu organických látok). Sú preto zväčša nebilančné, ale Cu z týchto anomálnych koncentrácií mohla byť zdrojom mladšieho Cu zrudnenia žilnej povahy (obr. 11).

Stratiformné prejavy U-Mo-Cu(Se) zrudnenia zonálnej povahy prítomné v horninách severogemerického permu (zlepence — pieskovce) sú tiež príkladom vzniku redukčných bariér. Ich vznik zodpovedá zhruba modelom tzv. hydrogénných U ložísk uvádzaných vo viacerých prácach zahraničných autorov (napr. Pereľman, 1979). Pretože Eh hodnoty redukcie (vylučovania) prvkov na geochemických bariérach tohto typu ($U^{6+} \rightarrow U^{4+}$, $Se^{4+} \rightarrow Se^0 \rightarrow Se^{2-}$ a $Cu^{2+} \rightarrow Cu^+ \rightarrow Cu^0$) sú rozdielne, zrudnenia tohto typu majú svoju geochemickú zonálnosť. Podľa doterajších predstáv vznikajú tieto typy zrudnenia pri prenikaní vadóznych vôd po priepustnejších polohách hornín, teda v zmysle Fairbridgea (1967) epidiageneticky. Opäť však ide o prípad, keď sa kyslíkaté (oxidačné) vody prenikaním smerom nadol menia na bezkyslíkaté (redukčné). Pretože prenikanie týchto vôd prebiehalo v zásade v rôznych štádiách prerušenia diagenetického cyklu, ich časové zaradenie je sporné. Treba však poznamenať, že uránové zrudnenie vzniká nielen v redukčných sulfidických, ale aj v redukčných glejových podmienkach (Pereľman, 1968, 1979 a i.).

Redukčné procesy v dislokačných zónach

V okolí dislokačných a inak tektonicky namáhaných zón sme zistili redukčné glejové pásma mocné od niekoľko cm do niekoľko m. Ich časové zatriedenie je zložité. Predpokladáme, že časť z nich vznikala súčasne s dynamometamorfnými procesmi. Po dislokačných pásmach však mohli presakovať aj vadózne vody s rôzne hlbokým obehom. Tie sa postupne smerom do hĺbky menia na glejové. Pri svojom pohybe sa obohacujú aj o niektoré prvky, ktoré vyluhujú z horninového prostredia. V porušených zónach hlavne ako následok sorpcie sú niekedy tieto glejové pásma obohatené o niektoré prvky. Príklad



Obr. 10. Prejavy redukčných sulfidických procesov v jemnozrnných pieskovochoch. Tmavé pásiky — zóny pyritizácie, ktoré vznikali syngeneticky. Novoveská Huta, jama 3, XIII. obzor, tesne pri trafostanici, 1/2 skutočnej veľkosti.

Fig. 10. Features of the reducing sulphidic process in fine grained sandstone. Dark zones represent pyritized seams developing syngenetically. Novoveská Huta, Shaft No 3, 13rd level, close to the transformer station, natural size reduced to 1/2.

tohto typu glejových procesov je na obr. 12 z vrtu č. 785 z hĺbky 232–247 m. Ak sú tieto dislokačné zóny založené vo fialových prachovcoch a v ílovitých bridliciach, vznikajú niekedy vybielené tenkobridličnaté horniny bohaté na sericit („sericitolity“).

Metamorfne stopy redukčných procesov

Horniny severogemerického permu nesú v makromeradle stopy rôznych, zväčša však slabo metamorfických premien (anchimetamorfóza). Charakter týchto premien je dosť premenlivý. Na miestach tektonicky namáhaných alebo výraznejšie zvrásnených (sprehýbané klivážne plochy) pozorujeme rôzne prejavy redukčných zmien. Niekedy sú len nepatrné, spojené so vznikom zhlukov chloritu vo fialových prachov-

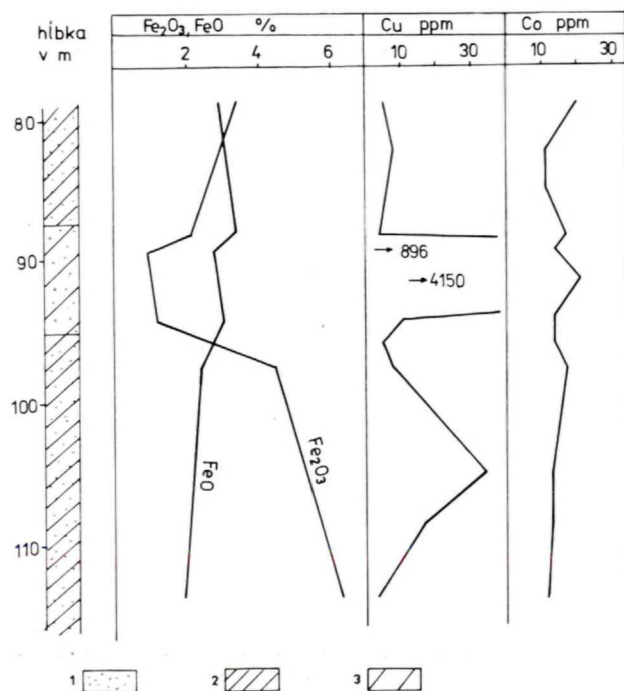
coch až bridliciach, ale aj výraznejšie zmeny, spojené so vznikom svetlozelených variet týchto hornín.

Na obr. 13 vidíme takéto stopy premien, ktoré sú zrejme mladšie alebo rovnako staré ako vznik laterálno-sekrečnej kremeňovo-karbonátovej žilky, ktorá vznikla pri metamorfóze. Keby boli tieto procesy staršie ako vznik samotnej žilky, neboli by svetlejšie redukované polohy v okolí žilky prerušované.

Hydrotermálne redukčné procesy

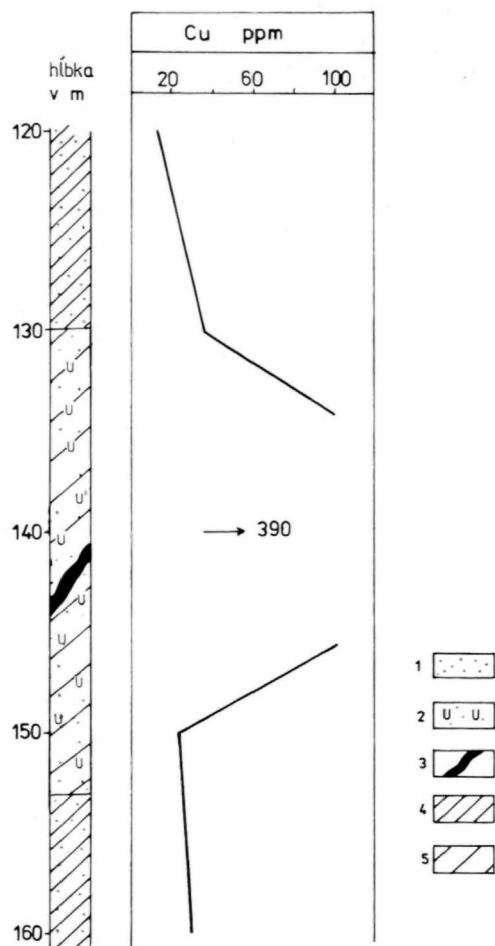
S postupnými zmenami názorov na vznik hydrotermálnych roztokov došlo aj k značným korekciám názorov na vzájomnú spätosť hypergenných a hydrotermálnych procesov. Napríklad režim síry má mimoriadny geochemický význam nielen v hypergenných, ale aj v hydrotermálnych systémoch. Za prítomnosti H_2S , príp. jeho analógov (H_2Se) vzniká hydrotermálne sulfidické prostredie. V závislosti od celkových obsahov sírovodíka v termálnych roztokoch vznikajú sulfidicko-glejové až glejovo-sulfidické procesy (Pereľman, 1968).

V nami študovaných horninách sú prejavy hydro-



Obr. 11. Zóna výskytu Cu-pieskovcov vo vrtu č. 896. Príklad vzniku redukčných sulfidických bariér. Nápadný je pokles obsahu trojmocného železa, súčasne zvýšený obsah Fe^{2+} a Co, ktoré sa viažu v pyrite. 1 — pieskovce, 2 — horniny červenohnedofialovej farby, 3 — horniny sivozelenej farby.

Fig. 11. Zone of "copper sandstone" occurrence in the drilling No 896. Example of reducing sulphide barrier development. The decrease of ferric ion content and the lighter ferrous and cobalt contents bound in pyrite are remarkable. 1 — sandstone, 2 — reddish-violet rock, 3 — greyish-green rock.



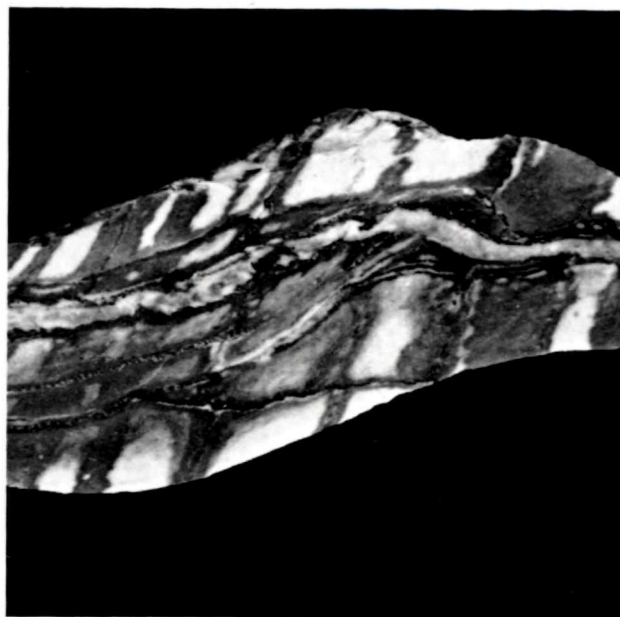
Obr. 12. Redukčná glejová zóna v okolí dislokačnej línie vo vrte č. 785, Novoveská Huta. 1 — ílovité bridlice, 2 — zlepenec, 3 — dislokačná línia, 4 — horniny červenohnedofialovej farby (oxidické), 5 — horniny sivozelenej farby (redukované).

Fig. 12. Reduction gley zone around dislocation in drilling No 785, Novoveská Huta locality. 1 — argillaceous shale, 2 — conglomerate, 3 — dislocation, 4 — reddish-brown to violet rock (oxidic), 5 — greyish-green rock (reduced).

termálnych redukčných zmien rôzne. Na niektorých miestach sú prejavy okoložilných redukčných zmien minimálne (sú to obyčajne masívnejšie polohy zlepenčov a pieskovcov), inde dosahujú desiatky cm až niekoľko málo m (obr. 14). Premenená zóna je zhruba totožná s primárnou aureolou rozptylu. Primárne aureoly rozptylu v okolí Cu žíl sú všeobecne dosť nevýrazné (Čurlík et al., 1984).

Okoložilné redukčné procesy sú zväčša nesulfidické — glejové. Samotné sulfidy medi (chalkopyrit, tennantit) a pyrit sa sústreďujú prevažne v žilných systémoch. Sírovodík sa zrejme spotreboval na tvorbu sulfidov v žilách a roztoky prenikajúce do okolného horninového prostredia sa stávali redukčné — glejové.

Pretože žilné štruktúry sú obyčajne situované



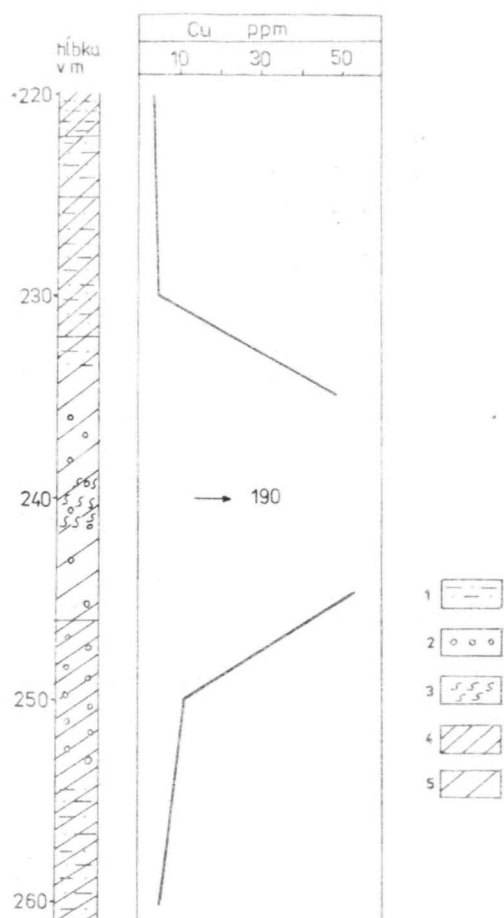
Obr. 13. Glejové zóny mladšie, nanajvýš súčasné so sekrečnými kremeňovo-karbonátovými žilkami, ktoré prenikajú naprieč týmito zónami. Pravdepodobne metamorfne redukčné procesy. Novoveská Huta, jama 3, XIII. obzor, žumpové chodby, 1/3 skutočnej veľkosti.

Fig. 13. Gley zones developing subsequently or at least simultaneously with quartz-carbonate secretion veinlets crossing the gley zones. Probably metamorphic reduction processes. Novoveská Huta locality, Shaft No 3, sump adits, natural size reduced to 1/3.

v dislokačných zónach, nie je všade jasné, ktoré stopy oglejenia sú spojené s hydrotermálnymi procesmi a ktoré sú späté s dynamometamorfnými zmenami hornín. Určitým návodom na posúdenie hydrotermálnych redukčných procesov sú metasomatické premeny hornín a zvýšené koncentrácie prvkov primárnej geochemickej aureoly.

Niektoré zovšeobecnenia

Redukčné procesy ovplyvňujú migráciu, redistribúciu a koncentráciu niektorých prvkov. Migrujú najmä tie prvky, ktorých migračná schopnosť sa zvyšuje pri zmene oxidačného stavu (Fe, Mn, V, Cu, Mo, Se a pod.), a koncentrujú sa tie prvky, ktoré sa vylučujú na redukčných geochemických bariérach. Na glejových bariérach sa koncentrujú niekedy Cu, U, Mo, Se, V a na sulfidických Fe^{2+} , Cu, U, Mo, Se a niektoré iné prvky. Hoci obsah prvkov na bariérach nemusí dosahovať ložiskové koncentrácie, sú to geochemické anomálie, ktoré treba správne interpretovať pri litogeochemických a pedogeochemických prospekčných prácach. V horninách severogemerického permu takéto anomálie reprezentujú napríklad pyritizované zóny, Cu-pieskovce a niektoré stratiformné U-Cu-Mo-(Se) zrudnenia. Prvky koncentrované na týchto



Obr. 14. Prejavy hydrotermálneho oglejenia v okolí kremeňovo-karbonátovej žily vo vrte č. 901, Novoveská Huta. 1 — pieskovce, 2 — tufitické pieskovce, 3 — kremeňovo-karbonátová žila s obsahom sulfidov, 4 — horniny červenohnedofialovej farby (oxidické), 5 — horniny sivozelenej farby (redukované).

Fig. 14. Features of hydrothermal gley process around quartz-carbonate vein in drilling No 901, Novoveská Huta locality. 1 — sandstone, 2 — tuffitic sandstone, 3 — quartz-carbonate vein with sulphide content, 4 — reddish-brown to violet rock (oxidic), 5 — greyish-green rock (reduced).

bariérach môžu byť zdrojom epigenetického zrudnenia.

Keď sme vyniesli do grafu pomery obsahov dvoj- a trojmocného železa zo študovaných hornín rôznej litologickej povahy (obr. 15), veľmi zreteľne sa nám oddelili skupiny červenofialových od sivozelených, zelených až vybielených hornín. Zatiaľ čo červenofialová farba je spojená s prítomnosťou hematitového pigmentu, zelená farba je spojená s prítomnosťou chloritu. Rôzne prechodné typy sfarbenia a ich odtiene súvisia aj s obsahom iných farebných pigmentov, najmä s obsahom organických látok, mangánu, ale aj pyritu, karbonátov, kremeňa a podobne. To treba brať do úvahy pri štúdiu redukčných procesov v iných horninách, kde pôvodné zafarbenie nie je tak nápad-

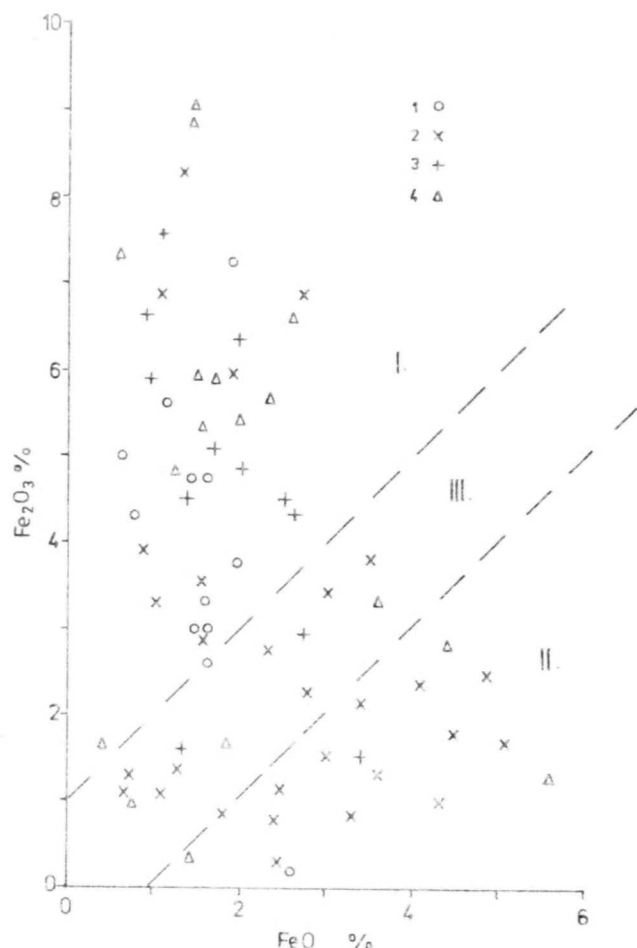
ne diferencované ako v permských komplexoch, kde sú nápadné vďaka výrazným farebným kontrastom.

Stopy redukčných procesov diagenetickej povahy, ktoré prechádzajú ako súvislé zóny naprieč rôznymi litotypmi alebo vystupujú ako škvrnité mnohometrové zóny so striedaním oxidačných a redukčných škvŕn (obr. 7), sú relatívne dobrým dôkazom platnosti redukčnej teórie vzniku farebných zmien v permských sedimentárnych horninách (Thompson, 1970; Walker, 1967). Nedá sa predpokladať, žeby niekoľko metrov až desiatok metrov mocné súvislé alebo škvrnité zóny vznikali ako dôsledok nejakej selektívnej oxidácie za prístupu vzdušného kyslíka. Ťažko si tiež môžeme predstaviť vznik týchto zón v bývalých vodonosných horizontoch. So zmenou oxidačno-redukčných podmienok môže časť Fe^{2+} vstupovať aj do karbonátov. Aj keď doteraz nie sú o tom podrobnejšie údaje, bolo zistené, že Fe-dolomit v horninách má o triedu nižší obsah železa ako dolomity na žilných štruktúrach, kde predpokladáme zníženie Eh (Háber in Šupala, 1982).

Redukčné procesy majú zrejme oveľa väčšie zastúpenie aj v iných geologických útvaroch, než sa uvažuje doteraz. Obyčajne sa tieto úseky farebne odlišujú a považujú sa za hydrotermálne premenené zóny. To sa bez geochemického štúdia nedá jednoznačne tvrdiť. Najmä tie zóny, ktoré nevykazujú prínos hydrotermálnej asociácie prvkov a naopak odnos prvkov pohyblivých v redukčných podmienkach, mohli vzniknúť pri redukčných procesoch.

V súlade s poznatkami Pereľmana (1968, 1979) sa domnievame, že dôležitú funkciu pri diferenciácii redukčných procesov v permských horninách mali alkalické roztoky. Svedčia o tom výrazné prejavy karbonatizácie, menej albitizácie a vysoké obsahy bóru v horninách (Čurlík et al., 1984). Aj červenofialové variety hornín (oxidické) obsahujú zvýšený podiel karbonátového tmelu a často aj karbonátové noduly (septárie). Je zrejme, že táto karbonatizácia sa spája so sedimentogéznou. To nás oprávňuje predpokladať, že aj redukčné procesy mali charakter karbonátových procesov v zmysle Pereľmana, a nie procesov kyslej povahy.

V niektorých súvrstviach severogemerického permu (napr. petrovohorské) sa vyskytujú premenené vulkanické horniny a vulkanoklastiká (tufy až tufitické pieskovce). Aj keď sa v nich nachádzajú červenofialové polohy, čo je zrejme dôsledok pôvodnej subaerickéj oxidácie, väčšinou v nich prevládajú sivé, sivozelené až zelené odtiene. Dá sa predpokladať, že vo viacerých prípadoch sa nám zachovala pôvodná farba hornín. No rozhodne sú znaky, ktoré nás oprávňujú tvrdiť, že v genéze farieb týchto hornín hrali redukčné procesy dôležitú úlohu. Svedčia o tom napríklad aj zóny pyritizácie, ktoré vystupujú mimo hydrotermálne premenených pásem (pôsobenie re-



Obr. 15. Grafické znázornenie pomerov $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ v niektorých študovaných horninách severogemerického permu. Fialovočervené horniny spadajú do poľa I, sivozelené až zelené (redukované) do poľa II. Ostatné horniny rôznorodého zafarbenia sú v poľa III. Rôzne zafarbenie je funkciou najmä obsahu dvojmocného a trojmocného železa. 1 — ílovité bridlice, 2 — piesčité bridlice a siltovce, 3 — pieskovce, 4 — zlepenec.

Fig. 15. Graphic plot of $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ratio in some of investigated rocks of the North Gemic Permian unit. Violetish-red rocks fall into the field I, greyish-green to green rocks (reduced) are in the field II, other rocks of various colour are in the field III. Various colours are dependent mainly on the ratio of the ferrous and ferric ion content. 1 — argillaceous shale, 2 — arenaceous shale and siltstone, 3 — sandstone, 4 — conglomerate.

dukčných sulfidických procesov). Pri terénnom výskume sa pre slabé metamorfne prepracovanie všetkých hornín a pre ich bridličnatý charakter dosť často mylne pokladajú za vulkanogénne členy zóny redukovaných sedimentárnych hornín. Preto je viac ako dospelá potreba venovať sa litofaciálnej analýze hornín, lebo pri nedostatku iných kritérií tvorí základ stratigrafického členenia permských komplexov.

Záver

Redukčné procesy v horninách severogemerického permu majú štádiálny charakter. Vznikali v rôznych štádiách diagenézy pri metamorfných a hydrotermálnych premenách hornín. Patria dvom osobitným radom, a to redukčným glejovým procesom (vyznačujú sa redukciami a odnosom železa) a redukčným sulfidickým procesom (vyznačujú sa pyritizáciou).

Uvedené procesy majú vplyv na migráciu, redistribúciu, ale aj na koncentráciu prvkov. Je s nimi spojený vznik redukčných geochemických bariér, na ktorých sa koncentruje celý rad prvkov. Za takéto bariéry v horninách severogemerického permu považujeme pyritizované zóny, Cu-pieskovce a stratiformné U-Cu-Mo zrudnenie. Anomálne koncentrácie prvkov na bariérach mohli byť zdrojom epigenetického zrudnenia.

Odrazom týchto procesov v horninách je zmena farieb a prítomnosť niektorých autigénnych minerálnych fáz, na základe ktorých môžeme indikovať nielen Eh, ale aj pH daného prostredia.

Literatúra

- Berner, R. A. 1971: Principles of chemical sedimentology. New York, McGraw-Hill B. Co., 240 s.
- Berner, R. A. 1981: A new geochemical classification of sedimentary environments. *J. sed. Petrology*, 51, 2, 359—365.
- Čurlík, J., Forgáč, J., Veselský, J. 1984: Geochemický a petrografický výskum v ložiskovom poli Novoveská Huta. Závěrečná správa VP-III. Manuskript — Geofond Bratislava, 285 s.
- Čurlík, J., Forgáč, J., Turan, J., Turanová, L., Šupala, E. 1984: Albitolites in sedimentary complexes of the North-Gemeride Permian. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, 35, 6, 724—740 s.
- Kukal, Z. 1986: Základy sedimentologie. Praha, Academia, 466 s.
- Larsen, G., Chilingar, G. V. 1967: Diagenesis in sediments. Amsterdam, London, New York, Elsevier Publ. Co., 551 s.
- Mc Bride, C. W. 1974: Significance of colour in red, green, purple, olive, brown and grey beds of Difunta group, Northeastern Mexico. *J. sed. Petrology*, 44, 3, 760—773 s.
- Morse, J. V., Millero, F. J., Cornwell, J. C., Rickard, D. 1987: The chemistry of hydrogen sulfide and iron sulfide systems in natural waters. *Earth Sci. Rev.*, 24, 1, 1—42.
- Perelman, A. I. 1968: Geochimija epigenetických procesov. Moskva, Nedra, 330 s.
- Perelman, A. I. 1979: Geochimija. Moskva, Nedra, 380 s.
- Ruchin, L. B. 1953: Osnovy litologii. Leningrad—Moskva, Gostop-technizdat, 671 s.
- Šupala, E., 1982: Závěrečná správa a výpočet zásob za etapu VP-III-Cu zrudnenie, Novoveská Huta. Manuskript—Geofond Bratislava.
- Thompson, A. M. 1974: Geochemistry of colour genesis in red-bed sequence Juniata and Bald eagle formations, Pennsylvania. *J. sed. Petrology*, 4, 2, 599—615.
- Walker, T. R. 1967: Formation of red-beds in modern and ancient deserts. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 78, 353—368.
- Walker, T. R. 1967: Colour of recent sediments in tropical Mexico: a contribution to the origin of red-beds. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 78, 917—920.

Reducing geochemical processes in sedimentary rocks of the North Gemeric Permian, Eastern Slovakia

Sedimentary rocks in the North Gemeric Permian unit generally display reddish to violet colour. This colouring, caused by the fine disseminated hematite pigment, developed due to preservation of oxidic character during sediment transport, sedimentation and diagenesis.

On the basis of the reddish-violet colour however, one may note also paths of greyish-green, green or discoloured rock which, according to field and laboratory data, developed at the expense of originally oxidic rock by reduction processes. Reduction and colour changes originated in various stages of rock development: syngenetically to diagenetically or even during metamorphic or hydrothermal alterations. These changes display stadial development. The authors prefer the reduction theory of the colour changes in the originally oxidic rocks (red beds).

Reduction processes are either developing by the action of oxygen-free (gley) water in the absence of hydrogen monosulphide or that of sulphidic water. In relation to that it is necessary to distinguish two groups of reduction processes: the anoxic nonsulfidic-gley process and the anoxic sulfidic one.

In the anoxic-gley process iron and manganese are mobile. As a result colourless, greenish, greyish-green zones in the rocks can be developing in accordance with the mineral

phase containing reduction form of iron and manganese (chlorite, illite, carbonate a. o.). In anoxic sulfidic processes the iron (eventually other metals) is immobile because insoluble sulfides develop in environment with active hydrogen sulphide.

In the rocks under study zones with prevailingly anoxic-gley and also with anoxic-sulphidic phenomena are present. The second phenomenon being indicated by their pyrite content.

Reduction processes induce transfer, redistribution but even concentration of elements. At reduction geochemical barriers economic ore deposits may occur. In the North Gemeric-Permian as an example of such barriers may serve the so called "copper sandstones" and some strata-bound U-Mo-Cu-(Se) ore mineralizations. In spite of that these are non-economic accumulations these may have served as a source for epigenetic ore deposits in Permian rocks.

The distinction of indicated processes and their classification to some stages of rock development is based on natural examples. In the routine field work very often their sequence is hard to settle due to repeating action and overlaps of single stages. The presence of such products could hence be frequently disregarded.