

parison of relative meanings of selected factors using the method of so called couple triangles (fig. 5). The rank and weight (meant as inverted rank divided by the number of factors) of selected factors are in tab. 2. The sum of weighted values of all factors conditioning the pumped storage power plant construction from engineering geological point of view represents the sum of scores for the alternative solution. The highest sum of scores represents the requested optimum alternative of spatial arrangement for objects of the pumped storage power plant.

Results of decision-making analysis (tab. 3)

Peter Sonnenfeld: **Brines and Evaporites**. Academic Press Inc. Orlando — San Diego — New York — London — Toronto — Montreal — Sydney — Tokyo. 1984. 613 p.

Kniha o slaných vodách a evaporitoch reprezentuje najnovšie zovšeobecnenie poznatkov o geologických procesoch a surovinách, dôležitých v ekonomike mnohých krajín. Sú vyvinuté na všetkých kontinentoch, v polárnych zónach, v jazernom prostredí, v podzemných vodách a v subtropických moriach.

Na formovanie slaných vôd vplývali najmä klimatické faktory, t. j. striedanie suchých a horúcich období s obdobiami normálnymi alebo subtropickými až tropickými.

Vznik slaných vôd a bazénov značne ovplyvňovala obmedzená možnosť miešania vôd s oceánom (podľa teórie Ohseniusa — Krulla). Rýchlosť prúdenia vôd je v takýchto bazénoch obmedzená, a to podmienilo aj vznik vysokej salinity. Obsah minerálnych látok je často zvýšený, fyzikálne vlastnosti vody sú odlišné od normálnej morskej vody a od sladkej vody, hlavne hustotou, Eh, pH a pod. V slanej vode sú značne odlišné biologické pomery (nedostatok živých organizmov, resp. len obmedzený počet špecifických druhov fosílií organizmov). Okrem toho je tu veľmi vysoká radiácia a absorpcia tepla je oveľa vyššia ako v obyčajných morských vodách alebo v sladkých vodách. Teplota vplýva na rozpúšťanie, zrážanie a kryštalizáciu. Prítom najdôležitejšiu úlohu mala koncentrácia solí, t. j. salinita vôd.

Zrážanie minerálnych látok zo slanej vody má isté pravidelnosti, ale aj osobitosti. Za počiatočný stav vzniku slaných sedimentov a minerálov sa považuje tzv. eutektický bod, t. j. stav, keď stupeň nasýtenia vôd soľami

led to the experience that, in the case of right riverside variant of the Malá Vieska power plant, the upper storage reservoir is better localized for the 3rd alternative whereas penstocks are best selected in the 2nd one. The final summary of scores revealed that the 2nd alternative achieves certain advantage hence this solution will be best preferred during further explorations.

Beside this evident result, the paper emphasizes advantages of the presented method namely in pioneering stages of investigations which however should be oriented to fulfillment also of theoretical requirements of decision-making analysis.

Preložil I. Varga

RECENZIA

je taký, že začnú kryštalizovať. Poradie zrážania môže byť rozličné. Závisí od rýchlosti odparovania vody, od prebytkov alebo nedostatku draslíka, sulfátov, chloridov, dusičnanov a pod. Príznačné je, že zrážanie minerálov solí vo všetkých útvaroch fanerozoika bolo rovnaké. Svedčí to o stabilných klimatických podmienkach a rovnakých biologických vplyvoch. V starších (prekambrických) útvaroch sa bazény postupne obohacovali soľami a slanými minerálmi.

Pre jednotlivé typy evaporitovej sedimentácie sa uvádzajú podrobnejšie opisy. V polárnych oblastiach vznikajú evapority zo sulfátových podmorských prameňov (Grónsko, Antarktída). Zdrojom solí je sneh a ľad, ktoré sú pôvodne rozpustené v morskej vode. Odtiaľ sa v procese vysladzovania solí vylučovali a ľadovcovými vodami odnášali do mora. Smerom do mora sa obsah chloridov v snehu a ľade postupne znižuje, ale zvyšuje sa v nich podiel sulfátov a dusičnanov. Dôležitými kationmi sú Fe a Mg, ktoré z pevniny donáša ľadovcová voda podzemného typu.

V kontinentálnych podmienkach majú subtropické jazera soli len vtedy, ak ide o uzavreté bazény bezodtokového typu (Aralské more, Kaspické more, Kalifornia a i.). V takýchto bazénoch je veľmi dôležitá dažďová voda, ktorá pôsobí ako rozpúšťadlo soli. Podmienkou je, aby ročné množstvo zrážok bolo pod 500 mm a aby boli vysoké teploty. Vzťah medzi množstvom evaporitov a teplotami je 1 : 2.

Typy solí bývajú rozličné, závisí to od lokálnych podmienok. Bežne je dole kalcit (vápenec), nad ním sulfáty a hore halit. Iný typ je s halitom v centre, nad ním je glauberit, vyššie sadrovec, ale okraje bazénu tvoria alkalické karbonáty (Kalifornia). V zálive

Kara-Bogaz-Gol pri Kaspickom mori je zónanosť evaporitov taká, že blízko prítoku vôd z Kaspického mora sa vyvinuli hlavne karbonáty, smerom do vnútra zátoky nasledujú zóny s glauberitom, potom zóny so sadrovcom a najďalej k východu sú uložené sedimenty halitu.

Podzemný typ evaporitov je častý v semiaridných oblastiach. Podzemná voda najprv rozpúšťala soľ v horninách, prenášala ju nadol a na strany, pričom sa na vhodných miestach vyzrážala. Dôležitá je výška hladiny spodnej vody a jej kolísanie nahor alebo nadol. Voda sa pritom nedostane až k povrchu. Takéto kolísanie podzemnej vody zapríčinilo vznik „skalných ruží“ zo sadrovca, kalcitu a halitu. Evaporácia sa deje pôrami okolných pieskov. Hĺbky takýchto útvarov sú malé (Tunis, Alžír, Salt Lake City a pod.).

Ak je efekt evaporácie malý a hĺbka slaných sedimentov väčšia, vznikajú celé horizonty slaných brekcií (perm v USA — Kansas, devón v Kanade, kambriky soli na Sibíri (porečie Angary), perm vo Švajčiarsku a i.).

Shebky (šoty, garaa) sú slané jazerá v semiaridných a aridných oblastiach subtropických alebo tropických podnebných pásiem. Sú typické občasným zaplavením morskou vodou. Morská voda sa mieša s podzemnou alebo dážďovou vodou. Vzniká tu prevažne sadrovec, málo je halitu, zriedkavý je magnezit a draselná soľ. V karbonátových obzorochoch sú časté oolity, čeriny, pukliny po vysychaní a pod.

Poznáme kontinentálny a paralický typ shebky. Pri kontinentálnom má rozhodujúcu úlohu dážďová a podzemná voda. Vznikajú hlavne slané brekcie. Paralické shebky sú v blízkosti mora, ktoré ich zaplavuje. Suché podnebie a efekt evaporácie v suchej sezóne podmieni tvorbu solí. Účasť artézskych vôd je v tejto etape značná (Perzský záliv, Kalifornia a pod.). Ich hĺbka je len 1—1,5 m od povrchu. Najčastejšími minerálmi sú magnezit, dolomit, sadrovec. Evaporácia kapilárneho typu je prevládajúca a primárne tu vzniká anhydrit.

V takýchto sériach je veľa detritického materiálu, pritom mocnosť solí a lavíc strieďajúcich sa hornín je malá. V sériach má prevahu vápenc a dolomit, teda chemogenné horniny. Sdrovec je v takýchto sériach výnimočný. Ak je prítomný, tak iba vo forme konkrécií, a to spolu s aragonitom, dolomitom, celestínom.

Morské evaporitové sedimenty vznikajú v teplých moriach na úkor planktónu. Je tu tiež prevaha vápencov a Mg karbonátov (dolomitu). Rozpustnosť týchto hornín v sladkej vode je malá a zväčšuje sa vtedy, ak sa vo vode zvyšuje obsah halitu.

Ako prvý z karbonátov sa zráža vápenc,

potom nasleduje sadrovec (ak sú vo vode vyššie obsahy sulfátov). Obsah Ca sa znižuje vplyvom organizmov, baktérií, vplyvom vyšších teplôt, zmenami E_h a pH. V sériách sa vo vyšších polohách usadzuje aj dolomit. Najviac rozšírenými minerálmi sú aragonit, dolomit, kalcit, magnezit. Zriedkavejšie sú stroncianit, witherit, celestín, baryt. Zo sulfátov je hojnejší sadrovec. Tvoria sa iba vtedy, keď je efekt odparovania v rozmedziach 30—60 °C a keď je nízky obsah Ca vo vode (najprv sa vyzráža kalcit a dolomit). Koncentrácia roztokov v miestach zrážania je 4,5 krát vyššia ako pri normálnej morskej vode. Znamená to, že 80 % vody sa odparí, čím salinita stúpne na 111 ppt, pH je okolo 7—8. Nedostatok kyslíka podporuje tvorbu síry (sdrovca), čo znamená, že morský typ sadrovca je útvarom hlbšieho mora a redukčného prostredia.

Pri vzniku sulfidov v mori boli ešte redukčnejšie podmienky. Fyzikálno-chemické prostredie vytváralo teploty nad 35 °C, pH 7,5—8,5, E_h od —280 do —500 a predpokladá sa aj určitý obsah aminokyselín. Z chloridov sú v morskej vode časté sedimenty: karnalit, sylvin, bischofit a tachyhydrit. Niektoré z nich majú priestorovo zónálne usporiadanie.

Evaporitové sedimenty (horniny) a minerály obsahujú heteromorfné prímеси, najmä Rb, Cs, Th, Li, B, Mn, Fe, P, I, F. Viaceré z nich tvoria samostatné minerály alebo heteromorfné prímеси s neznámou minerálnou formou.

V evaporitových sériach je pomerne veľa klastík (piesok, siltovec, silicít, silikáty, íly). Z ílovitých minerálov je najčastejší montmorillonit, attapulgit, palygorskít, sepiolit, mastenec, antigorit, vermikulit, corrensit, chlorit, halloyzit, koenit.

Minerály kovov, i keď sú v evaporitoch len v nepatrných množstvách, zrážajú sa v tomto poradí: pyrit — ankerit — sfalerit — galeit — chalkopyrit.

Evaporitové série obsahujú tmavé bitumínózne bridlice, zemný plyn a naftu (Kaspické more, Sicília, fácia zechsteinu v Nemecku).

O diagenetických a epigenetických premenách evaporitových sérií je možné uviesť veľa detailov, lebo jednotlivé štádiá a postupnosť premen sa neodzrkadľuje v jednotlivých typoch minerálov tak, ako pri sérii kryštalínika.

Pre premeny hornín evaporitových sérií je dôležitá pórovitosť, ktorej hodnoty sú až 35 % objemu (ale halit má pórovitosť iba 5 % a anhydrit 15 %). Hodnota pórovitosti sa značne mení s hĺbkou uloženia sedimentu (halit). Táto hodnota je rozhodujúca pre per-

pokračovanie na s. 562

pokračovanie zo s. 550

meabilitu a vertikálne prúdenie pórových vôd nahor a nadol.

Pre proces diagenézy sú najtypickejšie straty vody. Evapority mali podľa prepočtov veľké množstvo vody (40—80 ‰). Ak cirkulovala takáto voda smerom nadol, možno predpokladať, že jej pôvod je meteorický (dážďový) alebo z rozpustných primárnych minerálov. Z hľadiska času a spôsobu vzniku sa odlišuje diagenetická a epigenetická voda.

Prúdenie diagenetickej a epigenetickej vody môže byť aj horizontálne. Cirkuláciu uľahčuje zvýšená pórovitosť v smere vrstvitosti, detritické vložky a pod.

Vertikálne prúdenie diagenetických a postdiagenetických vôd spôsobuje často rozklad kernalitu a halitu.

Geochemický charakter a vek diagenézy evaporitov môžeme aplikovať K/Ar a Rb/Sr geochronologickou metódou, výskumom izotopov kyslíka a vodíka, výskumom inklúzií v hlavných mineráloch, v ktorých je často halit, bromidy a plyn.

Epigenetické premeny bývajú rôzneho charakteru: dehydratácia sadrovca, sadrofikácia anhydritu, kieseritizácia Mg sulfátov, polyhalitizácia draselných chloridov, syngenitizácia anhydritu a polyhalitu, vznik pyknomeritu a langbeinitu na úkor Mg sulfátov a NaCl pri teplotách okolo 61 °C, kainitizácia sylvitu a MgCl₂, vznik druhotného anhydritu a pod.

Morfológia evaporitových ložísk je rozličná. V prevahe sú vrstvé, laminované a cyklické sedimenty. Často sú aj masívne, bez vrstvitosti, s hojnými čerinami.

Varvity, laminity alebo rytmity sú jemnovrstvovité sedimenty, ktoré sú výtvorom cyklickej sedimentácie toho istého typu sedimentu (napr. sadrovca a halitu alebo vápenca, dolomitu a sadrovca).

Roztrúsené kryštály svedčia o menšej koncentrácii solí v roztokoch.

Hazalgebirge sú telesá a útvary zlepenovo-brekciovitých s blokmi a úlomkami solí, sadrovca, halitu, anhydritu, ktoré cementuje tmel ilovitý a dolomitového zloženia. Môžu byť aj tektonického pôvodu.

Nodulárny anhydrit a sadrovec vznikli v dobre vetraných zónach slaných bazénov pod vplyvom podzemnej vody v diagenetickom štádiu, kedy vznikli nodule sadrovca. Neskôr sa sadrovec zmenil na anhydrit. Obsah Sr/Ca je v nich nižší ako v laminovaných anhydritoch.

Polygonálne alebo „stanovitité“ štruktúry s veľkosťou do 1 m tvorí sadrovec. Ide o sezónne výtvory v hypersalinných bazénoch.

Diapírové štruktúry vznikli objemovými zmenami pri premene anhydritu na sadrovec alebo iné soli. Tieto zmeny môžu tvoriť 40—80 ‰ objemu.

V ďalšej časti knihy sa autor zaoberá vznikom slaných bazénov.

V slaných bazénoch sa stretávame so sekvenciami transgresívneho alebo regresívneho typu. V regresívnych sú najprv morské fácie, nad nimi jazerné a na vrchu kontinentálne fácie (red-bed). V transgresívnych je to naopak.

Pri hodnotení recenzovanej knihy možno uviesť, že je to moderné spracovanie problematiky o slaných vodách a evaporitoch. Pre zostavenie práce slúžilo veľké množstvo bibliografie zo všetkých kontinentov a krajín.

K jednotlivým kapitolám alebo riešeným problémom dokladá autor veľa príkladov, obrázkov, schém, opisov, čím kniha dosahuje dobrú pedagogickú a vedeckú úroveň.

Pri veľkom rozsahu a hĺbke spracovania ostali niektoré problémy ešte neriešené alebo len načrtnuté. V časti o geochemii slaných vôd chýbajú napr. údaje o vertikálnej zonálnosti obsahu stopových prvkov vo vodách slaných jazier alebo morských bazénov, rozpracovaných Rossom—Deggenom (Kivu, Červené more). Kapitola o diagenetických a epigenetických premenách postráda fyzikálno-chemické a geochemické údaje, prípadne doplnené aj o experimentálne dáta.

Ďalším nedostatkom je opomenutie diapírových štruktúr a diapírovej tektoniky vôbec, ktorá je pre ložiská solí typická.

Subsidienciu v slaných bazénoch netraktuje autor zo stanoviska diagenéza — staraty vody, a to z hľadiska už spomenutých objemových zmien pri hydratácii a dehydratácii minerálov solí.

Termin evaporit sa nám nezdá vhodným pre všetky soľné formácie a sedimenty, pretože (vyplýva to aj z viacerých opisov autora) nie všetky ložiská solí alebo minerály vznikali efektom evaporácie. Rozhodujúce podmienky vzniku solí boli aj fyzikálne a geochemické.

Napriek niektorým nedostatkom kniha P. Sonnenfelda Brines and Evaporites môže byť podnetom pre modernejšie spracovanie soľonosných formácií Západných Kapát.

Ján Hlavský